

A TÁRSADALOM A GLOBÁLIS FÖLDI RENDSZERBEN

SOCIETY IN THE GLOBAL EARTH SYSTEM

Kerényi Attila

Debreceni Egyetem

kerenyi.attila@science.unideb.hu

Abstract

I present the operation of the subsystems of the Earth regarding their influence on the life of the society, the effects of social activities on natural systems, the modification of these systems and the feedback of these changes on the society. Material flow in the *interior of the Earth* (operation of the new global geodynamic model) is presented together with their effects on the surface, the necessity and possibilities of adjusting to lithospheric plate movement. The role of the *Pedosphere* in the development of the society is also analysed together with the effects of the society on the productivity and degradation of the soil. The significance of the *Hydrosphere* from the society point of view and the global risks of water management and water contamination are also discussed. Greatest emphasis is placed on habitat deterioration and its consequences considering the most important effects on the *terrestrial biosphere*. Society is capable not only of deteriorating the natural biosphere but of modifying the living systems as well. Human activities modify the composition of the Atmosphere, the physical properties of the surface of dry lands modifying in this way the operation of the climate system that has a feedback on the society as well. The chaotic character of the global Earth System makes its scientific modelling and thus its predictability difficult.

Keywords: natural systems, human activities, habitat deterioration, feedback, predictability

Kulcsszavak: természeti rendszerek, emberi tevékenységek, élőhelypusztítás, negatív visszacsatolás, előre jelezhetőség

Bevezetés

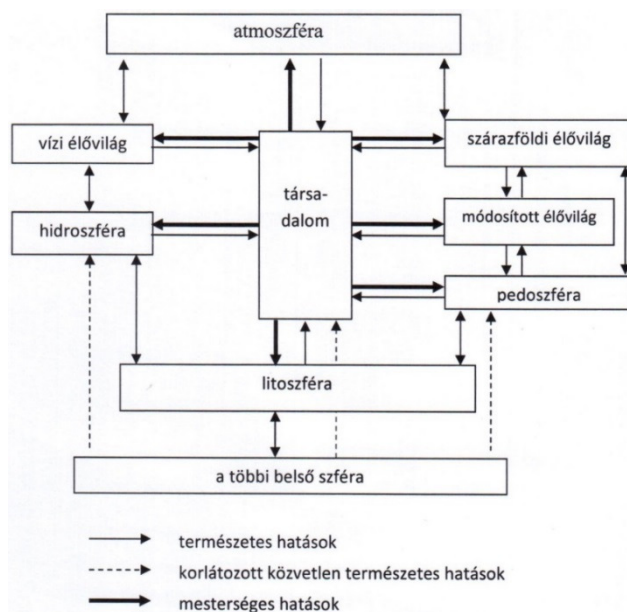
Bolygónkat a földtudományok különböző tudományágai különbözőképpen szokták modellezni. A geofizikusok és geológusok a Föld szilárd felszínétől a bolygó középpontjáig terjedő geológiai struktúrát az 1990-es években az ún. PREM modellel (Preliminary Reference Earth Model) jellemezték. Az utóbbi évtizedben az új globális geodinamikai modell (Horváth, Dombrádi 2008) a szerkezeten kívül a Föld belsejében lejátszódó anyagáramlásokra is nagy hangsúlyt helyez. Külön tudományágak foglalkoznak bolygónk külső (a szilárd kérgen kívüli) szféráival (hidrológia, meteorológia, talajtan, életföldrajz stb.). Globális modellként a bioszférát vagy az éghajlati rendszert leíró számítógépes rendszermodelleket említhetjük. Bár ezek foglalkoznak a társadalomnak az adott globális alrendszerre gyakorolt hatásával (pl. az éghajlati rendszer természetes működését hogyan befolyásolják az emberi tevékenységek), csak a legutóbbi időkben integrálják az emberi társadalmat a globális földi rendszerbe annak természetes részeként. A társadalom a működéséhez szükséges anyagokat és energiákat a földi környezetből szerzi be, a termelés és a fogyasztás során átalakítja azokat, eközben a természeti környezetet károsítja, s ez visszahat az ember létére. A dolgozatban ennek a kölcsönhatásnak néhány fontos elemét kívánjuk bemutatni.

A Föld globális homomorf rendszermodellje

Az 1. ábrán bolygónk alrendszerei közötti kölcsönhatások elvi vázlatát mutatjuk be. Az egyszerű modellel arra kívánjuk ráirányítani a figyelmet, hogy a társadalom tevékenységeiből származó hatások a földi környezetre más minőségűek, mint a természeti alrendszerek visszahatásai. A más minőségen egyrészt azt értjük, hogy az emberek tudatos, tervezett tevékenységekkel módosítják a természeti alrendszereket, másrészt a saját maguk által előállított eszközökkel, gépekkel egyre hatékonyabban változtatják meg azokat. Az 1. ábrán a vastag nyilak ezeket a tudatos, jelentős átalakításokkal járó beavatkozásokat jelentik. A társadalom környezet alakításának egyik példája a mezőgazdasági tevékenységek természetes (szárazföldi) élővilágra gyakorolt hatása.

1. ábra. A Föld homomorf rendszermodellje (Kerényi 2010)

Figure 1. A simple system model of the Earth (Kerényi 2010)



Mintegy 10000 éve alkalmazza az ember a háziásított növény- és állatfajták nemesítése folyamán a mesterséges szelekció módszerét, s jutott el a 20. században a növényi biotechnológia és géntechnológia széleskörű alkalmazásáig (Dudits, Heszky 2000). A természetes növényvilág módosítása az erdészeti gyakorlatban is meghonosodott, s elterjedt a települések növényzetének átformálásában is. Mindezek eredményeként nemcsak új élő fajokat, fajtákat hozott létre az ember, hanem új élő rendszereket: agroökoszisztémákat, ültetvényerdőket, településökológiai rendszereket, összességében az eredeti természetes élővilághoz képest mesterségesen átalakított élővilágot, ami már a globális földi rendszer egyik alrendszerként értelmezhető (az 1. ábrán a módosított élővilág).

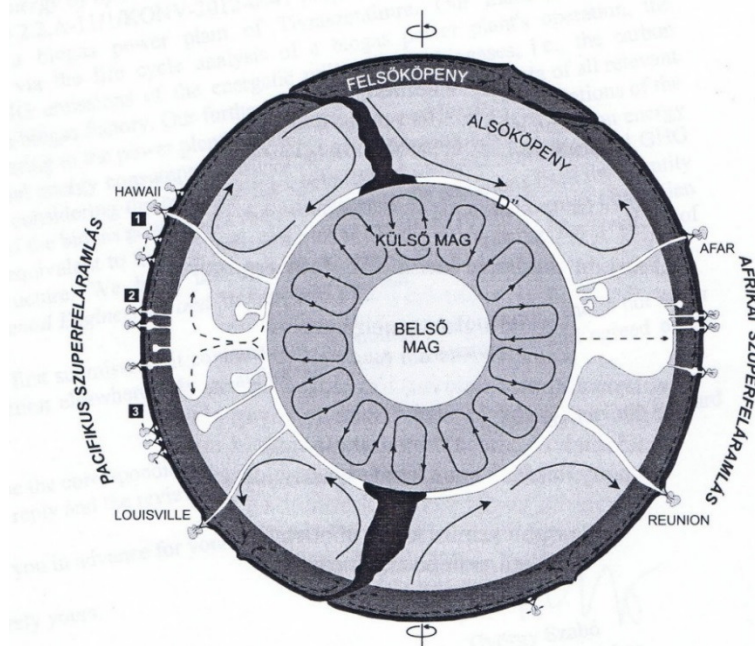
Elemzésünk középpontjában a társadalom áll, amely a litoszférával van közvetlen kapcsolatban, ezért ezt kiemeljük a belső szférák közül, s bár a külső magban és az alsó köpenyben lejátszódó folyamatoknak is vannak hatásai a társadalom életére, azokat itt egy alrendszerként kezeljük.

A Föld belső anyagáramlásainak szerepe a társadalom életében

A 2. ábrán az új globális geodinamikai modellt figyelhetjük meg (Horváth, Dombrádi 2008). A szilárd belső mag körül a folyadékzerű külső magban az olvadt vas erőteljes áramlásokkal mozog, és ezek az áramlások idézik elő és tartják fenn a Föld mágneses terét. Ez a geomágneses tér rendkívül fontos az élővilág és az emberi társadalom szempontjából is, hisz a napszél és általában a kozmikus sugárzás elleni első védőpajzsának tekinthető. Szabályos napi változásaitól a mágneses viharokig számos változás jellemzi. Ez utóbbiak gondokat okoznak a távközlésben, az űreszközök működésében. A paleomágneses vizsgálatok azt is kiderítették, hogy a geomágneses tér polaritása szabálytalan időközönként (emberi léptékkal mérve hosszú idő alatt) megváltozik. E változás előjeleként az erőssége helyenként csökken. Ilyen csökkenést figyeltek meg (és mérik jelenleg is) az Atlanti-óceán déli területei fölött.

A globális geodinamikai modell megalkotásában a háromdimenziós képalkotásra képes szeizmikus tomográfia hozzásegítette a kutatókat ahhoz, hogy a klasszikus lemeztektónikai elméletet továbbfejlesszék.

A távolodó litoszféralemezek akkréciós szegélyei mentén a felsőköpeny anyagának felemelkedése passzív, vagyis a lemezeket az alábukás húzóereje (árok húzóhatás) mozgatja. A nehezebb (nagyobb sűrűségű) óceáni litoszféralemezek viszonylag gyorsan (max. 10 cm/év sebességgel) süllyednek le az átmeneti zóna aljáig, vagyis 660 km mélységig. Az endoterm fázisátmenet időlegesen feltartóztatja a további süllyedést, ezért a lemez horizontálisan mozoghat a fázishatáron, majd a nagy viszkozitású alsóköpenyben sokkal kisebb sebességgel süllyed tovább. A lassulás miatt a litoszféra-lemez anyaga feltorlódik, szélesebb, nagyobb keresztmetszetű lesz (2. ábra). Süllyedésének végső határa a „D” réteg (2850–3000 km mélyen), ahol ennek a rétegnek az anyagával keveredve kezdődik előlről a feláramlásokkal a Föld legnagyobb anyagáramlási ciklusa (Horváth, Dombrádi 2008).



2. ábra. A Föld új globális geodinamikai modellje [Courtilot et al. 2003, Jellinek, Manga 2004, Horváth, Dombrádi 2008]
Figure 2. A new geodynamic concept of the Earth [Courtilot et al. 2003, Jellinek, Manga 2004, Horváth, Dombrádi 2008]

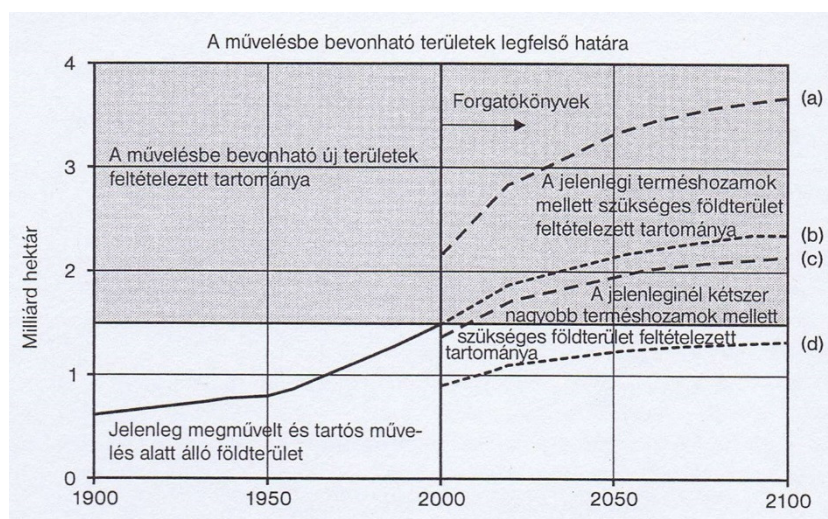
A jelenhez képest minél távolabbi múltba nézünk vissza, annál intenzívebb köpenyáramlások működtek, a forró foltok száma nagyobb volt, és a felszínre is sokkal több láva ömlött, mint a holocénban. A vékonyabb litoszféramezek nagyobb sebességgel mozogtak, ezért hevesebb szubdukció és intenzívebb hegységképződések játszódtak le. Ugyancsak jelentősebb volt a magmás tevékenység csúcsidezakaiban a CO₂ és más üvegházhatású gázok kigőzölgése, ami hozzájárult a geológiai múlt éghajlatának időnkénti melegedéséhez; az ugyancsak nagy mennyiségben a légkörbe juttatott vulkáni hamu, por és aeroszolok viszont a lehűlést segítették elő. Ezek a felszíni és légköri hatások ma kisebb intenzitással érvényesülnek, de szerepük nem jelentéktelen. A Pinatubo 1991-es kitörése pl. egy évig tartó globális felszíni középhőmérséklet-csökkenést okozott, majd a hőmérséklet visszaállt a kitörés előtti értékre. A társadalom és az élővilág számára az jelent komoly gondot, hogy a sokszor természeti katasztrófa méretű hatások időben nagyon rapszodikusán jelentkeznek, és előrejelzésükben a tudósok csak mérsékelt sikereket értek el: egyes vulkánkitörések időpontját sikerült már közelítőleg meghatározni.

A Föld belsejében zajló folyamatok során olyan mértékű energiák működnek, amelyekhez képest az ember által létrehozott energiák általában eltörpülnek. Így pl. a Richter-skála szerinti 9-es erősségű földrengés kb. 1,8 · 10¹¹ kg TNT felrobbanásakor keletkezett energiával egyenlő (Szabó 2003). Olyan módszereket nem dolgozott ki az ember, amelyekkel meg tudná akadályozni a földrengéseket, cunamikat, vulkánkitöréseket.

Ezért tehát a társadalom számára az tűnik ésszerűnek, hogy igyekszik alkalmazkodni a természetben lejátszódó folyamatokhoz: földrengésbiztos építkezéssel, cunamik elleni védőgátak építésével vagy magasabb térszínre településsel. A tudomány számára azonban távlati feladat lehet az emberek számára veszélyes folyamatok, események minél pontosabb előrejelzése.

A pedoszféra veszélyeztetése, ellátási zavarok a társadalomban

A talajtakaró kialakulása több mint 400 millió évre tekint vissza: a szárazföldi élet kialakulásával egyidős, s annak terjeszkedésével, fejlődésével kölcsönhatásban alakult, az ökológiai rendszerek egyre jobb tápanyagellátását biztosította, sőt maga is a globális földi rendszer élettel teli alrendszere lett. A holocén elején az ember felfedezte a talaj hasznosíthatóságát, és a növénytermesztés az emberi civilizáció kialakulásának fontos előfeltétele lett, hisz a földműveléshez le kellett telepednie (tartós épületek létrehozása), a növénytermesztés módszereinek fejlesztésével tudása gyarapodott, a földtulajdon nyilvántartásával az írás-számolás képessége fejlődött stb. A népesség szaporodásával egyre nagyobb területeket kellett művelésbe vonni, és az agrotechnika fejlődésével egyre jelentősebb terhelés érte a talajokat. A 20. századi gépesítés és a vegyszerekre alapozott, iparszerű mezőgazdaság ugyan egyre nagyobb terméshozamok elérését tette lehetővé, de a talajok természetes termékenységét a fizikai és kémiai hatások lerontották, miközben a vegyszerek egy része komoly környezetszennyezést okozott a talajban és a természetes vizekben. A legsúlyosabbnak mégis a trópusi talajok eróziós pusztulását tartjuk. A Meadows-féle világmodell (Meadows et al. 2005) fejlesztése során az 1970-es évektől a 90-es évekig egyre nagyobb szerepet kapott ez a tényező a fenntartható fejlődés reális megítélésében. A trópusi talajok ugyanis művelésbe vételük után – amennyiben nem alkalmaznak hatékony talajvédelmi eljárásokat – 4-6 éven belül növénytermesztésre alkalmatlanná válnak, így a trópusi országok élelmiszer-ellátásából kiesnek, a gyorsan szaporodó népesség szükségleteit a saját mezőgazdaságuk nem tudja kielégíteni (Bunch 2011).



3. ábra. A mezőgazdasági területek lehetséges alakulása a Földön 2100-ig Meadows et al. 2005 szerint

Figure 3. A possible change of the agricultural land on the Earth by 2100, after Meadows et al. 2005

A 3. ábrán a 21. században mezőgazdasági művelésbe vont területek lehetséges kiterjedését figyelhetjük meg különböző forgatókönyvek esetén (Meadows et al. 2005). A sötét sáv jelöli a még művelésbe vonható területet azzal a megjegyzéssel, hogy minél több területet veszünk igénybe, annál terméketlenebb talajokon kell gazdálkodnunk, másrészt a már megművelt talajainkat meg kell védenünk a pusztulástól. A jelenlegi terméshozamokat feltételezve az a) görbe mutatja a világ népességének ellátásához szükséges területet, amennyiben az éhezést is kizárjuk a lehetőségek közül. A b) görbe azt a területet jelzi, ami az éhezés jelenlegi arányainak fenntartása esetén szükséges. A c) görbe által jelzett területi növekedés kétszeres terméshozamok esetén, éhezés nélkül, a d) görbével jelzett területi növekedés ugyancsak kétszeresre növelt terméshozamok esetén a mai éhezési arányokkal valósulna meg. A négy eset közül az ideálisnak mondható c) változatot abban az esetben lehetne véghezvinni, ha a jelenleg is súlyos talajeróziót meg tudnánk állítani, a leromlott földek természetes termékenységét javítanánk, a másodlagos szikesedést a továbbiakban megakadályoznánk, a szárazabbá váló éghajlatú területeken biztosítani tudnánk az öntözővizet és a szakszerű öntözést, valamint világszerte megoldanánk a precíziós mezőgazdálkodást. A globális társadalom jelenlegi állapotában mindennek megvalósítása ilyen rövid idő alatt (a népesedési görbe a 21. század közepén 9 Mrd körül fog tetőzni) reménytelennek látszik.

A természetes élővilág pusztulása: a 6. nagy kihalás

Az élővilág fejlődéstörténete mindig új fajok megjelenésével és más fajok kihalásával jellemezhető. Az ezzel foglalkozó kutatók a kambrium óta öt jelentős kihalási időszakot különböztetnek meg (Pálfy 2000). Az emberi társadalom okozta kihalások olyan mértékűek, hogy a legutóbbi évszázadokat már a hatodik nagy (antropogén eredetű) kihalási időszaknak nevezhetjük.

A természetes élővilág pusztulását főleg az élőhelyek degradációját, megsemmisítését okozó tevékenységek idézik elő:

- a mezőgazdaság terjeszkedése, erdőirtások (részben átfedés van az előzővel, de az erdőket sok más okból is irtják); a beépített területek növekedése;
- vonalas létesítmények fragmentáló hatása.

Számos egyéb okot itt nincs módunkban kifejteni. Biológusok becslése szerint naponta 70–300 faj pusztul ki bolygónkról. Pálfy szerint a háttér kihalási szintet legalább százszorososan, de akár ezerszeresen is meghaladhatja a napjainkban tapasztalható kihalás ütem (Pálfy 2000). E nagy bizonytalanságot azzal magyarázzák, hogy a legtöbb faj az alacsonyabb rendűek közül hal ki, amelyek jelentős részét nem is ismerjük. Az emlősök és a madarak kihalását 1600 óta feljegyzik. E két gerinces osztályból 1650–1700 között 3 faj tűnt el véglegesen, 1825–1925 között már 18 faj, 1925–1975 között pedig 86 halt ki (Goudi 1990). Az IUCN vörös könyve szerint jelenleg több mint 22000 fajt fenyeget a kihalás veszélye.

A hidroszféra, az atmoszféra és a társadalom legfontosabb kölcsönhatásai

Az ember számára hozzáférhető édesvíz a Föld sok régiójában már ma is kevés, miközben a társadalom fejlődése és a népesség növekedése miatt a vízigény gyors ütemben nő. Egyre súlyosabbá teszi a helyzetet az a tény, hogy a felszíni vizeket szinte teljesen elszennyezte az emberiség, és a felszín alatti vizeknek is egyre nagyobb területeken ez lett a sorsuk. (A legmértékertartóbb becslések szerint is legalább 100 000 féle, mesterségesen előállított vegyszer került a hidroszférába a 20. században.) Egyes becslések szerint az ivóvíz céljára használható készletek 20 éven belül az emberiség növekvő igényeinek csak mintegy 60 százalékát lesznek képesek kielégíteni (Herren 2011). A szennyezésen kívül a túlhasználat is hozzájárul az édesvízkészletek csökkenéséhez. Egyrészt az intenzíven hasznosított víztartó rétegek vizét csaknem mindenütt gyorsabban használják fel, mint a természetes utánpótlódás (Sampat 2001). Másrészt a felszíni vízrendszereken épített, százezernél is több víztározó okozta vízvesztés eléri az évi ezer km³-t (Henshaw et al. 2000). A világóceán szennyezése elsősorban a vízi élővilágot veszélyezteti. A legsúlyosabb állapotban a leggazdagabb biodiverzitású korallzátonyok vannak, amelyek kifehéredését elsősorban a szárazföldről származó hordalékok okozzák. Egyes feltételezések a tengervíz melegedését teszik felelőssé, de ezt egyelőre nem sikerült egyértelműen bizonyítani. A szennyező anyagok közül az úszó műanyagszigetek többszázezer km²-es egységekben fordulnak elő. A hidrobiológusok ezeknél is veszélyesebbnek tartják a vízi élővilág számára a szuszpendált műanyag részecskéket, amelyek a felszín közeli vízrétegben az előbbieknél nagyobb kiterjedésben fordulnak elő. A tengeri olajfűró toronyok környékén, valamint a hajózási útvonalak mentén elterjedt az olajszennyezés, s az időnkénti olajkatasztrófák drasztikus pusztulást okoznak az élővilágban.

A társadalom elsősorban a fosszilis energiahordozók használatával megváltoztatja a légkör összetételét. A troposzférában az első ipari forradalom előtt a CO₂-tartalom 280 ppm volt, ez mára elérte a 400 ppm értéket. Az egyéb üvegházhatású és a környezet elsavasodását okozó gázok, továbbá az aeroszolok mennyisége is nő az antropogén emissziók következtében. Mindez hatással van a globális éghajlati rendszerre, ami viszont befolyásolja a társadalom működését. Hosszabb távon fokozódó károkat okoznak az éghajlatváltozással összefüggő időjárási

szélsőségek, ill. ezek következményei: az árvizek és a szélviharok az összes természeti katasztrófa emberéletben és anyagiakban okozott veszteségeinek kétharmadát teszik ki (Abramovitz 2001).

Úgy tűnik tehát, hogy a társadalom számos tevékenysége zavarokat okoz a Föld külső geoszférájának működésében, s ezek a zavarok veszélyek, katasztrófák, károk formájában visszahatnak a társadalomra s az emberre, mint biológiai lényre. Jogosan vethető fel a kérdés: ha a társadalom ismeri tevékenységeinek káros következményeit (egyes tudományos bizonytalanságok ellenére ma már túlnyomórészt ismeri), miért nem előzi meg a károkozást. A magas szintű gondolkodásra képes ember, aki már ismeri a földi rendszer legfontosabb válaszreakcióit, miért nem cselekszik annak megfelelően? A választ a globális társadalom jelenlegi szerkezetében és működésében kereshetjük. Az számos kisebb egységből, helyi, regionális, országos szintű közösségből áll, s rendkívül heterogén minden szempontból. E közösségek cselekedeteinek legfőbb mozgatója a rövid távú csoportérdek. Márpedig a globális környezeti problémákat csak távlatos gondolkodással, az emberi társadalom hosszú távú és globális érdekeinek felismerésével, és annak ismeretében összehangolt cselekvésekkel lehet megoldani. Meg kell állapítanunk, hogy az emberiség mindeddig erre nem volt képes, a nemzetközi környezet- és természetvédelmi egyezmények nagyon szolid eredményekre vezettek (Farágó, Kerényi 2004). Félő, hogy a globális földi rendszer drasztikus negatív visszacsatolással fogja korrigálni a társadalom hibás működését.

Irodalom

- Abramovitz, J. N. 2001: Természetellenes katasztrófák elhárítása. In: A világ helyzete 2001 – Föld Napja Alapítvány, Budapest, 146–170.
- Bunch, R. 2011: Az afrikai talaj minőségének válsága és a közelgő éhínség – In: A világ helyzete 2011. – Föld Napja Alapítvány, Budapest, 92–102.
- Dudits D., Heszky L. 2000: Növényi biotechnológia és géntechnológia, Agroinform Kiadó, Budapest, 312 p.
- Farágó T., Kerényi A. szerk. 2004: Globális környezeti problémák és a riói megállapodások végrehajtásának helyzete – KvVM és Debreceni Egyetem, Debrecen, 166 p.
- Goudie, A. 1990: The Human Impact on the Natural Environment, Basil Blackwell, Oxford, 388 p.
- Henshaw, P. C., Charlson, R. J., Burges, S. J. 2000: Water and the hydrosphere. In Earth System Science. – Academic Press, San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney and Tokyo, 109–131.
- Herren, H. R. 2011: Az összetett rendszerek új felfogása – In: a Világ helyzete 2011 – Föld Napja Alapítvány, Budapest, 224–227.
- Horváth F., Dombrádi E. 2008: A Föld mélye a kéregtől a magig – Földrajzi Közlemények 132. 4. 385–400.
- Kerényi A. 2010: Globális környezeti rendszerek, Szent István Egyetem, Gödöllő, 99 p.
- Meadows, D., Randers, J., Meadows, D. 2005: A növekedés határai harminc év múltán, Kossuth Kiadó, Budapest, 318 p.
- Pálfy J. 2000: Kihaltak és túlélők, Vince Kiadó, Budapest, 222 p.
- Sampat, P. 2001: A talajvízszennyezés leleplezése In: A világ helyzete 2001 – Föld Napja Alapítvány, Budapest, 26–50.
- Szabó J. 2003: Természeti katasztrófák és elhárításuk – Debreceni Egyetem, Debrecen, 115 p.

VÁLTOZÓ KLÍMA – AKTUÁLIS KÉRDÉSEK

CHANGING CLIMATE – HOT TOPICS

Bartholy Judit, Pongrácz Rita

*Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék;
bartholy@caesar.elte.hu*

Abstract

This paper briefly highlights the main conclusions of the Fifth Assessment Report (AR5) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) on the detected climate change for the 20th century and projected climate change for the 21st century. Besides the global trends of temperature and precipitation, regional climate change for the Carpathian Basin is also discussed on the basis of the regional climate model simulations. In addition to the projected mean changes the uncertainties of the climate estimations are also summarized.

Keywords: climate change, global climate models, regional climate models, temperature, precipitation

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, globális klímamodellek, regionális klímamodellek, hőmérséklet, csapadék

Bevezetés

Az IPCC AR5-jelentéssorozata 2013-2014 során jelent meg. Ezek közül az első kötet összefoglalja a nemzetközi tudományos közösség klímaváltozással kapcsolatos ismereteit, s bemutatja a jövőre vonatkozó legújabb éghajlati becsléseket. A második és a harmadik kötet az éghajlati rendszer várható változásainak következményeit, hatásait elemzi részletesen.

Cikkünkben az első kötet alapján megfogalmazható legfontosabb éghajlatváltozással kapcsolatos megfigyeléseket, majd a XXI. századra vonatkozó modellbecséseket foglaljuk össze. A Kárpát-medence térségére fókuszálva áttekintjük a várható hőmérséklet- és csapadékváltozások átlagértékeit, s a becslések bizonytalanságát.

Detektált változások

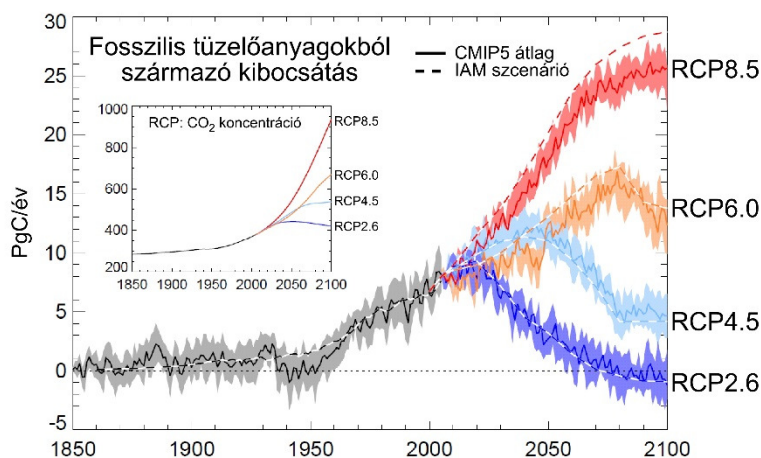
Közel kétszáz éve Joseph Fourier fedezte fel a Föld üvegházhatását, s a XIX. század végén Arrhenius (1896) hívta fel elsőként a figyelmet arra, hogy a fosszilis tüzelőanyagok nagymértékű égetése a földi légkör melegedéséhez vezethet. Több évtizedes műholdas és felszíni mérések bizonyítják, hogy ez valóban be is következett. Az ipari forradalom előtti 280 ppm-es légköri szén-dioxid koncentráció 40%-kal emelkedett, s 2013 márciusára elérte a 400 ppm-et. Az antarktisi jégfuratminták bizonyítják, hogy az elmúlt 800 ezer évben ilyen magas koncentráció érték nem fordult elő (Lüthi et al. 2008). A jelentés egyértelműen megállapítja, hogy a XX. század közepétől detektált melegedés hátterében elsősorban az antropogén hatás áll. 1901 és 2012 között a globális melegedés elérte a 0,9 °C-ot, melyhez a természetes éghajlati változékonyság és a külső kényszerek (főképpen a Naptól érkező sugárzás) csak elenyésző (<0,1 °C) mértékben járultak hozzá. Az IPCC-jelentés kiemeli, hogy az erősödő üvegházhatás következtében a légkörben kumulálódott energia 90%-át az óceánok nyelték el, s csak a maradék 10% fordítódott a légkör melegítésére. Így nemcsak a földfelszín, hanem az óceán hőmérséklete is jelentősen emelkedett. A légkörbe jutó többlet szén-dioxid jelentős hányadát szintén az óceánok nyelték el. Ennek hatására kimutatható az óceánok vizének savasodása, vagyis a pH értékük szignifikáns csökkenése tapasztalható. A megfigyelések alapján igazolt, hogy a hóval és jéggel borított területek kiterjedése is jelentősen csökkent.

Várható globális klímaváltozás

A jövőre vonatkozó éghajlati becslésekhez az IPCC AR5 (2013) jelentésben új éghajlati scenáriók jelentek meg, melyek a módosuló üvegházhatáson, azaz az éghajlati rendszert irányító sugárzási kényszer jövőbeni változásán alapulnak. A négy alkalmazott alapszenárió az ipari forradalom előtti időszakhoz viszonyítva 2100-ig rendre 2,6 W/m², 4,5 W/m², 6,0 W/m², illetve 8,5 W/m² összesített sugárzási kényszer változást ír le (1. ábra). Ezek a szén-dioxid globális átlagos koncentrációját évszázadunk végére rendre 420 ppm-re, 540 ppm-re, 720 ppm-re, illetve 930 ppm-re becslik.

1. ábra. A 2013-as IPCC-jelentésben alkalmazott új szenárió családhoz tartozó szén-dioxid kibocsátások és koncentrációk menete, 1850-2100 (IPCC 2013)

Figure 1. Anthropogenic emission and resulting concentration of carbon dioxide in the new scenarios used for 1850-2100 in IPCC AR5 (2013)



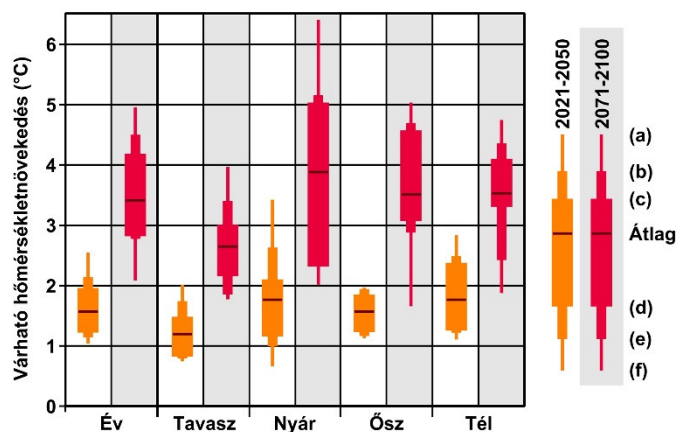
A globális klímamodellek becslései szerint a legoptimistább RCP2.6 szenárió esetén 0,3–1,7 °C globális átlaghőmérséklet emelkedésre számíthatunk a XXI. század utolsó két évtizedére az 1986–2005 referencia időszakhoz viszonyítva (IPCC 2013). A nagyobb szén-dioxid koncentrációk (azaz az RCP4.5, illetve az RCP6.0 szenáriók) esetén 1,1–2,6 °C, illetve 1,4–3,1 °C a várható melegedés becsült mértéke. A legpesszimistább RCP8.5 szenárió esetén a valószínűsíthető globális melegedés mértéke még nagyobb, 2,6–4,8 °C. Az általános melegedési tendencia mellett az is nagyon valószínű, hogy a XXI. század végére a hóhullámok gyakorisága, intenzitása és időtartama is jelentős mértékben növekedni fog világszerte. A melegedés mértékével arányosan a száraz területeken csökkenni, a csapadéokban gazdag területeken növekedni fog a csapadék.

Várható regionális klímaváltozás a Kárpát-medencében

Az IPCC Helyzetértékelő Jelentésekben közzétett globális modellszimulációk szerint a Kárpát-medence térségében is többfokos melegedésre számíthatunk az évszázad végére. Dinamikus közelítéssel ún. beágyazott modelleket alkalmazhatunk a durvább (tipikusan 150–250 km) térbeli felbontású globális klímamodellek eredményeinek finomabb térbeli felbontású regionális leskalázására. Ezen regionális klímamodellek felbontása akár 25 km is lehet, ami már lehetővé teszi a kisebb régiók pontosabb éghajlati leírását. Az eredmények felhasználásával lehetőség nyílik a XXI. századra várható éghajlatváltozás tendenciáira becslést adni és azok bizonytalanságát számszerűsíteni a Kárpát-medence térségében is.

Az Európai Unió ENSEMBLES projekt (van der Linden, Mitchell, 2009) keretében az A1B szenárióra (Nakicenovic, Swart 2000) 25 km-es térbeli felbontással futtatott regionális éghajlati modellek összesen 11 szimulációját felhasználva az 1961–1990 referencia időszakot hasonlítottuk össze a közelebbi és a távolabbi jövőt reprezentáló 2021–2050, illetve 2071–2100 időszakokkal (Pongrácz et al. 2011). A magyarországi rácspontokra számított éves és évszakos átlagos hőmérsékletváltozásokat foglalja össze a 2. ábra. Az egyes oszlopok jelzik a jövőre vonatkozó becslések bizonytalanságát: minél nagyobb az oszlop magassága, annál jobban szóródnak a jövőre vonatkozó becslések. A legvékonyabb vonalak hossza az összes modellbecslés teljes tartományát lefedik. A vékonyabb téglalapok a várható melegedés 82%-os valószínűségi tartományát jelölik ki. A vastagabb téglalapok (a négy legszélsőségesebb modellbecslés elhagyásával) a 64%-os valószínűségi tartományt jelenítik meg sárgával a 2021–2050 időszakra, pirossal a 2071–2100 időszakra.

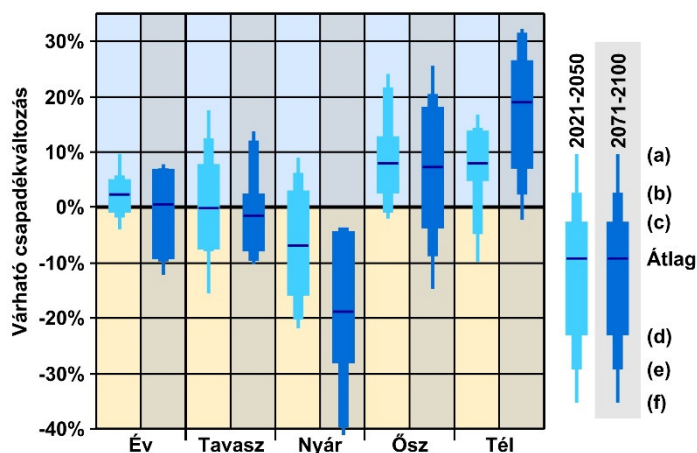
Jól látható, hogy a különböző modellek által az évszázad közepére valószínűsített hőmérsékletváltozások mértéke kisebb és csak kis mértékben tér el egymástól. A várható melegedés és a bizonytalanság is nagyobb az évszázad végére. 2021–2050 időszakra az éves átlaghőmérséklet 1–2,5 °C-os emelkedésére számíthatunk az 1961–1990 referencia időszakhoz viszonyítva, míg a 2071–2100 időszakra ez az érték 2–5 °C. A becsült melegedés mértéke, s egyben annak bizonytalansága is nyáron a legnagyobb.



2. ábra. Magyarországra várható átlagos éves és évszakos melegedés 2021–2050 és 2071–2100 időszakokra, referencia időszak: 1961–1990. A legszélesebb téglalapok – (c) és (d) között – által jelzett változási intervallumok a várható változásokat 64%-os valószínűséggel tartalmazzák, a vékonyabb téglalapok – (b) és (e) között – 82%-os valószínűséggel, a vékony vonalak – (a) és (f) között – az összes rendelkezésre álló modellbecslést figyelembe veszik

Figure 2. Projected annual and seasonal mean temperature change for Hungary by 2021–2050 and 2071–2100, reference period: 1961–1990. The widest columns – indicating the interval between (c) and (d) – represent the projected warming with 64% confidence, the thinner columns – indicating the interval between (b) and (e) – represent the projected warming with 82% confidence, the vertical lines – indicating the interval between (a) and (f) – represent the projected warming taking into account all the available model simulations

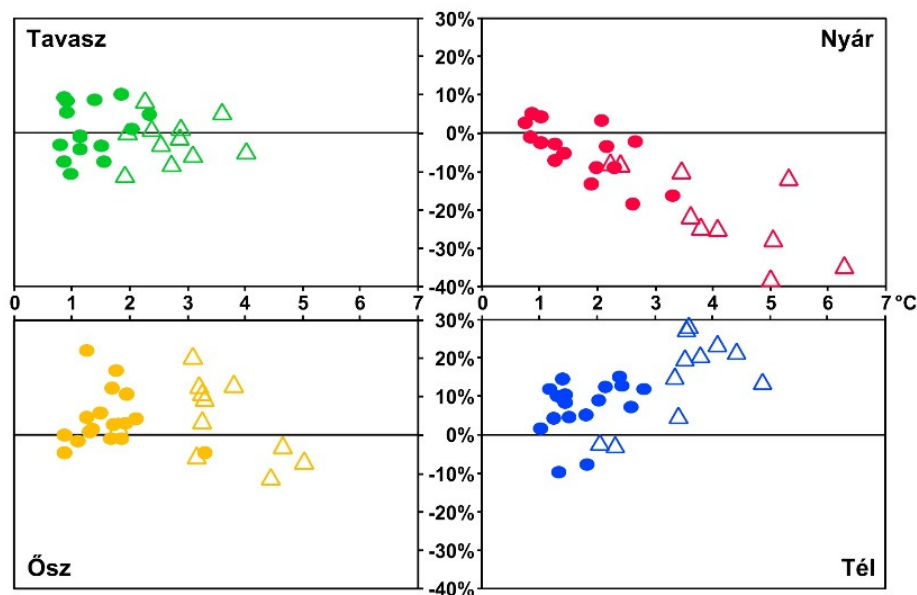
A hőmérséklettel ellentétben a csapadékbecslések bizonytalansága sokkal nagyobb. Az egyes modellszimulációk által prognosztizált változások sokszor előjelükben sem azonosak. A 11 rendelkezésre álló modellszimuláció felhasználásával az évszázad közepére csak kismértékű változások várhatók, melyek a legtöbb modellszimuláció esetén nem szignifikáns. A XXI. század végére kapott eredmények alapján, télen összességében a csapadék növekedése, nyáron pedig a klíma szárazabbá válása prognosztizálható (3. ábra). Az átmeneti évszakokban kisebb mértékű változásra számíthatunk, mely azonban statisztikailag szintén nem szignifikáns. Az ellentétes előjelű téli és nyári tendenciák miatt az évi csapadékösszegben nem várhatunk jelentősebb változást, a modellek által jelzett évi csapadékváltozás abszolút értékben nem haladja meg a 10%-ot.



3. ábra. A Magyarországra várható átlagos éves és évszakos csapadékösszeg megváltozása 2021–2050 és 2071–2100 időszakokra, referencia időszak: 1961–1990. A legszélesebb téglalapok – (c) és (d) között – által jelzett változási intervallumok a várható változásokat 64%-os valószínűséggel tartalmazzák, a vékonyabb téglalapok – (b) és (e) között – 82%-os valószínűséggel, a vékony vonalak – (a) és (f) között – az összes rendelkezésre álló modellbecslést figyelembe veszik

Figure 3. Projected annual and seasonal mean precipitation change for Hungary by 2021–2050 and 2071–2100, reference period: 1961–1990. The widest columns – indicating the interval between (c) and (d) – represent the projected precipitation change with 64% confidence, the thinner columns – indicating the interval between (b) and (e) – represent the projected precipitation change with 82% confidence, the vertical lines – indicating the interval between (a) and (f) – represent the projected precipitation change taking into account all the available model simulations

A 4. ábrán a XXI. század közepére (körökkel) és végére (háromszögekkel) hazánkban várható regionális éghajlatváltozást a hőmérsékleti és csapadékbecslések együttes megjelenítésével szemléltetjük. Az 1961–1990 referencia időszak átlagos klímáját a két tengely metszéspontja jelöli ki. Ez a kétdimenziós megjelenítés lehetőséget ad az éghajlati viszonyok változásának komplexebb értékelésére: tavasszal és ősszel a melegedés dominál, a csapadékviszonyokban szignifikáns változás nem várható. Nyáron egyértelmű a melegebb és szárazabb klíma irányába történő elmozdulás. A modellszimulációk nagy része az évszázad végére szignifikáns változást jelez mind a hőmérséklet, mind a csapadék esetén. Télen a melegedés mellett csapadékosabb klíma valószínűsíthető.



4. ábra. A Magyarországra várható regionális éghajlatváltozás. A körök a 2021–2050 időszakra, a háromszögek a 2071–2100 időszakra becsült éghajlatváltozást jelzik (referencia időszak: 1961–1990). Egy-egy szimbólum az egyes modellszimulációkból meghatározott hőmérséklet- és csapadékváltozást reprezentálja

Figure 4. Projected seasonal climate change for Hungary. Circles and triangles indicate the estimated changes by 2021–2050 and 2071–2100, respectively (reference period: 1961–1990). All symbols represent the projected mean seasonal temperature and precipitation change using individual model simulations

Köszönetnyilvánítás

Bemutatott kutatásainkat támogatta az OTKA K-78125 és a FuturICT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013 kutatási pályázat.

Irodalom

- Arrhenius, S. 1896: On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science 5/41, 237–275.
- IPCC 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P.M., eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535p.
- van der Linden, P., Mitchell, J.F.B. 2009: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. 164p.
- Lüthi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.-M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K., Stocker, T.F. 2008: High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. Nature, 453, 379–382.
- Nakicenovic, N., Swart, R., eds. 2000: Emissions Scenarios. A special reports of IPCC Working Group III. Cambridge University Press, UK. 570p.
- Pongrácz R., Bartholy J., Miklós E. 2011: Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. Appl. Ecol. Environ. Res., 9, 387–398.

A GEOTERMİKUS ENERGIA GLOBÁLIS HELYZETE ÉS KILÁTÁSAI

GEOTHERMAL ENERGY – GLOBAL STATUS AND PROSPECTS

Rybach László

Institute of Geophysics ETHZ, Zurich, Switzerland

rybach@ig.erdw.ethz.ch

Abstract

Geothermal energy is one of the contributors to any future energy mix. The advantages of geothermal energy are numerous: great, still only marginally developed potential, available around the clock (=provides base-load power), ubiquitous, indigenous, environmentally friendly, economically rewarding energy. Its two main utilization categories - power generation and direct use- are already introduced in many countries around the globe; further, expanding distribution is possible and should be increasingly enforced. Direct use is now mainly based on shallow (<400 m) resources and is realized by geothermal heat pump systems. They exhibit global growth of 20 % per year.

Although geothermal energy is well positioned within the renewable (in 2008 geothermal power production exceeded more than three times that of solar photovoltaic), current growth is only steady but rather slow. While wind and solar PV show nearly exponential growth (several 10 % annually), geothermal power develops only by a few % per year, so far provided by hydrothermal resources, located in special geological settings. The universally deployable Enhanced Geothermal Systems (EGS) technology could speed up geothermal growth, although substantial R&D efforts are needed to solve still open problems. Possible approaches are outlined.

Keywords: power generation, growth trends, geothermal heat pumps, EGS, future prospects

Kulcsszavak: áramfejlesztés, növekedési tendenciák, földhőszivattyúk, mesterséges rendszerek, kilátások

Bevezetés

A geotermikus energia alapja a Föld belsejének hőtartalma; hasznosítása két főformában érvényesül: áramfejlesztés és direkt hőfelhasználás. Az utóbbinak több változata van, pl. távfűtés, vagy ipari és mezőgazdasági alkalmazások. Mindezek már világszerte folynak, s ennek megfelelően van elég tapasztalat. A geotermia előnyei sokfélék: igen jelentős, de még csak kezdetileg kiaknázott potenciállal rendelkezik, időben állandóan szolgáltat, elvileg mindenütt előfordul, környezetbarát, sok helyen már gazdaságos.

Egy nivós forrás szerint (World Energy Assessment WEA – a joint effort of UNDP, UNDESA and World Energy Council WEC) a geotermia rendelkezik a legnagyobb megújuló potenciállal (1. táblázat):

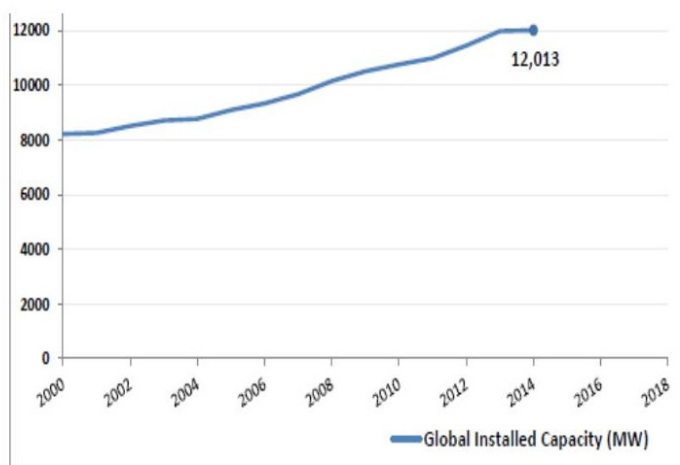
*1. táblázat. Megújuló energia potenciálok (WEA 2000)
Table 1. Potential of renewable energy sources (WEA 2000)*

Energy source	Capacity (EJ/yr)
Geothermal	5000
Solar	1575
Wind	640
Biomass	276
Hydro	50
Total	7541

A szám adatok dimenziója teljesítmény, azaz hogy időegységnyi energia. Nyilvánvaló, hogy a geotermikus potenciál a legnagyobb, amely eddig még alig lett kiaknázva.

Növekedési tendenciák

Az 1. ábra a globális geotermikus áramfejlesztés fejlődését ábrázolja, a 2. ábra pedig egy összehasonlítást napelemekkel. 2013-ban a geotermikus áramfejlesztés világszerte 76 TWh volt (REN21, 2014).



1. ábra. A világszerte beépített geotermikus erőmű-teljesítmény fejlődése 2000 és 2014 között.
 Forrás: Geothermal Energy Association (2014)

Figure 1. Growth of world-wide geothermal power capacity from 2000 to 2014. Source: Geothermal Energy Association (2014)



2. ábra. a napelemek fejlődése (beépített teljesítmény) 2008 óta egyre inkább leelőzi a geotermikus fejlődést. A geotermia szaggatott vonala az 1. ábra alapján. A napelem-adatok forrása: REN21 (2014)

Figure 2. Global growth of photovoltaic power overtakes geothermal power growth since 2008. The geothermal red dashed line is from Figure 1, the PV data are from REN21 (2014)

Nyilvánvaló, hogy a geotermikus áramfejlesztés egyre inkább lemarad. Ugyanez a helyzet a szélenergiával összehasonlítva is. 2013-ban a világszerte beépített szélenergia teljesítmény elért 320 GWe-t. Bár a geotermikus erőművek évente (világviszonylatban) sokkal több óránként termelnek áramot, mint a szél- és napelem-erőművek, 2011 óta már a világszerte napelemek is többet termelnek évente, a szél-erőművekről nem is beszélve. Tehát, valamiképpen fel kellene gyorsítani a geotermikus áramfejlesztést. De hogyan? Ez az alábbiakban lesz részletezve.

Hogyan lehetne a geotermikus áramfejlesztés kiépítését felgyorsítani?

Manapság a geoelektromos erőművek 99,99%-a az ún. hidrotermális készleteken alapszik. A hidrotermális készlet azt jelenti, hogy egy adott területen a mélyben geotermális fluidumok (termásvíz, gőz vagy víz/gőz keverék) találhatóak gazdaságilag jelentős mennyiségben. Az ilyen előfordulásokhoz különleges, aránylag ritkán meglévő földtani adottságok szükségesek, mint pl. vulkánikus területek permeábilis kőzetei, üledékes medencék termásvíz-tartói, stb. Ezek aligha fognak nagyságrendi növekedést hozni a geotermikus erőművek kiépítésében.

Az ún. petrotermális készletek, amelyek magas hőmérsékletű (> 100 °C), majdnem mindenütt jelenlévő alapkőzeteket jelentenek, óriási mennyiségben fordulnak elő. Ez esetben csak azt a technológiát kell kidolgozni, mellyel a földhő a forró kőzetekből kitermelhető.

Ezt célozza az ún. EGS technológia (EGS= Enhanced Geothermal System), ami „mesterséges” hidrotermális viszonyokat próbál létrehozni. Ehhez a mélybeli kőzet áteresztőképességét kell jelentős mértékben megnövelni. Ez hidraulikus víznyomás-növeléssel mély fúrólukakon keresztül történik. A működtetés folyamán hidegvíz kerül a felszínre. Ezzel ott olyan erőművek meghajthatók, amik hidrotermális készleteknél már régóta eredményesen működnek. Tehát, voltaképpen egy repedésrendszert kell kialakítani jó néhány km mélységben (=”stimuláció”), ami mint egy nagy hőcserélő működik. Mindez részletesen publikálva van a M.I.T. „The Future of Geothermal Energy” (2006) című tanulmány-kötetben. A tanulmány szerint, csak magában az USA-ban >200.000 EJ EGS hőenergia termelhető ki, ami az USA primerenergia-szükségletének 2.000-szerese.

Mindez elméletben jól működik, azonban a gyakorlatban csak alig néhány EGS erőmű épült, és eddig mindegyiknél volt valami probléma. Tehát, van mit tenni!

Az alábbi, 2. táblázat egy technikailag működésképes és gazdaságilag megfelelő EGS hőcserélő rendszer paramétereit mutatja be.

2. táblázat. EGS hőcserélő rezervoár szükséges paraméterei. Forrás: EGEC (2012)

Table 2. Required properties for an EGS reservoir (from EGEC 2012)

Fluid production rate	75 kg/s
Fluid temperature at wellhead	200 °C
Total effective heat exchange surface	10 x 10 ⁶ m ²
Rock volume	3 x 10 ⁸ m ³
Flow impedance	< 0.1 MPa/(kg/s)
Thermal drawdown	10 %
Water loss	< 10 %
Capital interest rate	5 %

A fenti táblázat egy kb. 5 MWe teljesítményű EGS létesítmény adatait tartalmazza. Ezek nemzetközileg elfogadott értékek; a döntő kérdés az, hogy hogyan lehetne ezeket minden kívánt helyen realizálni, a helyi földalatti adottságoktól függetlenül. Vagyis a fő feladat egy olyan technológia kifejlesztése, amivel bárhol lehetne egy „standard” EGS hőcserélőt bármilyen altalajban létrehozni.

A megoldandó EGS kérdések

A szükséges technológia kifejlesztéséhez még jelentős mennyiségű feladat vár a kutatás/fejlesztés szakembereire:

- A több km mélységben kiépítendő EGS hőcserélő fent említett stimulációjánál több kőzetmechanikai kérdést kell tisztázni: a feszültségtér anizotrópiájának hatása és a feszültségváltozás terjedésének módja (gyors/”száraz”, vagy lassú/”nedves” – különféle helyi viszonyok között) még ismeretlen;
- A stimuláció által létrejövő (de az erőmű-működés alatt is előállható) szeizmicitáscsökkentése még megoldatlan, pedig a gerjesztett rezgések komoly ellenállást válthatnak ki az érintett lakosságban az EGS technológiával szemben;
- A hőcserélő repedésrendszer nem csak néhány nagy, kiterjedt repedésből kell, hogy álljon, hanem sok, finoman elosztottból. Ennek elérése mindenütt, azonban még tisztázatlan kérdés;
- Az egész tervezett hőcserélőn belüli folyadékmozgás egyöntetűsége még nem kialakítható;
- Eddig semmilyen tapasztalat nincs arról, vajon hogyan működik egy EGS hőcserélő hosszútávon.

A hőkitermelés döntő jellemzője a ún. kinyerési tényező (a kiemelhető/jelenlévő hőmennyiség hányadosa). Ez a tényező alaposan megváltozhat egy EGS létesítmény működése során: egyrészt a kőzet vízáteresztő-képessége megnőhet (pl. új repedések keletkeznek a kőzet lehűlése folyamán, vagy egyes ásványok feloldódásából kifolyólag), másrészt lecsökkenhet (ásványlerakódások vagy hidraulikus rövidzárlatok miatt).

Az EGS rendszerek kiépítéséhez már léteznek kívánt területek, vagyis nem kell új fúróhelyeket kitűzni. Ezzel szemben, részletesen meg kell kutatni a helyi földtani viszonyokat: a mélységi alapkőzet-típust, a feszültségtér

komponenseit, a hőmérséklet-tér mérvadóit, a már létező repedésrendszer mivoltát és a természetes helyi szeizmicitást.

Többéves tapasztalat híján az EGS rendszerek gazdaságossága teljesen tisztázatlan. Az előkészítés (beleértve a helyi mélységbeli viszonyok felderítését és a stimulációt is), az erőműépítés, és az üzemeltetés költségeiről eddig mért adat nincs. Mindenesetre, a gazdasági szempontból sokkal előnyösebb, ha az erőművek „hulladék hője” helyileg alkalmazható, pl. távfűtésre.

Az EGS erőmű-rendszerek teljesítményének növelése középtávon elengedhetetlen (eddig csak néhány Megawatt elektromos teljesítmény van tervezve), mert e nélkül az EGS nem lesz meggyőző. Több tíz megawattos erőművekre lenne szükség. Ilyen elképzelések már vannak: pl. Vörös et al. (2007) elméletben kidolgoztak egy olyan megoldást 24 besajtoló és 19 termelőkúttal, ami 200 MWe összteljesítményt adna. Jelenleg az eddig legnagyobb geotermikus erőmű (hidrotermális készletre támaszkodva) 140 MWe nagyságú (Taonga, Új-Zéland).

Összefoglalva, az EGS jelenleg a „proof of concept” stádiumban van. Az EGS helyzetének és problematikájának részletes leírása Rybach (2010) publikációjában megtalálható.

Direkt hőfelhasználás

A földből kinyert és globálisan alkalmazott geotermikus hő 2013-ban 300 PJ volt (REN21, 2014). A magyar geotermikus viszonyok nagyon kedvezőek. Az ország világszerte élenjár a termálkútak területi sűrűségével (kb. 1.1 termelő kút / van 10km²). A kiemelt vízmennyiség is jelentős, összesen kb. 70 millió m³ évente. Kérdés, hogy ez a tempó meddig lesz fenntartható visszasajtolás nélkül, ugyanis legtöbb helyen csak termelő kútak vannak.

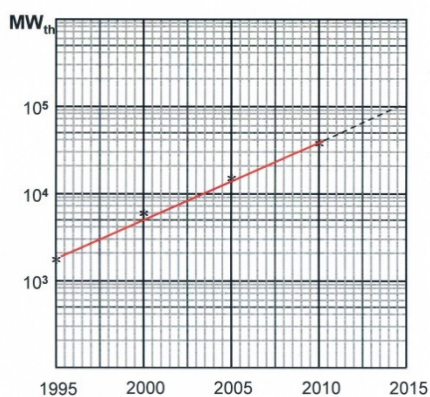
A geotermikus hő direkt felhasználásának egy másik jelentős lehetősége a távfűtés. Ilyen rendszerek több országban működnek sikeresen; Izlandban pl. az épületek több mint 90 %-át geotermikus energia fűti. A Párizsi medencében (magában a fővárosban is) több ú.n. dublett rendszer (=termelő és visszasajtoló kútpár) működik évtizedek óta, mindegyik több ezer lakást ellátva.

Az utóbbi időben több európai országban tapasztalható fellendülés a geotermikus távfűtés területén (EGEC 2013). Pl. a Bajor Molasse Medencében –különösen München térségében– tucatnyi geotermikus telep épült vagy épül, gyakran kombinálva fűtésre és/vagy áramfejlesztésre. A fejlesztő általában a helyi önkormányzat. Dániában is vannak ilyen irányú fejlesztések.

Magyarországon is kiépültek mélyfúrásokon alapuló fűtőrendszerek, részben mezőgazdasági célokra (üvegházak), másrészt távfűtésre. Az utóbbiaknál eddig nem gyakran alkalmaztak visszasajtolást. Újabban, a PANNERGY cég (www.pannergy.com/geotermia/) fejleszt és épít sikeresen „dublett” rendszereket, pl. Szentlőrincen, Miskolcon és Győrött.

A globális, közvetlen hőhasznosítás legnagyobb részét (> 50%) a földhőszivattyús rendszerek alkotják. Ez egy aránylag új technológia, mely nem csupán az épületek hűtését vagy fűtését biztosítja, de háztartási melegvizet is szolgáltat. Erről további részletek, valamint e rendszerek hosszútávon fenntartható működésének elemzése Rybach and Eugster (2010) cikkben olvashatók.

A földhőszivattyús rendszer világszerte a leggyorsabban fejlődő, megújuló technológiák közé tartozik; növekedése világszerte évente kb. 20 % (Figure 3.). Földhőszivattyús rendszerek létesíthetők a földtani adottságoiktól szinte függetlenül, mert energia-alapjuk (és tárolójuk) a földkéreg legteteje. Várható, hogy fejlődésük és elterjedésük továbbra is jelentős marad; sok ország csak most kezdi ezt a technológiát bevezetni.



3. ábra. A földhőszivattyúk globális teljesítménye exponenciálisan, évi 20 %-al növekszik

Figure 3. The global thermal power of geothermal heat pump systems increases exponentially, with 20 % per year
Data from Lund et al. (2010)

Összefoglalás, kitekintés

A geotermia sokféle előnnyel rendelkezik, pl. igen jelentős, és csak kezdetlegesen kiaknázott potenciállal rendelkezik, időben állandóan szolgáltat, elvileg mindenütt előfordul, környezetbarát, és több helyen már gazdaságosan kitermelhető. A geotermikus energiaforrások egyre nagyobb arányban fognak részesedni a jövőbeli energiaellátásban.

A geotermikus áramfejlesztés aránya a megújuló mezőnyében sokáig jelentős volt, de 2011 óta a napelemek már több áramot termelnek világszerte, mint a geotermia. Az EGS rendszerekkel ugyan fel lehetne gyorsítani a geotermikus erőművek elterjedését, de ehhez jelentős kutatási/fejlesztési erőfeszítések szükségesek. A direkt hőhasználat elsősorban a földhőszivattyúkon alapszik; ez a technológia nemzetközileg évi 20%-os intenzitással növekszik. A geotermikus távfűtés egy további jövőbeli perspektivikus technológia, amihez szükséges a visszasajtolás, hogy az üzemeltetés fenntarthatósága hosszú távon biztosítva legyen.

Globálisan, egyelőre talán nem, de lokálisan ígéretesnek tűnik a mélységbeli geotermia. A magyar földtani adottságok egyértelműen kedvezőek a geotermia hazai továbbfejlesztésére.

Irodalom

- EGEC 2012: Strategic Research Priorities for Geothermal Technology, 65 p., RHC-Platform, Brussels.
- EGEC 2013: EGEC Geothermal Market Report 2013/2014, 69 p, Brussels.
- GEA 2014: 2014 Annual U.S & Global Geothermal Power Production Report, Geothermal Energy Association, 25 p., Washington D.C.
- Lund, J.W., Freeston, D.H., Boyd, T.L. 2010: Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review. In: Proceedings World Geothermal Congress 2010, Nusa Dua/Bali, Indonesia.
- M.I.T. 2006: Tester et al.: The Future of Geothermal Energy – Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century, MIT – Massachusetts Institute of Technology, 358 p., Cambridge, MA.
- REN21 2014: Renewables 2014 Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 215 p., Paris.
- Rybach, L. 2010: The “Future of Geothermal Energy” and its challenges. In: Proceedings World Geothermal Congress 2010, Nusa Dua/Bali, Indonesia.
- Rybach, L., Eugster, W.J. 2010: *Sustainability aspects of geothermal heat pump operation, with experience from Switzerland*. Geothermics, 39, 365-369.
- Vörös, R., Weidler, R., de Graaf, L., Wyborn, D. 2007: Thermal modelling of long term circulation of multi-well development at the Cooper basin hot fractured rock (HFR) project and current proposed scale-up program, Thirty-Second Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, CA.
- WEA 2000: World Energy Assessment Report: Energy and the Challenge of Sustainability. United Nations Development Programme, 502 p. New York, NY.

A BRIEF HISTORY OF THE THEORY OF GRAVITY-DRIVEN REGIONAL GROUNDWATER FLOW

A MEDENCELÉPTÉKŰ GRAVITÁCIÓS TALAJVÍZÁRAMLÁS ELMÉLETÉNEK RÖVID TÖRTÉNETE

József Tóth

Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, Canada
joe.toth@ualberta.ca

Abstract

The theory of gravity-driven regional groundwater flow was first proposed in 1962/3 based on the Laplace equation. Hydraulic-head patterns were calculated for a two dimensional trapezoidal and homogeneous flow domain with flow lines drawn by hand. The flow region was intended to represent one flank of a stream basin with a periodically undulating water table. At the dawn of numerical modeling the results generated international interest. Numerical models began to be produced with progressively increasing complexity of basin geometry, types and distributions of permeability and time dependent flow. One of the most important results of the first analyses was the birth of the flow-system concept. In a flow system groundwater moves from relatively highly elevated recharge areas, through medium high mid-line regions to relatively low lying discharge areas where it may resurface. Because flow systems are associated with topographic elements of different scale, they are self-organized in hierarchically nested geometric patterns.

The understanding of the systematized structure of basinal groundwater flow soon resulted in the recognition that flow systems act like subsurface conveyor belts. They mobilize and remove matter and heat from the recharge area, pick up more or/and emplace some of it en route, and deposit them in the discharge region. In short: flowing groundwater is a general geologic agent. The original "Theory of regional groundwater flow" became thus expanded into a *bimodal umbrella theory* with two component theories: i) "The hydraulics of basin-scale groundwater flow" and ii) "The geologic agency of regional groundwater flow". More than half a century after its conception the theory is extensively analyzed and continues to be applied to a growing number of groundwater related disciplines.

Keywords: regional groundwater flow, theory, history, geologic agency, practical applications

Kulcsszavak: regionális talajvízáramlás, elmélet-fejlődés, földtani tényező, gyakorlati alkalmazások

Introduction

Arguably, the seed of the theory of regional groundwater flow was sown in 1956 when I fled the invading Soviet troops in Hungary as a fifth year student of geophysics at the School of Mining, Forestry and Geodesy of Sopron and recommenced my studies at the State University of Utrecht, The Netherlands. Four years later, in 1960, with the degree of "PhD Candidate" I landed a job in Edmonton, Canada, at the provincial Research Council of Alberta. My task would be to explore for groundwater in pre- and post-glacial buried bedrock channels by electrical sounding methods. However, the contrast between the physical properties of the bedrock and glacial valley fill were insufficient to map the channels with the tools of the day and the program was cancelled. I was there, as a trained geophysicist, employed but no work to do. I decided to transform myself into a hydrogeologist. The transformation was not easy. I have never had a decent course in groundwater before and I was supposed to advise towns, industry and farmers on finding and developing groundwater resources. Well meaning, my colleagues advised me to read Hubbert (1940).

In that seminal treatise, "The theory of ground-water motion", two things left a mark on my life's work: The concept of "fluid potential", Φ , and Hubbert's visualization of the regional groundwater flow pattern in a drainage basin. The latter was illustrated for a vertical section normal to a river valley incised in homogeneous rock framework (Figure 1; op. cit. Figure 45). In essence, the figure implied that all water infiltrating over the basin's surface converges in the subsurface toward, and empties into, the river, similar to water flowing into a drainage ditch. The image compelled me to keep observing the discharges of the four or five parallel streams in my area of responsibility of 120 km \times 120 km, approximately. On average, the stream valleys were 10-15 km wide from divide to divide, 150-200 m deep from divide to thalweg, the rock framework permeable enough to satisfy the water needs of large farms and small towns of 500 to 1500 people, and precipitation sufficient to keep the water table everywhere within a depth of 3 m from the land surface. Based on the flow lines' convergence in Figure 45 combined with the relief and permeability conditions of the terrain, I was expecting healthy large discharges in these streams. Instead, I found small runoffs, often dry beds and water frozen to the bottom in the winter. What happens to all that infiltrating rain and melting snow, I wondered?

Discharge versus recharge appeared completely out of balance. I kept pondering and one day the light went on. I realized that convergence of the flow lines in Hubbert's picture was *not a result of analysis* but rather it was an imposed condition, *an à priori postulate!*

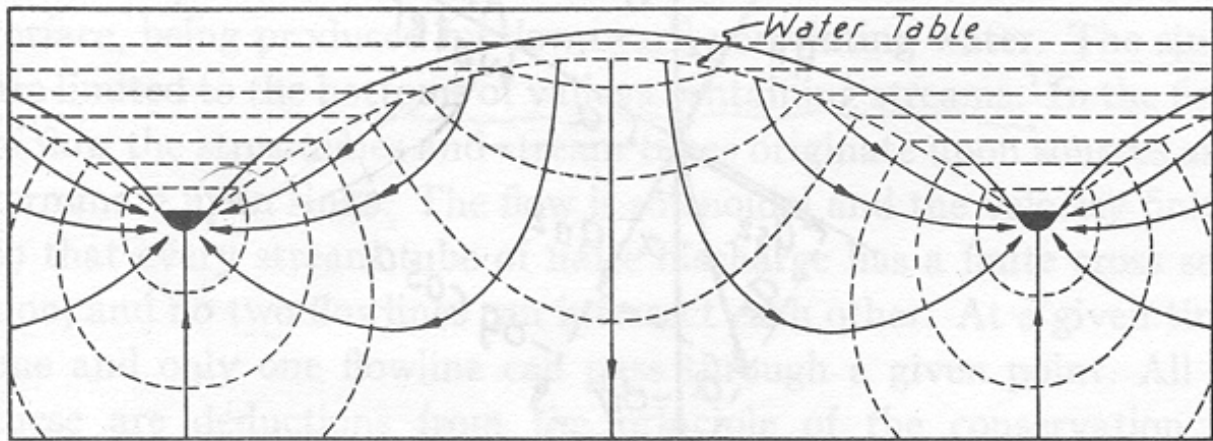


Figure 1. The first pattern of basin-scale flow based on the quantitative concept of *fluid potential*, $\Phi=gh$ (Hubbert, 1940, Fig. 45)

1. ábra. A medence-léptékű áramlási rendszerek első ábrázolása a folyadék potenciál elve alapján, $\Phi=gh$ (Hubbert, 1940, Fig. 45)

I decided then to determine where the water wants to flow by itself. I thus did what I believe was the first analytical study devoted explicitly to the understanding of the regional structure of ground-water flow in a Prairie environment (Tóth, 1962). It was an analytical solution to the Laplace Equation in terms of Hubbert's hydraulic head, $h = z+p/\rho g$, for a flow domain with linearly sloping water table. The fundamental and critical difference between the messages of Hubbert's Figure 45 (Figure 1) and my 2-D cross section (Figure 2) became clear from the results: all the water recharged over the entire basin is not returned along a *one* dimensional *line of discharge* in the thalweg as Figure 1 shows (and called a *line sink* by Hubbert). But, rather, it is distributed over the whole lower half of the basin in a two dimensional *area of discharge* (Figure 2).

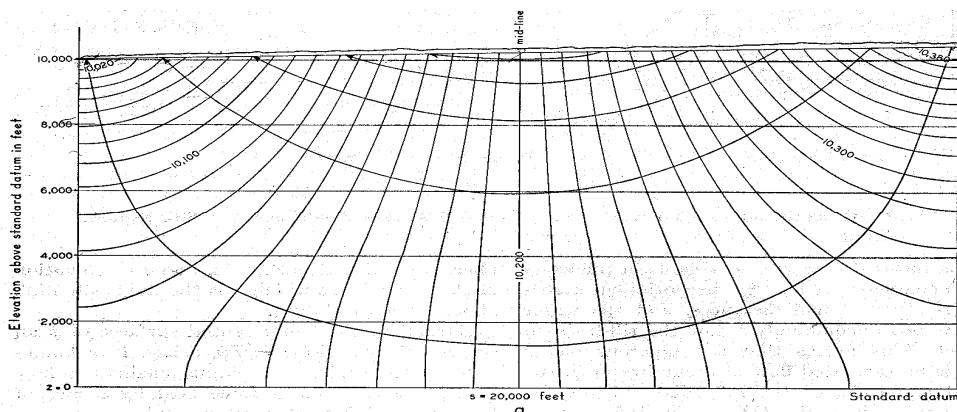


Figure 2. "Two-dimensional theoretical potential distributions and flow patterns for different depths to the horizontal impermeable boundary." (Tóth, 1962, Fig. 3)

2. ábra Két dimenziós elméleti potenciáeloszlás és áramkép különböző mélységű medencékre" (Tóth, 1962, Fig. 3)

Soon, in order better to approximate reality, I replaced the basin's linear water table by a sinusoidal one in a second paper (Tóth, 1963; Figure 3). This paper instantaneously generated international interest and spawned the first component of the bimodal "*Theory of regional groundwater flow*", called "*The hydraulics of basin-scale groundwater flow*".

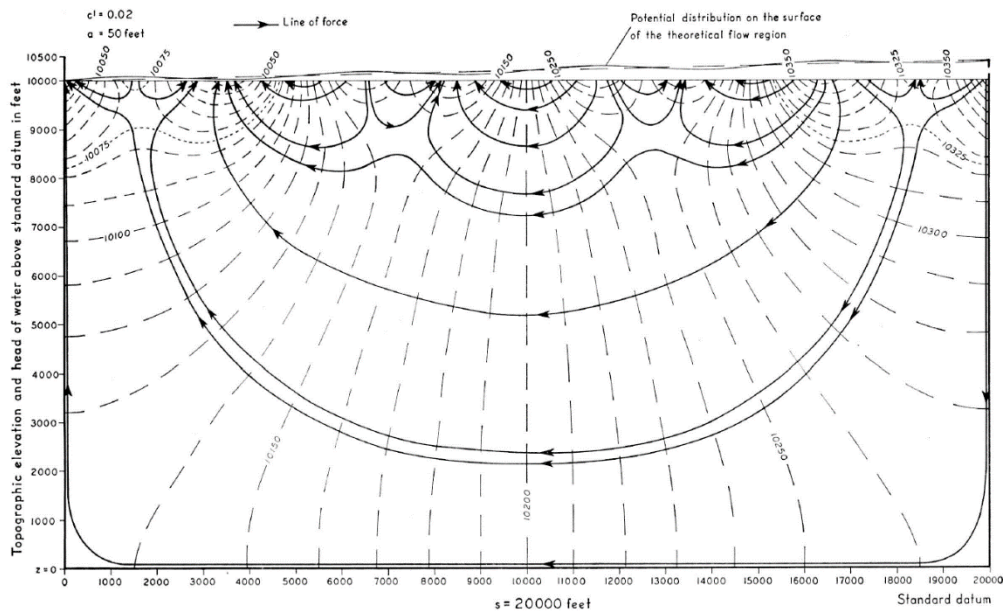


Figure 3. The first analytically calculated regional groundwater flow-model for complex topography: sinusoidally undulating and regionally sloping water table (Tóth, 1963, Fig. 2f); [Engelen: "Hierarchically nested flow systems"]

3. ábra Az első analitikus számoláson alapuló regionális vízáramlási modell, komplex, szinuszosan változó és regionálisan lejtő talajvíztükör esetében (Tóth, 1963, Fig. 2f); [Engelen: "Hierarchically nested flow systems"]

The hydraulics of basin-scale-gravity-driven groundwater flow

The above results have attracted worldwide interest in the theory of gravity-driven regional groundwater flow. They have inspired numerous curiosity as well as mission oriented studies, employing analytical, numerical and experimental solutions. Patterns of flow and hydraulic head have been calculated for drainage basins of ever increasing complexity in terms of geometry, permeability and boundary conditions both for steady and transient states. After more than half a century this interest keeps growing as witnessed by new works and the recently created (2012) "Regional Groundwater Flow Commission" (RGFC) of the "International Association of Hydrogeologists" (IAH). A meaningful review of the subject matter's *state of the art* would be impossible in one short essay. Instead, the following list of selected studies should adequately represent the scope and specific aspects of the theory of "Basin-scale hydraulics of gravity-driven groundwater flow": Cardenas and Jiang, 2010; Domenico, 1972; Freeze and Witherspoon, 1968; Gleeson and Manning, 2008; Jiang et al., 2009; Jiang et al., 2010; Jiang et al., 2011; Liang et al., 2010; Llamas and Cruces de Abia, 1978; Marklund and Wörman, 2011; Mifflin, 1968; Ortega and Farvolden, 1989; Robinson and Love, 2013; Senger, Fogg and Kreitler, 1987; Tóth, 1995, 2009; Tóth and Millar, 1983; Tóth and Almási, 2001; Wang and Anderson, 1982; Zijl, 1999; Zijl and Nawalany, 1993.

The geologic agency of gravity-driven-basin-scale flow of groundwater

An unexpected result of the early flow-system studies was the recognition of systematic associations of various natural phenomena and processes with identifiable segments of flow systems. That recognition motivated further studies both at home and abroad, dedicated to specific hydrologic processes and effects, e.g. De Vries, 1974; Freeze and Cherry, 1979; Galloway, 1978; Garven and Freeze, 1984; Macumber, 1991; Ortega and Farvolden, 1989; Sanford, 1995; Schwartz and Domenico, 1973; Smith and Chapman, 1983; Tóth, 1988, 1999; Verweij, 2003; Winter, 1978. By the 1980's, a unifying concept emerged as the second component of the umbrella theory, namely: *The geologic agency of regional groundwater flow*.

The causes

Two specific causes make gravity-driven groundwater flow a geologic agent, namely: i) *in-situ interaction* between the water and its ambient environment and ii) *transport by flow* that is organized into hierarchical systems of different order. The interaction between the water and its surroundings results in various natural processes and products controlled by the local conditions. Structured flow systems, on the other hand, function as sustained mechanisms of distribution of those products along regular spatial paths within the basinal flow domain. In basins where groundwater flow is controlled by the relief of the water table, the effects of the groundwater's distribution pattern are functionally related to identifiable and characteristic segments of the flow systems. Such a functional

relation makes correlation between cause (groundwater flow) and effect (natural conditions, processes and phenomena) feasible and verifiable (Figure 4).

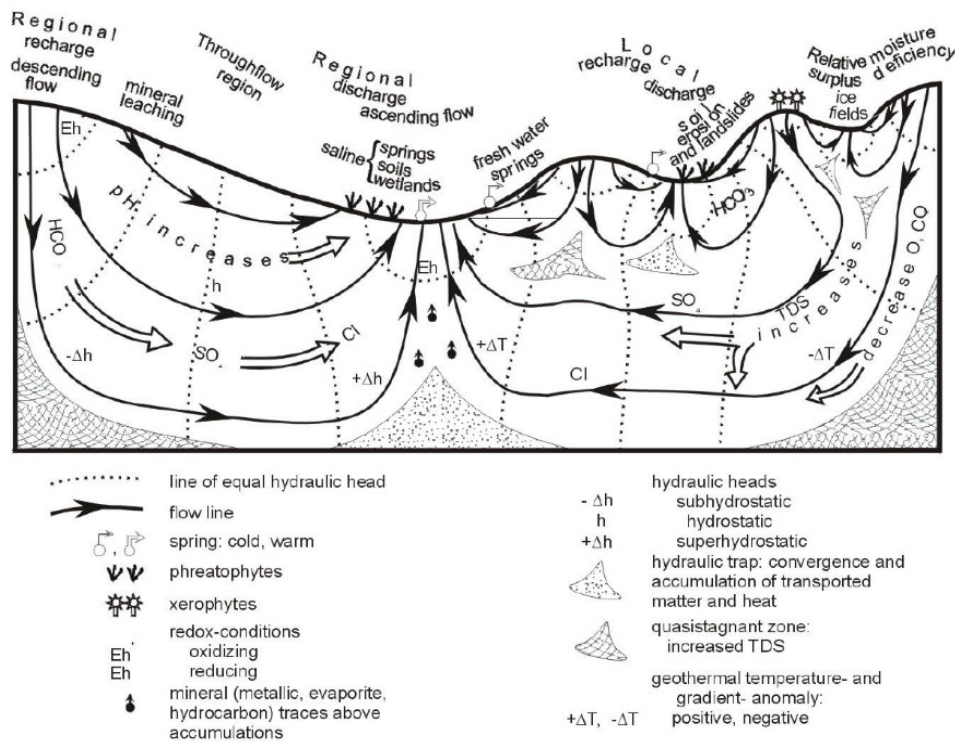


Figure 4. Effects and manifestations of gravity-driven flow in a regionally unconfined drainage basin (Tóth, 2009, Fig. 4.1, modified from Tóth, 1999 and 1980)

4. ábra. Gravitációs áramlási rendszerek hatásai és a létrejött jelenségek regionális és fedetlen vízgyűjtő medencében (Tóth, 2009, Fig. 4.1, módosítva Tóth, 1999 and 1980 nyomán)

Manifestations

The effect of groundwater flow as a geologic agent is manifest by a broad range of diverse, some spectacular and some economically important, natural phenomena that include landslides, soil salinization, geothermal temperature patterns; sedimentary sulfide ores; roll-front and tabular uranium deposits; hydrocarbon accumulations, halos, and seeps; wetlands and eutrophication of surface-water bodies (Tóth, 1999, 2009)

In order to facilitate an easier overview of the multitude of natural manifestations generated by basal groundwater flow, they have been grouped into six basic types with some sub-categories identified as follows (Tóth, 1999):

1. Hydrological and hydraulic:
 - i. Local water balance;
 - ii. Regionally contrasting moisture conditions;
 - iii) Water-level fluctuations.
2. Chemical and mineralogical:
 - i. Areal patterns of water salinity and isotope distribution;
 - ii. Soil salinization and continental; salt deposits;
 - iii) Weathering, dissolution, and cementation;
 - iv. Diagenesis of minerals.
3. Botanical:
 - i. Species of plants;
 - ii. Quality of plants.
4. Soil- and rock-mechanical:
 - i. Liquefaction;
 - ii. Soil erosion;
 - iii. Slope stability.
5. Geomorphological:
 - i. Erodability and stream valleys;
 - ii. Karst development;
 - iii. Geysers and mud volcanoes;
 - iv. Frost mounds, pingos, ice fields.
6. Transport and accumulation:
 - i. Temperature distribution patterns;
 - ii. Low temperature sulfide ores;
 - iii) Uranium deposits;
 - iv. Hydrocarbon fields, methane halos, oil seeps;
 - v. Effluents and contaminants.

A meaningful review of the subject matter's *state of the art* is not possible in one short essay. The following list of selected studies should adequately represent the scope and specific aspects of the **"The geologic agency of gravity-driven basin-scale flow of groundwater"**:

Back, 1960; Batelaan, De Smedt, Triest, 2003; Deming et al., 1992; de Vries, 1974; Domenico and Palciauskas, 1973; Engelen and Kloosterman, 1996; Freeze, 1969; Galloway, 1978; Garven et al., 1999; Hagmaier, 1971; Harvey, Swinhart and Kurtz, 2007; Jankowski and Jacobson, 1989; Klimchouk, 2007; Meijerink, 1996; Meyboom, van Everdingen and Freeze, 1966; Saar, 2011; Sanford, 1995; Schwartz and Domenico, 1973; Smith and Chapman, 1983; Stuyfzand, 1993; Tóth, 1966, 1971, 1980, 1999, 2009; Walker et al., 2003; Wallick, 1981; Williams, 1968, 1970; Winter, 1999.

Summary

In a sequel of two papers in 1962-'63, the theory of gravity-driven regional groundwater flow was proposed for two-dimensional vertical cross sections of small drainage basins of homogeneous rock framework, periodically undulating water table and steady state flow. The theory's principal thesis was the concept of hierarchically nested groundwater flow systems. It generated international interest and has been applied, with appropriate increases in complexity, to basins of heterogeneous and anisotropic rock, three dimensional domain geometry, arbitrary water-table configurations and transient flow conditions by numerous authors during the following fifty years. Also, by introducing the concept of regional hydraulic continuity the theory's applicability has been extended to large drainage basins.

In the meantime, through field applications of the theory, groundwater flow systems have become recognized as subsurface conveyor belts. They transport heat and matter from recharge to discharge areas and modify subsurface stress conditions according to spatial patterns that can be theoretically determined and empirically evaluated. The interaction between the systematized groundwater flow and its environment is manifest by a great variety of natural processes and phenomena at and beneath the land surface. The theory has thus led to the recognition of groundwater flow as a universal subsurface geologic agent.

References

- Back W. 1960: Origin of hydrochemical facies of groundwater in the Atlantic coastal plain. Report Pt. I, Geochemical Cycles, XXI Session, Norden, International Geological Congress, Copenhagen. pp. 87-95.
- Batelaan O., De Smedt F.D., Triest L. (2003). Regional groundwater discharge: phreatophyte mapping, groundwater modeling and impact analysis of land-use change. *Journal of Hydrology*, 275:86-108.
- Cardenas B.M., Jiang X.W. 2010: Groundwater flow, transport, and residence times through topograph-driven basins with exponentially decreasing permeability and porosity. *Water Resources Research*, 2010 - Wiley Online Library.
- Deming D., Sass J.H., Lachenbruch A.H., De Rito R.F. 1992: Heat flow and subsurface temperature as evidence for basin scale groundwater flow, North Slope of Alaska. *Geological Society of America Bulletin* 104: 528-542.
- de Vries J.J. 1974: *Groundwater Flow Systems and Stream Nets in the Netherlands*. Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands.
- Domenico P.A. 1972: *Concepts and Models in Hydrogeology*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Domenico P.A., Palciauskas V.V. 1973: Theoretical analysis of forced convective heat transfer in regional groundwater flow. *Geological Society of America Bulletin*, 84:3803-3814.
- Engelen G.B., Kloosterman F.H. 1996: *Hydrological systems analysis: methods and applications*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Boston London.
- Freeze R.A. 1969: Regional groundwater flow - Old Wives Lake Drainage Basin, Saskatchewan. Scientific Series No. 5. Inland Waters Branch, Dept of Energy, Mines and Resources, Ottawa, Canada.
- Freeze R.A., Cherry J.A. 1979: *Groundwater*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A.
- Freeze R.A., Witherspoon, P.A. 1968: Theoretical analysis of the regional groundwater flow. 3. Quantitative interpretations. *Water Resources Research* 4(3):581-590.
- Galloway W.E. 1978: Uranium mineralization in a coastal-plain fluvial aquifer system: Catahoula Formation, Texas. *Economic Geology*, 73:1655-1676.
- Garven G., Appold M.S., Toptygina V.I., Hazlett T.J. 1999: Hydrogeologic modeling of carbonate-hosted lead-zinc ore genesis. *Hydrogeology Journal* 7(1):108-126.
- Garven G., Freeze R.A. 1984: Theoretical analysis of the role of groundwater flow in the genesis of stratabound ore deposits. 1. Mathematical and numerical model; 2. Quantitative results. *American Journal of Science*, 284:1085-1124.
- Gleeson T., Manning A.H. 2008: Regional groundwater flow in mountainous terrain: Three-dimensional simulations of topographic and hydrogeologic controls. *Water Resources Research*, 44, W10403, doi: 10.1029/2008WR006848.
- Hagmaier J.L. 1971: The relation of uranium occurrences to groundwater flow systems. *WGA Earth Science Bulletin*, June. Wyoming Geological Association, p. 19-24.
- Harvey F.E., Swinhart J.B., Kurtz T.M. 2007: Ground water sustenance of Nebraska's unique Sand Hills peatland fen ecosystems. *Ground Water*, 45(2):218-234.
- Hubbert M.K. 1940: The theory of ground-water motion. *The Journal of Geology*, 48:785-944.
- Jankowski J., Jacobson G. 1989: Hydrochemical evolution of regional groundwaters to playa brines in Central Australia. *Journal of Hydrology*, 108:123-173.
- Jiang X.W., Wan L., Wang X.S., Ge S., Liu J. 2009: Effect of exponential decay in hydraulic conductivity with depth on regional groundwater flow. *Geophysical Research Letters*, 36, L24402, doi: 10.1029/2009GL041251.
- Jiang X.W., Wan L., Cardenas M.B., Ge S., Wang X.S. 2010: Simultaneous rejuvenation and aging of groundwater in basins due to depth-decaying conductivity and porosity. *Geophysical Research Letters*, 37, L05403, doi: 10.1029/2010GL042307.
- Jiang X.W., Wang X.S., Wan L., Ge S. 2011: An analytical study on stagnation points in nested flow systems in basins with depth-decaying hydraulic conductivity. *Water Resources Research*, 47, W01512, doi:10.1029/2010WR009346.
- Klimchouk A. 2007: Hypogene speleogenesis: Hydrogeological and morphogenetic perspective. National Cave and Karst Research Institute. Carlsbad, NM, U.S.A. Special Paper No. 1. 106 p.
- Liang X., Liu Y., Jin M., Lu X., Zhang R. 2010: Direct observations of complex Tóthian groundwater flow systems in the laboratory. *Hydrological Processes*, 24:3568-3573, doi: 10.1002/hyp.7758.
- Llomas M.R., Cruces de Abia J. 1978: Conceptual and digital models of the groundwater flow in the Tertiary basin of the Tagus river (Spain) In: Rónai A (Ed.) *Proceedings, Hydrogeology of great sedimentary basins*. Conference of Budapest.
- Macumber P.G. 1991: *Interaction between Ground Water and Surface Systems in Northern Victoria*. Department of Conservation and Environment, Victoria, Australia.
- Marklund L., Wörman A. 2011: The use of spectral analysis-based exact solutions to characterize topography-controlled groundwater flow. *Hydrogeology Journal*, Published online: 2011 September 1. Doi 10.1007/s10040-011-0768-4.

- Meijerink A.M.J. 1996: Remote sensing applications to hydrology: groundwater. *Hydrological Sciences— Journal—des Sciences Hydrologiques*, 41(4):549-561.
- Meyboom, P., van Everdingen, R.O., Freeze, R. A. 1966: Patterns of Groundwater Flow in Seven Discharge Areas in Saskatchewan and Manitoba. Geological Survey of Canada, Bulletin 147, Ottawa, Canada.
- Mifflin D. 1968: Delineation of Ground-Water Flow Systems in Nevada. Publication No. 4. Technical Report Series H-W, Center for Water Resources Research, Desert Research Institute, University of Nevada System, Reno, U.S.A.
- Ortega G.A., Farvolden R.N. 1989: Computer analysis of regional groundwater flow and boundary conditions in the basin of Mexico. *Journal of Hydrology*, 110:271-294.
- Robinson N.L., Love A.J. 2013: Hidden channels of groundwater flow in Tóthian drainage basins. *Advances in Water Resources*, 62:71-78.
- Saar MO 2011: Review: Geothermal heat as a tracer of large-scale groundwater flow and as a means to determine permeability fields. *Hydrogeology Journal*, 19(1):31-52.
- Sanford R.F. 1995: Ground-water flow and migration of hydrocarbons to the Lower Permian White Rim sandstone, Tar Sand Triangle, Southeastern Utah. *US Geological Survey Bulletin*, 2000-J, Washington, DC.
- Schwartz F.W., Domenico P.A. 1973. Simulation of hydrochemical patterns in regional groundwater flow. *Water Resources Research*, 9(3):707-720.
- Senger R.K., Fogg G.E., Kreitler C.W. 1987: Effects of Hydrostratigraphy and Basin Development on Hydrodynamics of the Palo Duro Basin, Texas. Bureau of Economic Geology, Report of Investigations 165. University of Texas, Austin, U.S.A.
- Smith L., Chapman D.S., 1983: On the thermal effects of groundwater flow 1. Regional scale systems. *Journal of Geophysical Research*, 88:593-608.
- Stuyfzand P.J. 1993: Hydrochemistry and Hydrology of The Coastal Dune Area of the Western Netherlands. PhD Thesis, Vrije Universiteit, /Amsterdam; KIVA N.V. Nieuwegein, The Netherlands. p. 366.
- Tóth J. 1962: A theory of groundwater motion in small drainage basins in central Alberta, Canada. *Journal of Geophysical Research*, 67(11):4375-4387.
- Tóth J. 1963: A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. *Journal of Geophysical Research*, 68(16):4795-4812. Reprinted In *Physical Hydrogeology; Benchmark Papers in Geology*, ed R. A. Freeze and W. Back (1983) Hutchinson Ross Publ. Co. Stroudsburg, Pennsylvania, U.S.A. p. 328-345.
- Tóth J. 1966: Mapping and interpretation of field phenomena for groundwater reconnaissance in a prairie environment, Alberta, Canada. *International Association of Scientific Hydrology Bulletin* 16(2):20-68.
- Tóth J. 1971: Groundwater discharge: A common generator of diverse geologic and morphologic phenomena. *International Association of Scientific Hydrology Bulletin*, 16(1-3):7-24.
- Tóth J. 1980: Cross-formational gravity-flow of groundwater: A mechanism of the transport and accumulation of petroleum (the generalized hydraulic theory of petroleum migration) In *Problems of Petroleum Migration*, ed. W. H. Roberts III and R. J. Cordell. American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology No 10, pp. 121-167.
- Tóth J. 1988: Ground water and hydrocarbon migration. In *Hydrogeology. Geology of North America*, v. O-2, ed. W. Back, J. S. Rosenshein and P. R. Seaber. Geological Society of America, Boulder, Colorado, pp. 485-502.
- Tóth J. 1995: Hydraulic continuity in large sedimentary basins. *Hydrogeology Journal*, 3(4):4-16.
- Tóth J. 1999: Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes, and manifestations. *Hydrogeology Journal*, 7(1):1-14. Also published in Spanish translation: Tóth J 2000) Las aguas subterráneas como agente geológico: causas, procesos y manifestaciones. *Boletín Geológico y Minero*, 111(4):9-26.
- Tóth J. 2009: Gravitational systems of groundwater flow: Theory, Evaluation, Utilization. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 297 p.
- Tóth J., Almási I. 2001: Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. *Geofluids*. 1(1):11-36.
- Tóth J., Millar R.F. 1983: Possible effects of erosional changes of the topographic relief on pore pressures at depth. *Water Resources Research*, 19(6):1585-1597.
- Verweij J.M. 2003: Fluid Flow Systems Analysis on Geological Timescales in Onshore and Offshore Netherlands – With Special Reference to the Broad Fourteens Basin. Netherlands.
- Walker G., Gilfedder M., Evans R., Dyson Ph., Stauffacher M. 2003: Groundwater Flow System Framework: Essential tools for planning salinity management. Murray-Darling Basin Commission, MDBC Publication 15/03. Canberra, Australia.
- Wallick E.I. 1981: Chemical evolution of groundwater in a drainage basin of Holocene Age, East Central Alberta, Canada. *Journal of Hydrology*, 54:245-283
- Wang H.F., Anderson MP 1982: Introduction to Groundwater Modeling. Finite Difference and Finite Element Methods. San Francisco, WH Freeman and Co.
- Williams R.E. 1968: Groundwater flow systems and related highway pavement failure in cold mountain valleys. *Journal of Hydrology*, 6(2):183-193.
- Williams R.E. 1970: Groundwater flow systems and accumulation of evaporate minerals. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 54(7):1290-1295.
- Winter T.C. 1978: Numerical simulation of steady-state, three-dimensional ground-water flow near lakes. *Water Resources Research*, 14:245-254.
- Winter T.C. 1999: Relation of streams, lakes and wetlands to groundwater flow systems. *Hydrogeology Journal*, 7:28-45.
- Zijl W. 1999: Scale aspects of groundwater flow and transport systems. *Hydrogeology Journal*, 7(1):139-150.
- Zijl W., Nawalany M. 1993: Natural groundwater flow. Boca Raton, Florida, U.S.A., Lewis Publishers

A MEDENCELEPTÉKŰ GRAVITÁCIÓS TALAJVÍZÁRAMLÁS ELMÉLETÉNEK RÖVID TÖRTÉNETE

Tóth József

Összefoglalás

A gravitáció által hajtott medenceleptékű áramlási rendszerek elmélete (röviden “regionális áramlási rendszer elmélet”) a Laplace-egyenlet analitikus megoldását alapul véve 1962-1963-ban került bevezetésre (Tóth, 1962, 1963). A számítások során hidraulikus emelkedési magasság eloszlás egy kétdimenziós, trapéz alakú homogén áramtérre lett levezetve, ahol az áramlási irányok merőlegesek az időben állandó ekvipotenciál mezőre. Az áramtér egy hullámos felszínű fél-medence környezet volt. A numerikus szimulációk módszerének születését követően a koncepció jelentős nemzetközi érdeklődést váltott ki és számos olyan numerikus modell született, amely az alap elképzelést továbbfejlesztette: egyre komplexebb geometriájú és permeabilitás-eloszlású medence környezetet, valamint időben változó intenzitású áramlást ábrázoltak. Az első ilyen jellegű vizsgálatok legfontosabb eredményeinek egyike maga az áramlási rendszer koncepció születése volt. Egy áramlási rendszerben a víz a relatíve magasabb beáramlási területek felől a közepesen magas átáramlási területeken keresztül áramlik az alacsony fekvő kiáramlási területek felé, ahol újra a felszínre lép párolgás vagy felszíni megcsapolódás formájában. Mivel az áramlási rendszerek a domborzat különböző léptékű változásaival egyaránt kapcsolatban állnak, ezért hierarchikusan fészkelte áramlási rendszerek alakulnak ki a természetben. A felszín alatti áramlások vázlatos rendszerének megismerése vezetett annak felismeréséhez is, hogy ezek az áramlási pályák fontos felszín alatti szállító útvonalak is egyben. A víz mobilizál, anyagot és hőt vesz fel a beáramlási területekről, majd ezeket szállítja és az alacsony energiájú kiáramlási területeken lerakja (Tóth, 1966, 1999, 2009). Ezáltal a felszín alatti víz földtani hatótényezőként viselkedik. Ennek felismerésével a “regionális áramlási rendszer elmélet” kibővült, és immár két fő elméletet foglal magába: 1/ a medence léptékű áramlási rendszerek hidraulikáját, és 2/ a regionális felszín alatti víz földtani tényező jellegét.

Az elképzelés több mint fél évszázados felismerése után is széles körben vizsgált és alkalmazott egyre szerteágazóbb hidrogeológiai feladatok megoldásában, illetve kapcsolódó tudományterületeken.

Bevezetés

A regionális vízáramlások elméletének gyökerei kétségtelenül akkorra eredeztethetőek vissza, amikor 1956-ban a bevonuló szovjet csapatok elől menekülve végzős geofizikus hallgatóként újrakezdtém tanulmányaimat Hollandiában, Utrechtben. Négy évvel később, 1960-ban PhD kandidátusi fokozattal a zsebemben Edmontonban, Kanadában kaptam állást, a tartományi Research Council of Alberta-nál. Feladatom talajvízkutatás lett volna elektromos szondázás segítségével pre- és posztglaciális betemetett csatornakitöltésekben. Azonban az akkor elérhető módszerek segítségével a fekvőzet és a glaciális üledékek közti fizikai kontraszt nem volt megfelelően kimutatható, így a térképezési munkát leállították. Én pedig ott álltam, mint képzett geofizikus, testhezálló feladat nélkül. Ekkor döntöttem úgy, hogy átképezem magam hidrogeológussá. Előtte sosem hallgattam hidrogeológiát, azonban a munkám során településeket, farmokat és gazdálkodókat kellett, hogy ellássak szakmai tanácsokkal és útmutatással vízkutatás szempontjából. Kollégáim azt ajánlották, hogy vegyem a kezembe Hubbert 1940-es munkáját. Ebből az alapműből (“A talajvíz áramlás elmélete”, vagyis “The theory of ground-water motion”) két alapvető fogalom volt nagy hatással a későbbi munkámra: egyrészt a folyadék potenciál, Φ elve, valamint a vízgyűjtő medencékben zajló felszín alatti vízáramlások mintázatának Hubbert-féle ábrázolása. Ez a vízáramlási kép egy homogén kőzetvázalattal kitöltött, egy központi folyó felé egyenesen lejtő vízgyűjtő medencére vonatkozott (1. ábra; op. cit. Figure 45). Az ábra szerint a medence teljesen felületén beszivárgó víz összes mennyisége a folyó felé áramlik, és annak mentén csapolódik meg, hasonlóan egy öntözőárok működéséhez. Ez az ábra késztetett arra, hogy a kutatási területemen (kb. 120 km x 120 km) megfigyeljem az ott futó négy-öt párhuzamos patak mentén történő megcsapolódást. A folyóvölgyek átlagban 10-15 km szélesek voltak vízválasztótól vízválasztóig, 150-200 m szintkülönbséggel a legmagasabb ponttól a folyóvölgyig, a kitöltő üledék pedig elegendően permeabilis ahhoz, hogy vizet biztosítson ~500-1500 embernek, valamint a csapadék elegendő ahhoz, hogy a talajvíztükör szintjét folyamatosan 3 m-re a felszín közelében tartsa. Hubbert ábrájának áramvonalait figyelembe véve és kombinálva azt a helyi földtani és lejtéviszonyokkal, hatalmas mennyiségű megcsapolódást vártam ezekben a folyókban. Ezzel szemben alacsony folyóvízi hozamot tapasztaltam, gyakran kiszáradt medreket, télen a folyók medrében megfagyott vékony vízhártyát. De akkor mi történhet a sok csapadékból és elolvadó hóból beszivárgó vízzel? A beszivárgás és megcsapolódás mennyisége egyáltalán nem volt egyensúlyban. Hosszas töprengés után azonban egyik nap kigyúlt a fény a fejemben. Ráébredtem, hogy az áramvonalak konvergálása Hubbert ábráján (1. ábra) nem számolással megalapozott eredmény volt, hanem csak egy feltételezés.

Eldöntöttem tehát, hogy meghatározom, hogy merre is folya a víz egy ilyen közegben. Így született meg a véleményem szerinti első olyan analitikus munka, amely kifejezetten a kanadai Préri terület regionális áramlási

rendszereinek megismerését szolgálta (Tóth, 1962). Ez lényegében a Laplace egyenlet analitikus megoldását jelentette a Hubbert-féle hidraulikus emelkedési magasság értékek meghatározásával, $h = z + p/\rho g$, egy lineárisan lejtő áramterületre vonatkoztatva. A legalapvetőbb és legkritikusabb különbség Hubbert áramképe és az én 2D áramképem között (2. ábra) egyértelműen az, hogy a teljes medence területén beszivárgó összes víz nem csupán egy egy-dimenziós megcsapolódási vonal mentén tér vissza a felszínre a folyóvölgyben, ahogy azt a 1. ábra mutatja, hanem eloszlik a medence alsó felének egészén egy kétdimenziós kiáramlási területet kialakítva (2. ábra).

A valóság még pontosabb közelítése érdekében következő lépésként a lineárisan lejtő talajvíztükröt szinuszos felszínnel helyettesítettem (Tóth, 1963; Figure 3). Az ebből született második publikáció azonnal nagy nemzetközi érdeklődést váltott ki bevezetve a "Regionális áramlási rendszerek" teória-együttesének első tagját, a "Medence-léptékű áramlási rendszerek hidraulikája" működésének felismerését.

Medence léptékű gravitációsan vezérelt áramlási rendszerek hidraulikája

A fenti eredmények világszerte nagy érdeklődést váltottak ki a gravitációsan vezérelt áramlási rendszerek elmélete iránt. Az elmélet számos olyan újabb munka létrejöttét inspirálta, melyek analitikus, numerikus vagy kísérleti megoldást alkalmaztak, valamint azokat éppen a kíváncsiság vagy akár a problémamegoldás szükségessége ihletett. A hidraulikus emelkedési magasságok eloszlását és az áramképet egyre bonyolultabb és komplexebb geometriai felépítés, permeabilitás és peremfeltétel kiosztás esetén is kiszámolták, időben állandó és változó esetekre egyaránt. Több, mint fél évszázadot követően ma is egyre növekvő érdeklődés mutatkozik az elmélet és annak továbbfejlesztése iránt. Erre kiváló példa a 2012-ben a Hidrogeológusok Nemzetközi Szervezete ("International Association of Hydrogeologists" (IAH)) által alapított Regionális Áramlási Rendszerek Albizottság létrejötte ("Regional Groundwater Flow Commission" (RGFC)). Az alapkonceptió fejlődését bemutató legfontosabb publikációk: Cardenas and Jiang, 2010; Domenico, 1972; Freeze and Witherspoon, 1968; Gleeson and Manning, 2008; Jiang et al., 2009; Jiang et al., 2010; Jiang et al., 2011; Liang et al., 2010; **Llamas and Cruces de Abia, 1978**; Marklund and Wörman, 2011; Mifflin, 1968; Ortega and Farvolden, 1989; Robinson and Love, 2013; Senger, Fogg and Kreitler, 1987; Tóth, 1995, 2009; Tóth and Millar, 1983; Tóth and Almási, 2001; Wang and Anderson, 1982; Zijl, 1999; Zijl and Nawalany, 1993.

A gravitációs áramlási rendszerek földtani hatótényező szerepe

A korai áramlási rendszer vizsgálatok egyik nem várt eredménye volt annak felismerése, hogy szisztematikus kapcsolat van az áramlási rendszerek egyes szegmensei és a természetben lejátszódó folyamatok és a létrejövő jelenségek között. A természetben zajló hidrológiai folyamatok és azok hatásaival foglalkozó jelentősebb publikációk: De Vries, 1974; Freeze and Cherry, 1979; Galloway, 1978; Garven and Freeze, 1984; Macumber, 1991; Ortega and Farvolden, 1989; Sanford, 1995; Schwartz and Domenico, 1973; Smith and Chapman, 1983; Tóth, 1988, 1999; Verweij, 2003; Winter, 1978. By the 1980's.

Ez a felismerés adja az áramlási rendszerekre vonatkozó elmélet-együttes második tagját, a "regionális áramlási rendszerek, mint földtani hatótényezők" koncepciót.

Okok

A gravitációs áramlási rendszerek földtani hatótényező mivolta két alapvető okból következik, egyrészt (1) a helyben zajló közet-víz kölcsönhatás folyamata, másrészt pedig (2) az áramlások szállító hatása, különböző rendű, hierarchikusan egymásba épülő áramlási pályák mentén. A víz és környezete közti kölcsönhatás nagyon változatos jelenségcsoportokat eredményez, a helyi adottságok által befolyásolva. Az áramló víz pedig folyamatosan képes a keletkezett termékeket szállítani és szétosztani a meghatározott térbeli áramlási pályák mentén. Topográfiai szintkülönbségek által vezérelt áramlások esetében az áramlási mintázat hatásai alapvetően kapcsolódnak az áramlási rendszerek egyes elemeihez. Ez az összefüggés teremt felismerhető és igazolható kapcsolatot ok, azaz vízáramlás; és okozat, azaz természetes állapotok, folyamatok és jelenségek között (4. ábra).

Jelenségek

A felszín alatti víz, mint földtani hatótényező természetes jelenségek széles spektrumát hozza létre, melyek közt van kifejezetten látványos, vagy akár gazdaságilag hasznosítható is. Ide tartoznak a talajcsuszamlások, szikesedés, geotermikus hőmérsékleti mintázatok, üledékes szulfidérc-telepek, uránércesedés, szénhidrogén migráció, weatlandek és a felszíni víztestek eutrofizációja is (Tóth, 1999, 2009).

A medence-léptékű áramlások által létrehozott nagyszámú és szerteágazó jelenség-együttes könnyebb áttekinthetősége érdekében ezeket hat alapszoportba és azon belül néhány alcszoportba osztottam (Tóth, 1999): 1./ Hidrológiai és hidraulikai: a./ helyi vízmérleg; b./ regionálisan befolyásolt talajnedvesség viszonyok; c./ vízszintingadozások. 2./ Kémiai és ásványtani: a./ vizek kémiai összetételének és izotóptartalmának térbeli eloszlása; b./ szikesedési folyamatok; c./ mállás, oldódás, cementáció; d./ ásványdiagenézis. 3./ Növénytani: a./

növényfajok elterjedése; b./ növényzet milyensége. 4./ Talaj- és kőzetmechanikai: a./ talajfolyósodás; b./ talajerózió; c./ lejtőállékonyság. 5./ Geomorfológiai: a./ erózió patak- és folyóvölgyek mentén; b./ karsztfeljlődés; c./ gejzírek és iszapvulkánok; d./ fagyott dombok, pingók, jégmezők. 6./ Szállítás és ülepedés: a./ hőmérséklet-eloszlás; b./ alacsony hőmérsékletű szulfidércesedés; c./ uránércesedés; d./ szénhidrogénmezők, metán kigőzölgések, olajszivárgások; e./ szennyvezérlés.

“A felszín alatti vizek áramlási rendszerének, mint földtani hatótényező szerepével” foglalkozó legfontosabb publikációk: Back, 1960; Batelaan, De Smedt, Triest, 2003; Deming et al., 1992; de Vries , 1974; Domenico and Palciauskas, 1973; Engelen and Kloosterman, 1996; Freeze, 1969; Galloway, 1978; Garven et al., 1999; Hagmaier, 1971; Harvey, Swinhart and Kurtz, **2007**; Jankowski and Jacobson, 1989; Klimchouk, **2007**; Meijerink, 1996; Meyboom, van Everdingen and Freeze, 1966; Saar, 2011; Sanford, 1995; Schwartz and Domenico, 1973; Smith and Chapman, 1983; Stuyfzand, 1993; Tóth, 1966, 1971, 1980, 1999, 2009; Walker et al., **2003**; Wallick, 1981; Williams, 1968, 1970; Winter, 1999.

Összefoglalás

Az 1962-63-ban született két publikáció vezette be a gravitációsan vezérelt áramlási rendszerek elméletét a hidrogeológia tudományába, egy olyan, periodikusan hullámzó felszíni kis vízgyűjtő medence két-dimenziós függőleges keresztmetszvénye mentén bemutatva ezen áramlásokat, melyet homogén kőzetváz épít fel és permanens állapotok uralkodnak. Az elmélet alaptézise a hierarchikusan fészkelte áramlási rendszerek felismerése. Ez a felismerés jelentős nemzetközi érdeklődést keltett, melynek következményeként az elmúlt ötven évben számos tudományos munka fejlesztette tovább az alap-elméletet, egyre komplexebb medence felépítéseket vizsgálva (heterogén és anizotrop közeg, 3 dimenziós tér, tranzienst áramkép, tetszőleges talajvíztükör morfológia esetére). Emellett a regionális hidraulikus folytonosság elméletének bevezetésével a teória alkalmazhatósága kiterjedt nagy vízgyűjtő medencékre is.

A koncepció gyakorlati alkalmazása során vált ismertté a felszín alatti vízáramlások, mint nagy szállítási útvonalak jelentősége. Anyagot és hőt szállítanak az utánpótlási területektől a megcsapolódási területek felé, miközben módosítják környezetükben a pórusnyomást olyan jellegzetes formában és eloszlásban, mely mintázatok teoretikus módon és tapasztalati szinten is jól leírhatók. A szisztematikus rendszerekben áramló víz és környezete közti kölcsönhatás eredményeként nagyon sok változatos jelenségcsoport jön létre a felszínen és a felszín alatt egyaránt. Összességében tehát az elmélet elvezetett azon felismeréshez, hogy a felszín alatti víz földtani hatótényezőnek tekinthető.

Lábjegyzet:

1. A magyar nyelvű fordítás Simon Szilvia munkája.
2. a cikkhez tartozó ábrák és irodalomjegyzék az eredeti, angol nyelvű cikkben található meg.
3. a kivastagított (bold) irodalmakat a szerző kiemelkedően fontosnak tartja!

A DÉL-ATLANTI ÓCEÁN EREDETE

THE ORIGIN OF THE SOUTH ATLANTIC OCEAN

Szatmári Péter

Petrobras, Brazília
szatmari@petrobras.com.br

Abstract

The opening of the Atlantic Ocean was one of the most important events of the Mesozoic; it replaced, together with the Indian Ocean, the Tethys. The first portion to open, in the Jurassic, was the Central Atlantic between North America and Africa. It was followed in the Early Cretaceous by the South Atlantic between South America and Africa. Finally, in the Paleogene, the North Atlantic opened between North America and Europe. The opening of the South Atlantic, as of the Central Atlantic, was preceded by widespread basalts, mostly Hauterivian, this volcanic activity was either the cause or the consequence of continental breakup. The two continents separated by differential rotation about a pole in NE-Brazil. The resulting rift widened southwards and was cut off from the ocean further south by volcanic edifices and crustal fragments. Lacustrine carbonate oil reservoirs deposited in the resulting lake and were covered by salt up to 2 km thick. Opening of the equatorial segment created a connection with the Central Atlantic and established marine sedimentation along the entire ocean since Albian time.

Keywords: Early Cretaceous, Gondwana, rift, Parana basalts, salt, oil

Kulcsszavak: alsó-kréta, Gondwana, rift, Parana basalt, kősó, kőolaj

Bevezetés

Az Atlanti óceán kinyílása a mezozoikum egyik legfontosabb eseménye volt; az Indiai óceánnal együtt váltotta fel a paleozoos Tethyst mint világtenger. Elsőként a Közép-Atlanti óceán nyílt meg a júraban, Észak-Amerika és Észak-Afrika között, a Tethyssel összefüggve; másodikként a Dél-Atlanti óceán az alsó-krétában, Afrika és Dél-Amerika között; utoljára pedig, már a paleogénben, az Észak-Atlanti óceán Kanada-Grönland és Európa között.

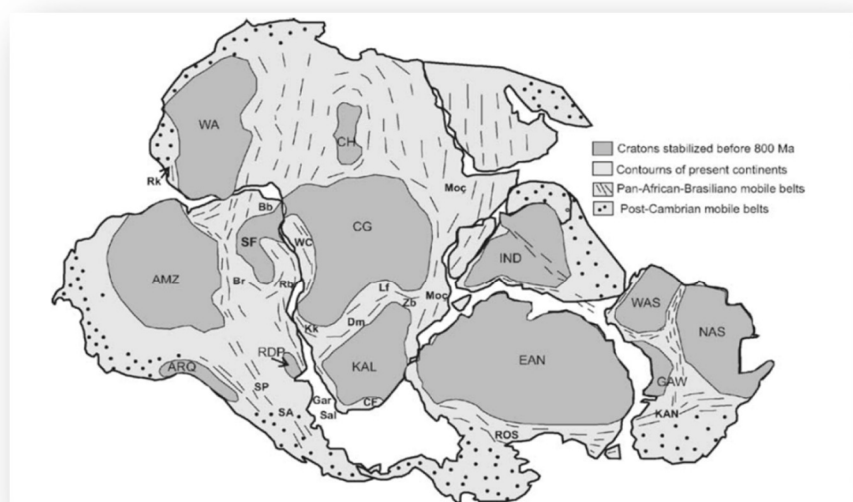
A modern földszemlélet, a kontinensek "vándorlása" és a lemeztectonika kifejlődéséhez a Dél-Atlanti óceán kinyílása adta a legfontosabb érveket, mivel az óceánt szegélyező, szétváló kontinenseken a kambrium óta nem volt később hegységképződés, így a Gondwana szuperkontinens geológiai folytonossága jól térképezhető. Ez erősen eltér a Közép- és az Észak-Atlanti óceántól ahol, az európai és északamerikai geológusok munkája nyomán, a földtörténet és a tectonika elmélete kifejlődött. A Közép-Atlanti óceán afrikai és északamerikai szegélyén a mezozoos Atlanti óceán felnyílása előtt kinyílt és herciniai hegységképződéssel bezáródott a paleozoos Iapetus óceán. A Dél-Atlanti óceán története, amely a hosszú-életű Gondwana szuperkontinens belsejére korlátozódott, megkönnyítette és korán jól tanulmányozhatóvá tette az óceánképződés egész folyamatát. Az érdeklődés megsokszorozódott, amikor 2006-ban a Petrobras felfedezte az óceán alatt a nyugati világ egyik legnagyobb kőolajkészletét, amelynek napi termelése idén már túlszárnyalta a félmillió hordót.

A proterozoos Gondwana szuperkontinens

A Gondwana szuperkontinens főként a késő-proterozoikumban, az Ediacaranumban állt össze, a Rodinia szuperkontinens szétszóródott részeiből. Az 1. ábra mutatja Schmitt et al. (2004) nyomán a proterozoos Gondwanat képező kratonokat; a Dél-Atlanti óceán mentén a legnagyobb kontinens-részek az Amazonas kraton (AM), ami eredetileg egy egységet képezett a Nyugat-Afrikai kratonnal (WA), és a Congo-São Francisco kraton (CSF).

1. ábra. A Gondwana szuperkontinenset képező kratonok és az alsó-paleozoos gyűrődési övek. Schmitt et al. 2008

Figure 1. The cratons forming the Gondwana supercontinent and the Post-Cambrian mobile belts after Schmitt et al. 2004



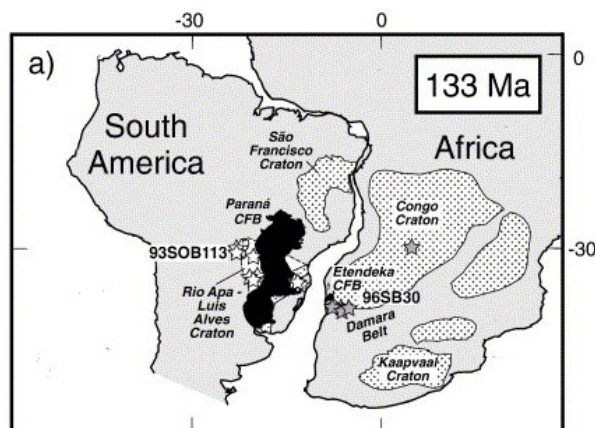
A legfontosabb kollízió az Amazonas – Nyugat-Afriкаи kratonegység összeütközése volt 620–650 millió évvel ezelőtt Gondwana egyéb alkotóelemeivel. Az összeütközési sáv közelében Dél-Amerikát és Afrikát átszelő Transbrasiliano-Hoggar vonal az egész Fanerozóikum alatt mindmáig tektonikailag aktív volt. Bár az ordoviciumig még voltak kisebb lemezrész-összeütközések, Gondwana az egész paleozoikumban egységes maradt és Nyugat-Gondwana (Afrika és Dél-Amerika) így maradt a mezozoikum nagyobbik részében is.

Dél-Amerika és Afrika szétválása az alsó-krétában

134 millió évvel kezdődően a nagy kiterjedésű Dél-Atlanti Parana-Etendeka vulkanizmus vezette be a Dél-Atlanti óceán kinyílását. Bazalt-árak vannak a felszínen a Parana-medencében és az óceán alatt a Campos-Santos medencékben is (2. ábra). Ezek a bazalt-árak részben szárazföldön, részben sekély vízben szilárdultak meg.

2. ábra. Az alsó-kréta dél-atlanti vulkanizmus (Gibson et al. 2006)

Figure 2. Early Cretaceous South Atlantic volcanism. After Gibson et al. 2006



A Parana-Etendeka bazalt vulkanizmussal megkezdődött a két kontinentet szétválasztó rift felnyílása. Ezt a tektonikai folyamatot először Rabinowitz és LaBrecque (1978) értelmezte helyesen. Mivel Bullard 1965-ös rekonstrukciója Afrika és Dél-Amerika szegélye között 7 fokos különbséget mutatott, Rabinowitz és LaBrecque (1978) a két kontinens egymáshoz képesti elfordulásával magyarázta a rift képződését, az elfordulást a dél-afrikai és argentinai óceáni mágneses anomáliák legyezőszerű formájával támasztotta alá. Szatmari és Milani (1999) ezzel az elfordulással értelmezte az ÉK-brazíliai Sergipe mikrolemez kialakulását, a Sinai Mikrolemez analógiájaként (3. ábra). Ezt a szétválási folyamatot tükrözik Scotese (2001) Paleomap képei is, amelyek dél felől mutatják a tenger behatolását. Ez utóbbi azonban nem teljesen felel meg a tényleges ősföldrajzi folyamatnak (Aslanian, Moulin 2012).

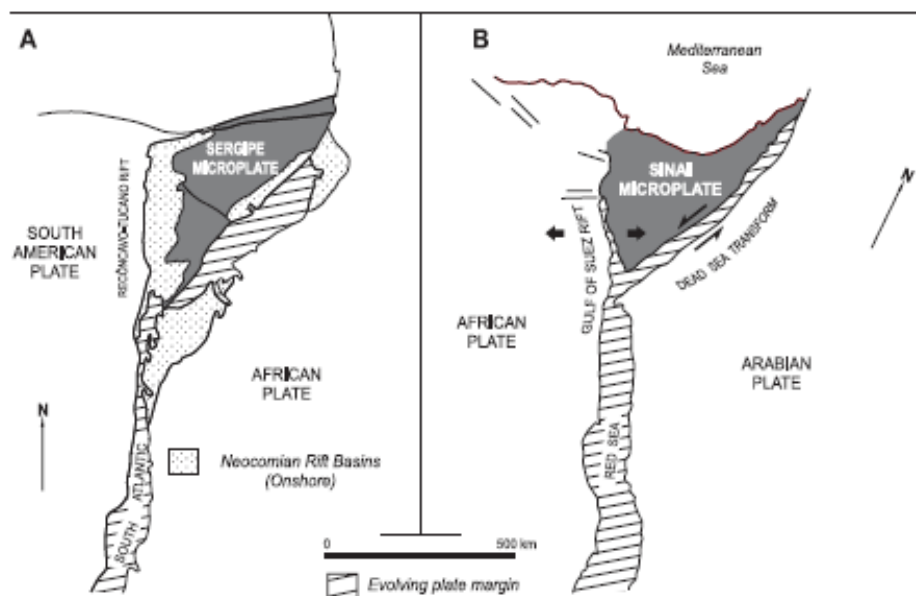


Figure 1. Same-scale pre-drift reconstructions of (A) northeast Brazilian Sergipe and (B) Sinai microplates, based on Gondwana map by DeWit et al. (1988).

3. ábra. Az ÉK-brazíliai Sergipe mikrolemez részleges leválása az alsó-krétában, Dél-Amerika óriási alsó-krétabeli elfordulásakor Afrikához képest, összehasonlítva a hasonló Sinai Mikrolemezrel (Szatmari, Milani 1999)

Figure 3. Formation of the NE-Brazilian Sergipe Microplate as a result of the early Cretaceous clockwise rotation of South America relative to Africa, compared to the analogous formation of the Sinai Microplate (Szatmari, Milani 1999)

Több száz kilométer hosszúságú bazalt dyke-ok és a rajtuk kiáramló bazaltárok elválasztották a Brazília és Afrika között képződött riftet a délről betörni készülő tengertől. Az apti emelet közepéig a rift legdélibb részén már óceán volt, de ettől főrészét bazalt vulkanizmus és egy kontinentális litoszféra-töredék elzárta. Észak felé még nem jött létre a tengeri kapcsolat a Közép-Atlanti óceánnal, így ezen a rift-szakaszon dél felé szélesedő, a jelenlegi észak-amerikai nagy tavaknál is nagyobb édesvízi tó alakult ki. Az alsó-kréta édesvízi rift-medencében előbb főleg törmelékes, folyami és tavi üledékek rakódtak le, ezeket követte az apti korban egy vastag tavi mészkőösszlet.

Az apti korban, kb. 115 millió éve kezdett kinyílni a Dél-Atlanti óceán egyenlitői része, amelyen át ismétlődő periódusokban kezdett beömleni a Közép-Atlanti óceánból a tengervíz, előntve az apti tó medencéjét. A mészkőösszlet lerakódása után az Afrika és Brazília közötti tó vizének sótartalma egyre nőtt. A beömlési periódusok intenzív párolgással és időnkénti kiszáradással párosulva néhány százezer év alatt a föld legnagyobb sóösszletét rakták itt le, amely csaknem egész Braziliát és a szembenfekvő Afrikát szegélyezi és, a rift déli határa felé vastagszik és a Santos medencében kitárul. A só alatti édesvízi mészkőben fedezte fel Petrobras 2006-ban a nyugati világ egyik legnagyobb kőolaj-provinciáját. A só jó hővezető, így megakadályozta, hogy az olajképző kőzetek a gázképződés fázisába menjenek át, míg a só impermeábilis és baktericid volta lehetővé tette az óriás olajtelepek megőrzését.

A sóösszlet nagy területen 1–2 km vastagságú. Főleg kősóból áll, amelyben különböző vastagságú anhidrit és carnallit rétegek vannak. A sóösszlet vastagságát nagymértékben módosította a felső-kréta és harmadkori törmelékes üledéklerakódás: a só a nagyobb nyomású területekről az alacsonyabb nyomásúak felé plasztikusan és törésekkel folyik, magával víve a rárakódott üledékes kőzeteket is.

Az albi emeletben a Közép-Atlanti óceánból beáramló tenger elárasztotta a dél-atlanti rift egészét, előbb tengeri mészkövet, később törmelékes üledékeket rakva le.

Irodalom

- Aslanian, D., Moulin, M. 2012: Palaeogeographic consequences of conservational models in the South Atlantic Ocean. Geological Society, special publication, 369, 75-90.
- Gibson, S.A., Thompson R.N., Day, J.A., Humphris, S.E., Dickin, A.P., 2005: Melt-generation processes associated with the Tristan mantle plume: Constraints on the origin of EM-1: Earth and Planetary Science Letters v. 237, p. 744– 767;
- Heine, C., Zoethout, J., and Müller, R.D., 2013: Kinematics of the South Atlantic rift: Solid Earth, v. 4, p. 215–253, doi:10.5194/se-4-215-2013.
- Magnavita, L. P., Dehler, N. M., Zalán, P. V., Sant'anna, M.V., Severino, M. C. G., Gomes, L. C. 2011: Kinematics of the Cretaceous rift along the eastern Brazilian margin. Gondwana 14, Búzios, Brazil
- Rabinowitz, P.D., LaBrecque, J., 1979: The Mesozoic South Atlantic Ocean and evolution of its continental margin.: Journal of Geophysical Research, Solid Earth, v. 84, p. 5973-6002.
- Schmitt, R.S., Hartwig E. F., Thomas R. Fairchild, eds. 2008: Neoproterozoic – Early Paleozoic events in Southwest Gondwana. Gondwana Research Vol. 13, p. 435-538
- Szatmari, P., Milani, E.J., 1999: Microplate rotation in northeast Brazil during South Atlantic rifting: Analogies with the Sinai microplate. Geology, December, 1999, v. 27, p. 1115-1118.
- Szatmari, P. 2012: South Atlantic rifting: continental rotation, hotspot volcanism and salt deposition. EGU, Vienna, Austria, 2012.

A program feltárta, hogy a sikeres ásványi nyersanyag és energiaforrások kutatásához elengedhetetlen a kontinentális kéreg és néhány esetben a teljes litoszféra felépítésének és fejlődésének a megértése. A regionális földtani és tektonikai felépítésen és folyamatokon kívül, azok kapcsolatainak és hatásainak a vizsgálata a lelőhelyek kialakulására lényeges része volt a projektnek. A regionális mélyszeizmikus szelvények határozottan különböző geológiai környezetet kutattak. Amikor a kutatás bányaterület, vagy aktív ásványi nyersanyag termelés területére ért mindig kerestük az ipar közvetlen támogatását és együttműködését.

A program sikerének és hatékonyságának bemutatása céljából példákat mutatunk be arra az átfogó LITHOPROBE, intézményi és ipari együttműködésre, amely a Trans-Hudson Orogen (THO) területére terjedt ki (*1.a ábra*). Ez a paleoproterozoos ütközési zóna és az Athabasca medence, amelyek a kontinentális kéreg képződmény nyugati szegélyén helyezkednek el számos igen magas uránium tartalmú érc telepnek ad helyet. A LITHOPROBE projekt regionális mélyszeizmikus reflexiós szelvényei és a McArthur River bányaterületen később hozzájuk kapcsolódó lokális szeizmikus kutatások leképezték a földkérget a Moho mélységéig. Az eredményül kapott integrált 3D képek felfedték az érc telep és a tektonikus konvergencia következtében kialakult földtani-szerkezeti rendszer közötti kapcsolatot. A térképezett komplex vető rendszerek azt mutatják, hogy a folyadék áramláshoz és az azzal kapcsolatos érc dúsuláshoz szükséges migrációs útvonalat korábbi repedezett zónák tektonikai felújulása és extenziója szolgáltatta. A nagy felbontású 2D és pszeudo 3D reflexiós eredmények rámutattak arra, hogy a fő inverz vetőhöz (P2) transzkurrens vetők kapcsolódnak és az érc telep egy ilyen találkozási pontnál helyezkedik el. A mélyfúrás-geofizikai adatok (sebesség, sűrűség, porozitás, stb.) jelenleg folyó analízise szerint az ércesedési zónához kapcsolódó földtani-szerkezeti keret leképezésén kívül a másik elsődleges indikátor, azaz a hozzájuk kapcsolódó megváltozott kőzetfizikai tulajdonságú zóna (alteration halo) is kimutatható a szeizmikus adatok attribútum analízisével.

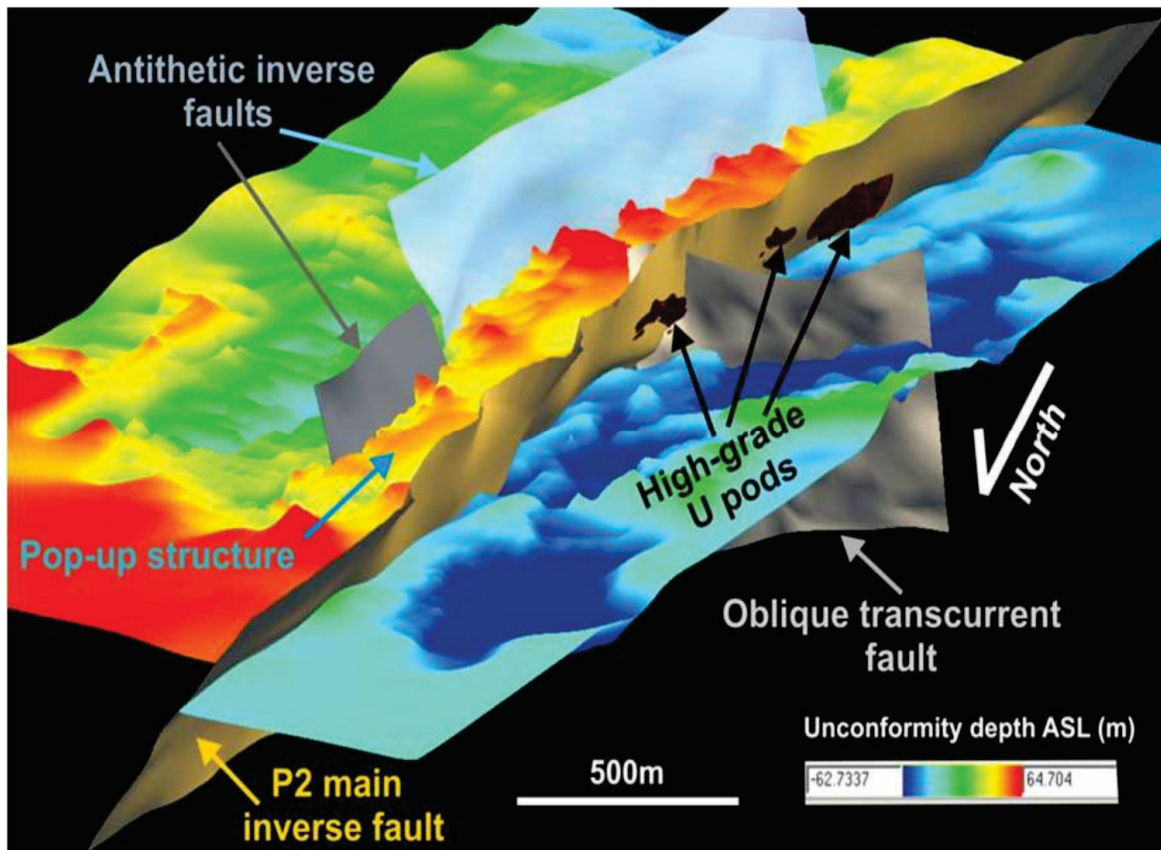
Földtani környezet

A paleoproterozoos Trans-Hudson Orogen (THO) egy olyan kontinentális méretű ütközési öv maradványa, amely számos archaikumi kratont alakított ki és érintett különböző mértékben a Laurentia fejlődése során. Saskatchewan tartomány déli részétől észak Quebec-ig és a Baffin szigetekig terjed. A LITHOPROBE projekt Trans-Hudson Orogen Transect-je (THOT) a THO Manitoba-Saskatchewan szegmensének litoszférikus szerkezetét vizsgálta (Hajnal et al. 2005), amelyben az archaikumi Superior, Hearne és Sask kratonok helyezkednek el, valamint a közöttük lévő paleoproterozoos kőzetek. Az orogén öv belsejét a Reindeer Zone alkotja számos lito-tektonikus doménnel, amelyek többsége jelentős litoszférikus szeizmikus képpel bír és így figyelemreméltó három dimenziós képet nyújt a világ egyik legjelentősebb és legjobban megőrződött paleoproterozoos orogén övéről.

A keleti Athabasca medence alatti aljzat (*1.b ábra*), a Hearn és Rae kratonok jelentősen deformált, ÉK irányított, középestől erős fokig metamorfizált, archaikumtól a paleoproterozoos korig terjedő kőzeteiből épül fel. A Hearn provincia tovább osztható a Mudjatik és Wollaston doménekre (Lewry és Collerson 1990). A nyugati Athabasca medence aljzata kevésbé ismert. A medencekitöltő mezoproterozoos üledékes kőzetek (*1.c ábra*) a változó vastagságú (0-90 m) negyedidőszaki glaciális hordalékok alatt helyezkednek el. A medencekitöltés laposan települt (legnagyobb vastagsága ~ 1800 m) és kvarcban gazdag, fluviális konglomerátum, homokkő és agyagkő szekvenciákat tartalmaz tektonikusan metamorfizált, erodált képződményekre rakódva. Az aljzat unkonformitására (UC) települt regolith réteg változó vastagságú (0-70 m) és általában kapcsolatban van az érc telepekkel. A homokkő és az alatta lévő aljzat kőzetei számos töréses deformációs eseménynek voltak kitéve, beleértve korábbi képlékeny deformációk (gyúrt szerkezetek) töréses kiújulását (nyírási zónák). Az eredményekkel kapcsolatos publikációk teljes listája (kb. 140 cikk) a LITHOPROBE web oldalán érhető el (www.lithoprobe.ca/publications).

Szeizmikus kutatások

A szeizmikus felmérés összesen kb. 2000 km mélyszeizmikus reflexiós szelvényt (*2. ábra*), számos helyi kutatáshoz kapcsolódó nagy felbontású 2D szelvényt és egy pszeudo 3D mérést, valamint három egyenként több mint 700 km hosszúságú refrakciós vonalat foglalt magában. Az adatgyűjtési paraméterek Hajnal et al. (2005, 2010) publikációiban vannak összefoglalva. A Sask Craton mikro-kontinens felfedezése a THO középső régiójában intenzív gyémánt kutatási tevékenységet eredményezett. A Line-9 mélyszeizmikus szelvény nyugati részén észlelt, NY felé dőlő erős reflexiók azt demonstrálják, hogy az orogén nyugati szegélye egy szubdukciós folyamat eredménye. Regionális léptékben a konvergencia zóna egy ÉK irányított mágneses és geoelektromos anomáliával esik egybe, ami lehetőséget nyújtott a litoszféra további vizsgálatára több száz kilométerrel északra (S2B szelvény). A McArthur River bányaterület környezetében mért Line-A és Line-B mélyszeizmikus szelvények (EXTECH-IV projekt) megalapozták a kapcsolatot az uránium ércesedési zóna és a konvergáló tektonikai szegélyek között. A reflexiós szelvényeken sikerült leképezni azt a közvetlenül felszín alatti, DDK felé dőlő, több mint 2 km szélességű nyírási zónát is (P2), amely migrációs útvonalat szolgáltattott az érc telep kialakulásához szükséges, megfelelő mennyiségű folyadék áramlásához. Fentiekén kívül részletes képet nyertünk egy "rejtélyes", laterálisan

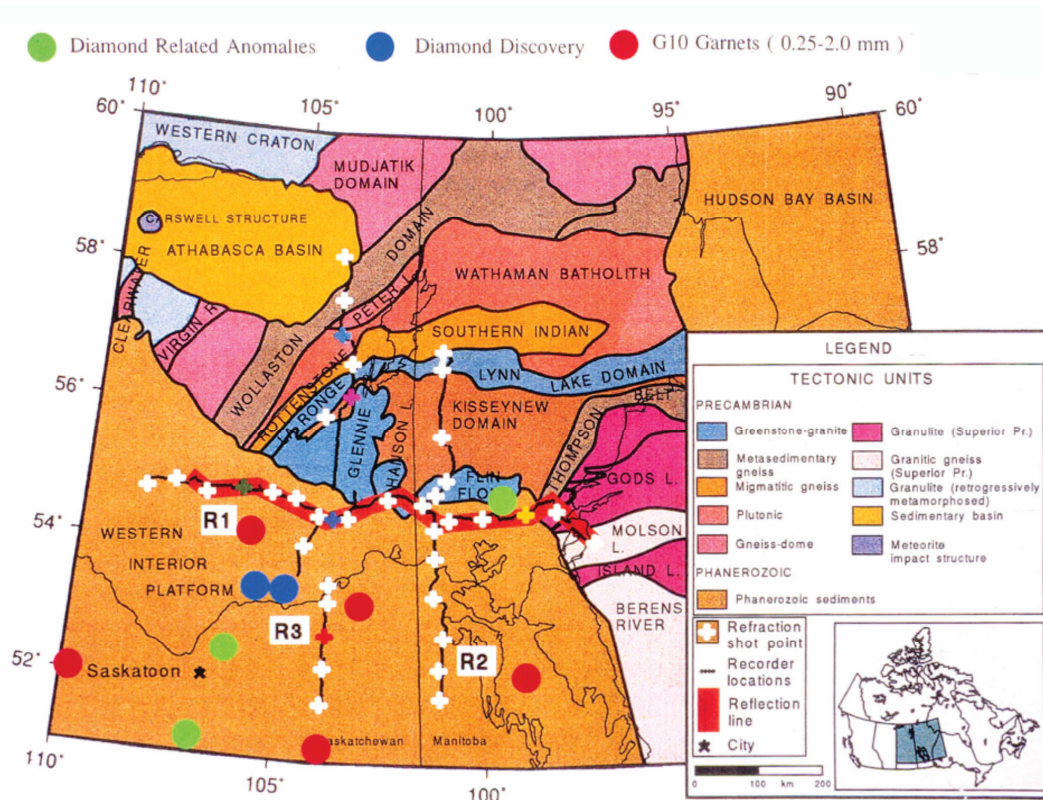


3. ábra. A homokkő-aljzat unkonformitás (UC) 3D képe – McArthur River bányaterület

Figure 3. 3D image of the unconformity (UC) – McArthur River mine district

A McArthur River uránium telep felett végzett pszeudo 3D szeizmikus mérés a homokkő-aljzat unkonformitás (UC) szerkezeti egységeit tárta fel (3. ábra). Mindegyik felismert töréses szerkezeti elem feltolódásos mozgásokkal jellemezhető, a vetők dőlése a középestől a közel vertikálisig változik. A UC felszínének 3D megjelenítése bemutatja annak kapcsolatát az összetett vető rendszerekkel, a feltolódásos vetőket a P2 repedezett zóna felett, illetve az uránium test(ek) közvetlen környezetének szerkezeti viszonyait. A helyi kiemelkedésekkel és süllyedékekkel jellemezhető, szeizmikus mérésből meghatározott UC felszín néhány méteres pontossággal megegyezik a termelés során kapott adatokkal.

A Saskatoontól kb. 200 km-re északra elhelyezkedő kimberlit előfordulások (White and Kjarsgaard 2012) jelentős gyémánt kutatási tevékenységet váltottak ki. A “gyémánt indikátorok” keresése eredményeképpen számos kedvező tulajdonságú, földtanilag és geofizikailag anomális területet sikerült felfedezni (4. ábra). Mindezek a jelek azonban “rejtélyesek” voltak, mivel a proterozoos orogén övön belül helyezkednek el. Ez ellentmondás volt, mivel az ismert gyémánt előfordulások földtani környezete stabil, ősi kraton, vastag kéreggel és merev litoszférikus köpennyel. Az archaikumi Sask Craton (lásd 2. ábra) felfedezése az anomális területek középső zónájában azonban további lendületet adott a kutatások folytatásához. A LITHOPROBE refrakciós felmérést ipari támogatással újra terveztük úgy, hogy a kéreg akusztikus tulajdonságain kívül a Sask Craton alatti köpenyből is kapjunk hasonló információt. A robbantásonként (fehér kereszt az ábrán) ~ 3 tonna dinamittal észlelt három, egyenként több mint 700 km hosszúságú refrakciós szelvény egy kb. 50 km mélységig lehatoló kéreg gyökeret határolt le anomális P-hullám sebességgel a felső köpenyben. Az anizotrópia következtében ez maximum 8,6 km/s volt É-D irányban és minimum 8,1 km/s K-Ny irányban. A mai napig 72 kimberlit tölcseért fedeztek fel a kutatott területen nagy felbontású légi mágneses mérések segítségével, amelyek közül számos gyémánt tartalmúnak bizonyult.



4. ábra. A refrakciós robbantópontok nyomvonala (fehér keresztekkel jelölve)

Figure 4. Refraction shot points marked with white crosses

Összefoglalás

- A regionális mélyszeizmikus szelvényekkel leképzett litoszféra szerkezetek az ásványi nyersanyag bányászat számára perspektivikus területeket határoltak le.
- A lokális, nagy felbontású kutatások definiálták a felszín alatti szerkezeteket, az ásvány telepek kialakulásának egyik elsődleges indikátorát. Az aljzati unkonformitás (UC) és a vető rendszerek térképezése értékes információt nyújtott a bányászati műveletekhez.
- A kőzetfizikai paraméterek és a szeizmikus attribútumok diagramjai (cross-plotok) kijelölték az ásvány telepek képződésének másik fontos indikátorát, a megváltozott kőzetfizikai tulajdonságú zónát (alteration halo).

Irodalom

- Clowes, R.M. 2010: Initiation, development and benefits of Lithoprobe – Shaping the direction of Earth science research in Canada and beyond, *Can. J. Earth Sci.*, 47, 291-314.
- Hajnal, Z., K.M. Ansdell and K.E. Ashton 2005: Introduction to special issue of Canadian Journal of Earth Sciences: The Trans-Hudson Orogen transect of Lithoprobe, *Can. J. Earth Sci.*, 42, 379-383.
- Hajnal, Z., D.J. White, E. Takacs, I. Gyorfi, I.R. Annesley, G. Wood, C. O'Dowd and G. Nimeck 2010: Application of modern 2D and 3D seismic-reflection Techniques for uranium exploration in the Athabasca Basin, *Can. J. Earth Sci.*, 47, 761-782.
- Lewry, J.F. and K.D. Collerson 1990: The Trans-Hudson Orogen: Extent, subdivision and problems, In *The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America. Edited by J.F. Lewry and M.R. Stauffer*, Geological Association of Canada, Special Paper 37, 1-14.
- Mandler, H.A.F. and R.M. Clowes 1997: Evidence for extensive tabular intrusions in the Precambrian shield of western Canada: A 160-km-long sequence of bright reflections, *Geology*, 25(3), 271-274.
- White, D.J. and B.A. Kjarsgaard 2012: Seismic delineation of the Orion South kimberlite, Fort a la Corne, Canada, *Geophysics*, 77, WC191-WC201.

AZ ÁSVÁNYI NYERSANYAGKUTATÁS HELYZETE ÉS LEHETŐSÉGEI AZ EURÓPAI UNIÓBAN

THE CURRENT SITUATION AND FUTURE OPPORTUNITIES OF MINERAL EXPLORATION IN THE EUROPEAN UNION

Molnár Ferenc

*Finn Geológiai Szolgálat,
ferenc.molnar@gtk.fi*

Abstract

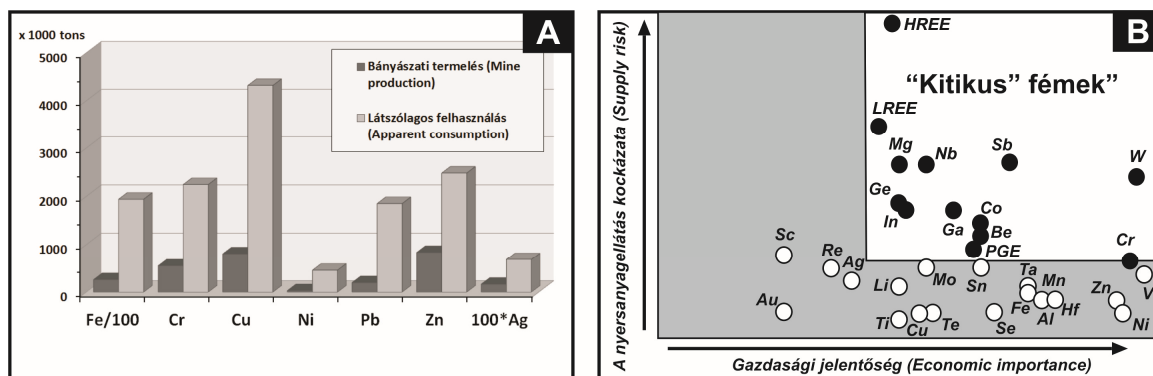
The industry of the EU is highly dependent on imported raw materials and the situation with the supply of a number of minerals and metals became critical in the past decade. Therefore the EU recently has been enhanced the support to research, exploration and technological development in the mining sector in order of the better use of existing european mineral resources and to discover new resources. The geological built up of Europe provides excellent opportunities of mineral exploration in each segments of the EU but the environmental and societal circumstances allow exploration for deep seated ores in many areas. The new exploration efforts are based on new mineral system concepts, geo-models and methods developed by cooperation between academy and industry. In these projects, the experiences gained from exploration of deep seated Hungarian ore systems (Recsk – Cu-porphyry and skarn, Mecsek – uranium ore) should be better used.

Keywords: European Union, raw materials, ores, critical metals, mineral exploration

Kulcsszavak: Európai Unió, nyersanyagok, ércek, kritikus fémek, nyersanyagkutatás

Bevezetés

A nagyfokú urbanizáció, a mezőgazdasági területek és a még meglévő eredeti ökoszisztémák védelmének fokozódó társadalmi igénye, az újrahasznosítás fejlődése, és nem utolsósorban a világpiacon beszerezhető nyersanyagok viszonylag alacsony ára miatt az ipar hagyományos bázisát jelentő ércbányászat az Európai Unió (EU) számos országában jelentősen vissza-szorult, sőt feladásra került a 20. század végére. Napjainkban azonban az európai ipar fenntartható fejlődése veszélybe került a kontinensen kívüli nyersanyagbázisok hozzáférési lehetőségeinek beszűkülése miatt, mivel olyan olcsó munkaerővel és gazdasági súllyal rendelkező versenytársak jelentek meg a nyersanyagpiacon (pl. Kína), melyek tudatosan törekednek az ásványi nyersanyagok és elsősorban a fejlett technológiájú termékek előállításához nélkülözhetetlen fémek piacának ellenőrzésére. Ennek eredményeképpen az EU jelenleg olyan kihívásokkal szembesül, amelyek az ásványi nyersanyagok kutatása és kiaknázása terén a 20. században kialakult szemlélet és gyakorlat felülvizsgálatát igénylik. Ez tükröződik az EU 2008-ban megfogalmazott új nyersanyagpolitikai stratégiájában (Raw Materials Initiative; EC COM 2008). Ennek megfelelően a 2014-2020 közötti időszakban a Horizon-2020 és az egyéb kapcsolódó, illetve párhuzamos projekteken belül az Európai Unió kiemelten támogatja az ásványi nyersanyagok kutatása, feldolgozása és innovatív ipari felhasználására irányuló alap- és alkalmazott kutatásokat, figyelembe véve a nyersanyagok újra-hasznosításának, illetve - amennyiben a környezetvédelmi és gazdasági szempontok ezt igénylik és lehetővé teszik - akkor azok egyéb mesterséges anyagokkal való kiváltásának lehetőségét is. E kérdések vizsgálata elsősorban az ún. „kritikus” nyersanyagok terén égető szükséglet, de emellett a hagyományos színes- és nemesfém ércek kutatása és kitermelése terén sem elhanyagolható a probléma jelentősége. A kérdéskör fontosságát az is jól tükrözi, hogy az EU iparának az ásványi nyersanyagellátás által befolyásolt termelési szektorai 30 millió alkalmazottat foglalkoztatnak, és mintegy 1300 milliárd euró termelési értékkel rendelkeznek (Euromines, 2010).



1. ábra. A fémek felhasználása és „kritikussága” az EU iparában. A – néhány gazdaságilag fontos fém felhasználásának és bányászott mennyiségének viszonya. A látszólagos felhasználás az export által csökkentett mennyiséget jelenti (BRGM, 2008). B – A „kritikus fémek” az EU gazdaságának 2014-es állapota szerint (EC COM, 2014)

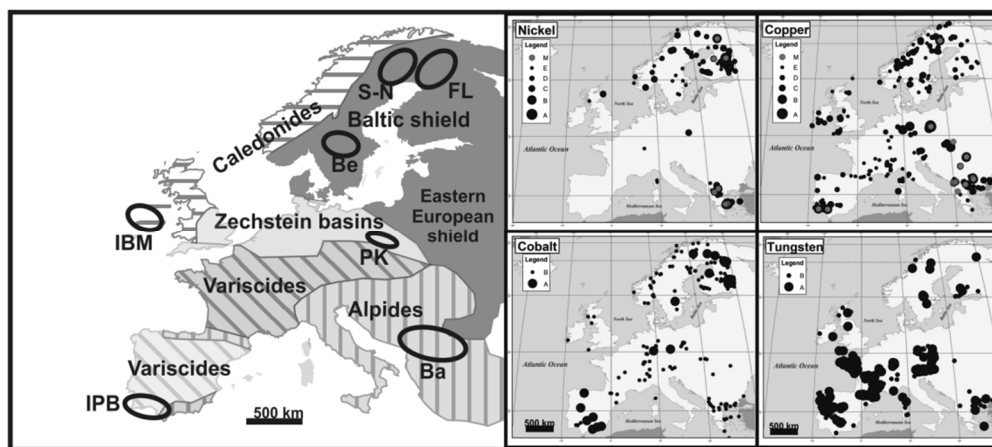
Figure 1. Consumption and „criticality” of metals in the industry of EU. A – consumption and mine production of some selected economically important metals (BRGM, 2006). The apparent consumption is the quantity of consumed metals after deduction of export (BRGM, 2006). B – the „critical metals” according to the state of economy in the EU in 2014 (EC COM, 2014)

Az un. „kritikus” fémek az Európai Unióban

Az érceknek (fémeknek) és egyéb iparilag hasznosítható ásványi nyersanyagoknak az Európai Unió belüli „kritikusságát” a nyersanyag feldolgozásával létrehozott termék GDP-arányos értéke továbbá a nyersanyag-ellátás kockázata határozza meg (EC COM, 2010; EC COM 2014). Az utóbbi paraméter különösen lényeges, mivel a legtöbb fém, illetve azok ásványi nyersanyaga szempontjából az EU jelentős, esetenként akár 100%-os behozatalra szorul (1a. ábra). A nyersanyagellátás kockázata az egyes nyersanyag-típusokra számszerűsíthető, amennyiben a nyersanyagforrás országok szerinti koncentrációját összevetjük az e területekre vonatkozó un. „Jó Állam Index” (World Governance Index) értékeivel. A nyersanyagok forrásának koncentrációját az un. Herfindahl-Hirschman index számítása alapján határozható meg (U.S. Department of Justice and FTC, 2010). A „Jó Állam Index” magában foglalja a társadalmi aktivitás és beszámoltathatóság, a politikai stabilitás, a terrorizmus, a kormányzati hatékonyság, a jogszabályok és a jogállamisági elv érvényesülésének, továbbá a korrupció helyzetének értékelését (Kaufmann et al., 2010). Az EU szakértői munkacsoportja a fenti szempontok szerinti felmérést 2010-ben végezte el első ízben, és az eredmények érvényességét időről-időre felülvizsgálja. A fémekre vonatkozó 2014-es állapotot szemlélteti az 1b. ábra.

Az európai nyersanyagkutatás helyzete és Európa legjelentősebb ércprovinciái

Az EU nyersanyagellátásának nagyfokú függése az importtól lényegesen csökkenthető amennyiben az érc és egyéb ásványi nyersanyagok termelése fenntartható módon növelhető az unió tagállamain belül. Ez a szükséglet a meglévő készletek gazdaságosabb kiaknázása mellett csak új ásványi nyersanyag telepek felderítésével és művelésbe vonásával elégíthető ki, bár ez a helyzet a 21. sz. végére – az újrahaznosítás és a helyettesítő anyagok szélesebb körű elterjedésével – várhatóan változni fog. Tehát még mindig időszerű az európai ásványi nyersanyag potenciál új szempontok alapján történő felmérése és a már ismert nyersanyaglelőhelyek mellett új, eddig még nem kutatott érc- és egyéb nyersanyag típusok felderítése. Ebből a szempontból Európa igen kedvező helyzetben van, mivel a nagy múltra visszatekintő bányászati tevékenység és földtani kutatás eredményeképpen létrejött jelentős adatbázisok jó alapot nyújtanak a nyersanyag potenciál új szempontok szerinti értékelésére. Erre jó példát mutatott az EU támogatásával 2009-2013 között folyó ProMine projekt (<http://promine.gtk.fi>). A további kutatásokat az is ösztönzi, hogy Európa földtani adottságai igen kedvezőek az ásványi nyersanyagok és ezen belül érc kutatására. Az ásványi nyersanyagtelepek képződése nem véletlenszerű folyamatok eredménye, hanem a földtörténet nagy ciklusai során ismétlődően előforduló hasonló földtani környezetek és rendszerek, azaz végső soron a lemeztektonika törvényszerűségei által meghatározott eseménysorok eredménye. Számos érc típus képződése kapcsán kimutatható ez az időbeli ciklikusság (Goldfarb et al., 2010). Európa mai földtani felépítése az Archaikumtól kezdődően négy fő hegységképződési ciklus révén alakult ki, és ennek megfelelően a legjelentősebb, ma is művelt ércesedéseket hordozó ércprovinciák a Svecofenniai, a Kaledóniai, a Variszkuszi és az Alpi kollíziós zónákban helyezkednek el (2. ábra). Az, hogy e kollíziós zónák egymástól némileg eltérő ércpotenciállal rendelkeznek jórészt a korszakokból adódó különböző lepusztulási mélységekkel magyarázható.



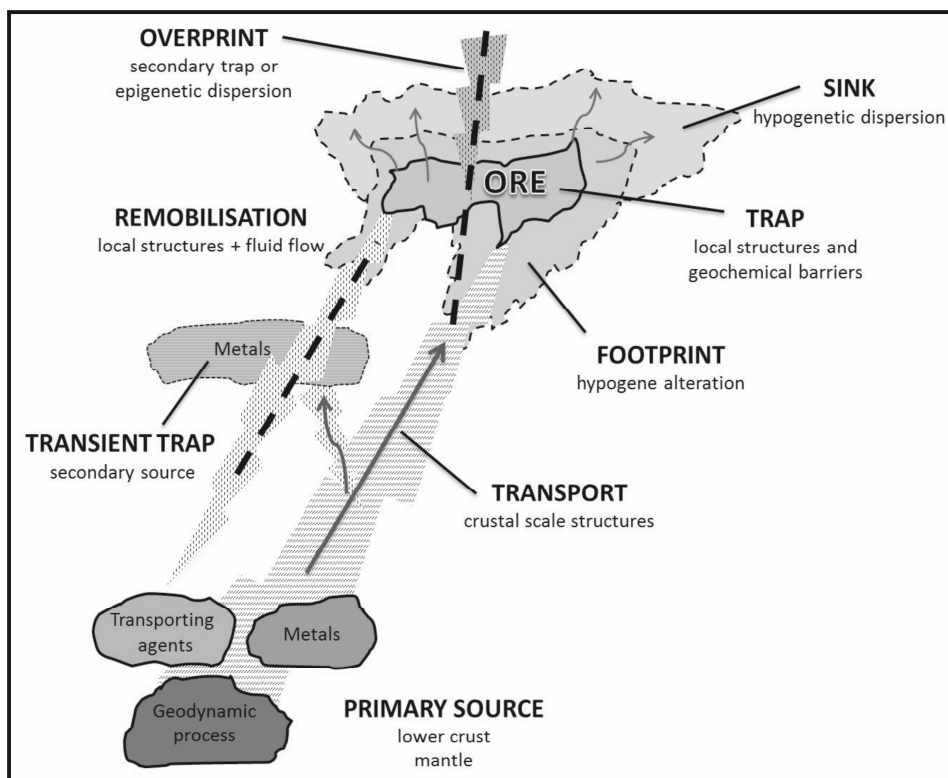
2. ábra. Európa egyszerűsített szerkezeti felépítése a legjelentősebb aktív bányászati területekkel (FL – Finn Lappföld, S-N – Skellefte-Norbotten, Be – Bergslagen, IBM – Ír Szinesfém Zóna, IPB – Ibériai Pirit Zóna, PK – Lengyel Rézpala, Ba – Balkán), és néhány gazdaságilag jelentős (Ni, Cu), illetve „kritikus” fém érceinek előfordulása. [A, B, C stb. az előfordulás jelentősége]. Nurmi, Molnár (2014) alapján módosítva

Figure 2: Structural sketch map of Europe with locations of the most important active mining areas (FL – Finnish Lapland, S-N – Skellefte-Norbotten, Be – Bergslagen, IBM – Irish Base Metal Belt, IPB – Iberian Pyrite Belt, PK – Polish Kupferschiefer, Ba – Balkan) and occurrences of economically important (Ni, Cu), as well as „critical” metal ores (A, B, C, etc. – importance of occurrence). Modified after Nurmi, Molnár (2014)

Az ásványi nyersanyagok és ezen belül az ércek kutatása és kitermelése azonban tökeigényes és kockázatos tevékenység, ezért a kedvező földtani adottságok mellett egyéb gazdasági és környezetvédelmi szempontok is befolyásolják egy adott terület megkutatására és bányászati fejlesztésre történő kiválasztását. A kutatási és bányászati befektetés kockázatát csökkenti az, ha a célterület országában a politikai, jogszabályi és intézményi háttér átláthatóan, ellenőrizhetően és számonkérhetően, az adott ország természeti erőforrás gazdálkodására vonatkozó stratégiájával összhangban és kiszámíthatóan működik. E tényezők felmérését a világ jelentősebb nyersanyag kutatási és bányászati tevékenységgel jellemzett országaira vonatkozóan évente elkészítik (Wilson, Cervantes 2014). A politikai háttér szempontjából Svédország a világelső, míg Finnország a második helyen szerepel, de Írország és Norvégia is az első tíz ország között rangsorolt. A geológiai adottságok és a nyersanyagkutatás-bányászat jogi intézményi hátterének tekintetében az európai országok közül Finnország (21. hely) és Svédország (27. hely) szerepel az élmezőnyben. Mindezek alapján nem meglepő, hogy 2011-ben az európai ásványi nyersanyagkutatásra fordított kiadások összege elérte a 400 millió eurót. Ebből 288 millió eurót a Svédország, Finnország, Norvégia, Dánia (Grönland) és Lengyelország területén folytatott kutatásokra költöttek (Mining Journal 2012).

Az érckutatás legújabb elméleti és gyakorlati szempontjai

A kedvező földtani, gazdasági és politikai adottságok mellett a modern érckutatás sikeressége nagymértékben függ a kutatás alapkonceptiójától. A hagyományos elméleti-módszertani megközelítések, érthető gazdaságossági megfontolások alapján, elsősorban a felszínen, vagy kismélységben előforduló nyersanyagok felderítésére irányultak. Azonban a fémek ásványi nyersanyagok árának ugrásszerű növekedése, továbbá a kutatási és termelési módszerek fejlődése, és nem utolsósorban a kutatás és bányászat környezeti hatásainak csökkentési igénye ma már a nagymélységű (1.5–2 km) nyersanyagtelepek felderítését is lehetővé, illetve szükségessé teszi. Ez a megközelítés az érctelepek képződési folyamatainak rendszer-szemléletű megértését igényli (McCuaig et al., 2010). Egy ércképződési rendszer átfogó értékelése magában foglalja az ércesedés komponenseinek eredetét és elsődleges migrációs útvonalaira, a műrevaló érc felhalmozódásához vezető geokémiai folyamatokra, valamint az ércalkotók remobilizációs folyamataira, illetve tágabb értelemben az érctelepre ható utólagos földtani folyamatokra vonatkozó elemzést (3. ábra). Az ércképződési rendszer így meghatározott modellje alapján megadhatók azok a kulcsparaméterek, melyek geofizikai (főként elektromágneses és gravitációs) módszerekkel észlelhetőek és e paramétereknek a célterületre vonatkozó három- és négydimenziós földtani modellekbe való beépítése révén tervezhető a részletesebb geofizikai és fűrészes kutatás. A nagymélységű kutatás ez utóbbi módszerek fejlesztését is igényli, mely az ércek esetében gyakran a szénhidrogének kutatásában alkalmazott módszerek adaptációját és továbbfejlesztését jelenti (pl. nagy felbontóképességű 3D szeizmikus módszerek fejlesztése).



3. ábra. Az ásványi nyersanyagtelepek általánosított rendszer-szemléletű modellje

Figure 3. A generalized mineral system model

Összefoglalás és következtetések

Az EU iparának fenntartható fejlődése érdekében az ásványi nyersanyagok és főként az ércek kitermelhető készleteinek további felderítése szükséges az unió tagállamaiban. Ennek érdekében a 2014-2020 közötti időszakban az EU jelentős összegeket fordít az európai ásványi nyersanyagokkal kapcsolatos innovatív kutatások támogatására. A gazdaságossági, környezetvédelmi, újra-hasznosítási és nyersanyag-kiváltási lehetőségek előtt tartásával új nyersanyag kutatási koncepción alapuló földtani modellek és gyakorlati kutatási módszerek kidolgozása szükséges, melyek lehetővé teszik nagymélységű érctelepek feltárását. E cél elérése érdekében a magyarországi nyersanyag-kutatási tapasztalatok a nagymélységű recski profiros és szkarn rézérc, továbbá a mecseki uránérc kapcsán a jelenleginél jelentősebb szerepet kell, hogy kapjanak.

Irodalom

- BRGM, 2011, World mining and metals yearbook, Edition 2008. Societé de L'industrie Minérale, Paris, France. 301 p.
- EC COM, 2008, The raw materials initiative – meeting our critical needs for growth and jobs in Europe. European Commission, 13 p.
- EC COM, 2010, Critical raw materials for the EU. European Commission, 83 p.
- EC COM, 2014, Report on critical raw materials for the EU – May 2014. European Commission, 41 p.
- Euromines, 2010, Annual report 2010. 20 p.
- Goldfarb, R.J., Bradley, D., Leach, D.L. 2010, Secular variation in economic Geology. Economic Geology, 105, pp. 459-465.
- Kaufmann, D., Kraay, A., Mastruzzi, M., 2010, The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues (September 2010). World Bank Policy Research Working Paper No. 5430. 28 p.
- McCuaig, T.C., Beresford, S., Hronsky, J., 2010, Translating the mineral system approach into an effective exploration targeting system. Ore Geology Reviews, 38, pp. 128-138.
- Mining Journal 2012, A record breaking year – The hunt for Europe's reserves is attracting money from accross the globe. Mining Jurnal, March, pp. 13-16.
- Nurmi, P., Molnár, F., 2014, The future of metal minerals mining in the EU. European Geologist, 37, pp. 12-19.
- U.S. Department of Justice and FTC, 2010, Horizontal merger guidelines. 34 p.
- Wilson, A., Cervantes, M., 2014, Survey of Mining Companies 2013. Fraser Institute Annual. Vancouver, Canada. 133 p.

THE ROȘIA MONTANĂ ORE DEPOSIT

A VERESPATAKI (ROMÁNIA) ÉRCESEDÉS

Szentesy Csilla

Roșia Montană Gold Corporation, Románia
cecilia.szentesy@rmgc.ro

Abstract

The Rosia Montana gold deposit is located in the historical gold mining district known as the Golden Quadrilateral within the Apuseni Mountains of Transylvania in western Romania. Historical gold mining has occurred at Rosia Montana since pre-Roman occupation of the area during the Dacian period over 2000 years ago. Gold at Rosia Montana occurs within an intermediate-sulphidation style epithermal mineralized system, hosted in Tertiary age dacitic intrusions and associated phreato-magmatic breccias. The diatreme is situated within an area dominated by Cretaceous shallow marine and deltaic sediments. Recent exploration of the deposit by Gabriel Resources has outlined a total resource (measured, indicated and inferred) of 380.64 million tonnes at an average grade of 1.3 grams per tonne gold and 6.0 grams per tonne silver for a total contained resource of 15.8 million ounces of gold and 67.9 million ounces of silver.

Keywords: Romania, Apuseni Mts., Golden Quadrilateral, mineralisation, reserves, resources

Kulcsszavak: Románia, Apuseni hegység, Erdélyi Aranyégyyszög, szulfidációs epitermális ércesedés, ásványvagyon

Regional Geology

Romania includes three major Alpine and older orogens, namely the Carpathian chain that comprises the Southern Carpathians and the Eastern Carpathians, the Apuseni Mountains and the Northern Dobrogea. Tertiary sediments were deposited in the intervening Pannonian and Transylvanian Basins, as well as on the Scythian and Moesian Platforms. Two principal areas of Tertiary volcanic rocks, of predominantly calc alkaline affinity, intrude and overlie these sequences. First one spreads in the Eastern Carpathians from the north in the Baia Mare area (Oaș-Gutâi mountains) to the south (Călimani-Gurghiu-Harghita mountains), containing also a subvolcanic median sector (Țibleș-Toroiaga-Rodna-Bărgău mountains). The second area with Tertiary volcanic rocks is the Apuseni Mountains in central-western Romania.

The famous mining districts of the Metaliferi Mountains of Transylvania, which represent the southern part of the Apuseni Mountains, comprise a 900 km² region, immediately to the north of the city of Deva, commonly referred to as the Golden Quadrilateral. The Golden Quadrilateral has remained Europe's most important centre of gold production for more than 2000 years since Geto-Dacian (pre-Roman) times, with the Roman conquest of Dacia in 105AD-106AD predicated on gaining control over this important goldfield. The district reached peak production during the period of the Austro-Hungarian Empire at the end of the 17th Century to 1918 as well as before World War II.

The Golden Quadrilateral lies within the Apuseni Mountains, which consist of Mesozoic, shallow marine and non-marine sedimentary rocks overlying Palaeozoic and Precambrian sedimentary and metamorphic basement. North-directed thrust faulting during the late Cretaceous resulted in a series of nappes that are unconformably overlain, and intruded, by Tertiary volcanics associated with high-level gold-silver mineralisation and porphyry copper deposits of the Golden Quadrilateral.

According to the classical view regarding the Tertiary volcanism from the Apuseni Mountains three cycles has been distinguished (Ianovici et al., 1976). The earliest cycle is interpreted as lower Badenian age and comprises rhyolitic ignimbrite overlain by rhyodacitic and andesitic volcanics. Volcanogenic sediments occur throughout this cycle and widespread hydrothermal alteration overprints all rock types.

The rocks of the second cycle outcrop extensively and are characterised by andesite and dacite overlain by a very thick sequence of quartz andesite that is, in turn, overlain by pyroxene andesite. The sequence is interpreted to be late Badenian – Sarmatian and Pannonian age. The middle (dacite) and upper (quartz andesite) sequence of this cycle represents the principal host to gold-silver mineralisation currently being mined in Romania, as well as significant occurrences of copper, lead, zinc and mercury.

The third and final cycle of volcanism continued into the Quaternary era and is characterised by pyroxene andesite, basaltic andesite and potassic basalt.

According to available K-Ar datings (Pécskay et al., 1995), the main volcanic activity from the Apuseni Mountains range between 14.7 and 7.3 Ma, and ended in Quaternary (1,6 Ma).

Three major northwest-trending belts of volcanism (Brad – Săcărâmb, Zlatna – Stănița, and Roșia Montană-Bucium) and associated mineralisation are identified within the Golden Quadrilateral, with the Roșia Montană Complex representing part of the northernmost belt (Fig. 1).

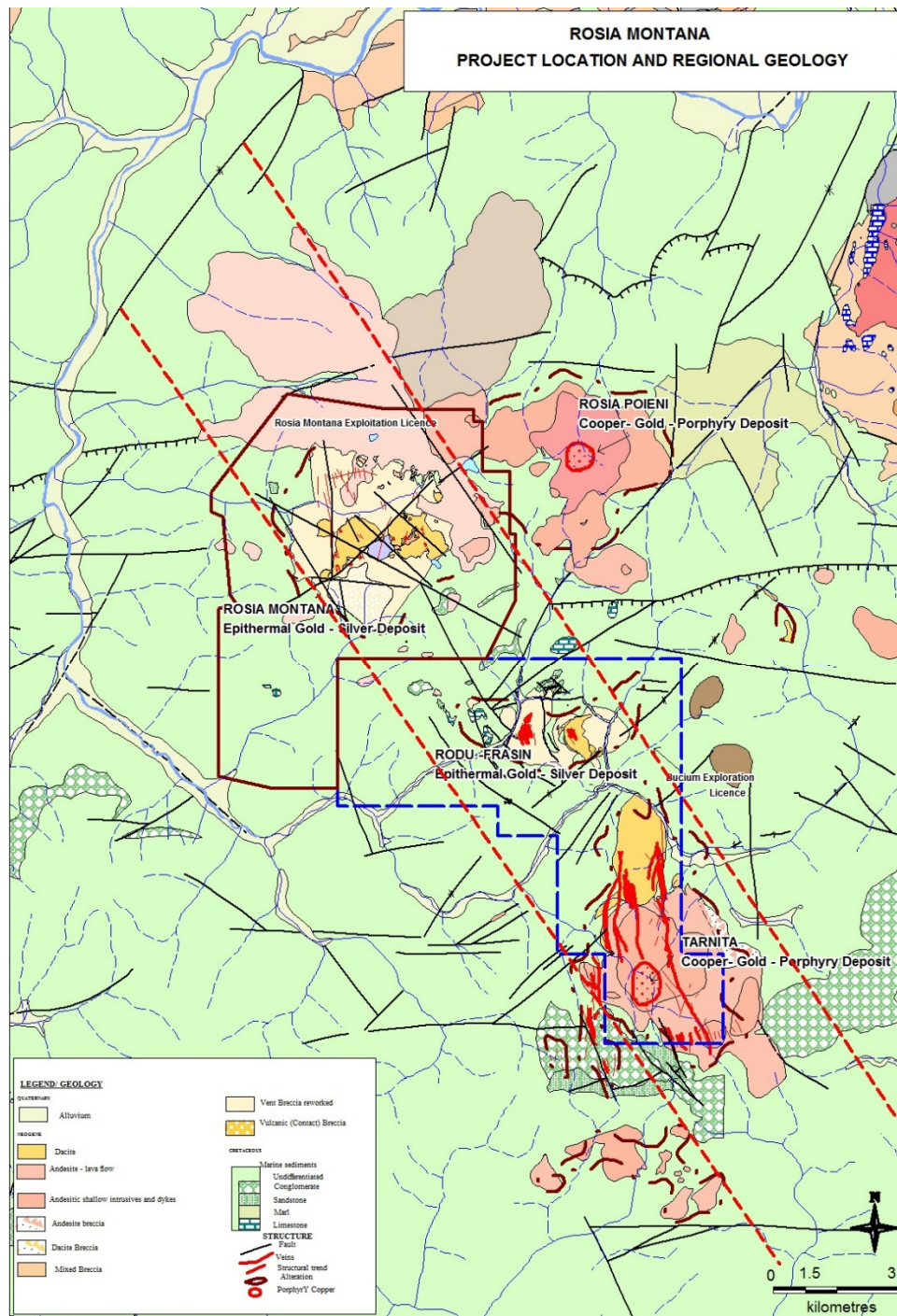


Figure 1. Roșia Montană – regional geology

1. ábra. A Roșia Montana regionális földtana

Project Geology

The local Roșia Montană deposit is interpreted as a maar-diatreme complex of Neogene age emplaced into a sequence of Cretaceous sediments, predominantly black shales, sandstones and conglomerates. Mârza et al. (1997) documented the Roșia Montană ore deposit as a low sulphidation epithermal deposit. More recently, Roșia Montană has been interpreted as intermediate sulphidation epithermal deposit (Sillitoe, Hedenquist, 2003).

The three dimensional geometry of the area is well established due to the extensive network of underground development that has been undertaken since the Austro-Hungarian Empire period, and from the extensive surface and underground drilling completed in the last 25 years.

Lithologies within the diatreme complex are dominated by breccias, including magmatic-phreatic and sub-aqueous reworked breccia, intruded by porphyritic dacitic sub-volcanic intrusives. These intrusions are interpreted as Neogene age and are informally named the Cetate dacite (Cetate and Cârnic massifs). The dacite bodies are interpreted to have intruded vertically through the diatreme breccias and to have spread laterally at shallower levels forming surface domes (Fig. 2). An alternative interpretation is that only one major dacite intrusion has occurred and that this has been split into the now separate Cârnic and Cetate dacite bodies by a northeast trending strike-slip fault.

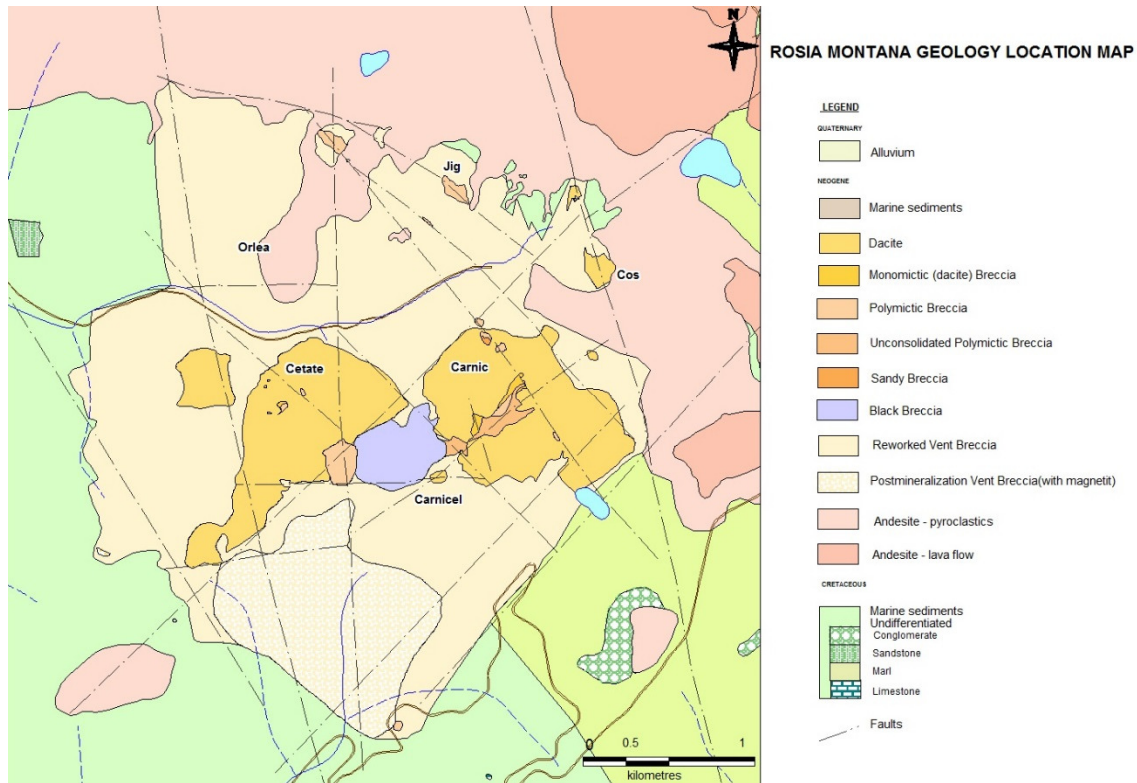


Figure 2. Roșia Montană – geology

2. ábra. A Roșia Montană földtani térképe

The majority of the Roșia Montană diatreme is made up of a lithology locally referred to as the ‘vent breccia’. This is a diatreme breccia produced by numerous magmatic-phreatic eruptions produced as hot rising dacitic magma interacted with ground water. The vent breccia hosts the dacitic intrusives and, in the case of Cârnic, forms a sub-vertical, ‘ribbon like’ NE-SW oriented structure inside the dacite. This is referred to as the ‘internal vent breccia’ for descriptive statistical and estimation purposes. It is of variable composition with clasts of dacite, Cretaceous sediments and basement schist and gneiss. The clast size, degree of rounding, and the proportion of matrix, vary widely. Texturally it exists as both massive breccia units and sub-aqueous reworked breccia indicating the breccia has erupted into a shallow lake or maar. This reworked vent breccia is fine to coarsely bed and varies from clay rich to more common sandy and gravelly beds through to beds containing poorly sorted, cobble sized clasts. Graded bedding is common and cross bedding and ripple marks have also been observed.

A breccia, locally termed the ‘Black Breccia’, forms a sub-vertical pipe within the complex core, emplaced adjacent to the dacitic intrusions. The Black Breccia consists of clasts of Cretaceous black shale from the surrounding sedimentary sequence incorporated into the explosive deposits in the centre of the maar complex, along with clasts of ‘basement’ lithologies such as garnet-bearing schist and gneiss. The unit only hosts significant gold-silver mineralisation along its northeastern margin. The matrix is dominated by pulverized (rock flour) Cretaceous shale.

A number of intrusive polymictic diatreme breccia bodies that crosscut the reworked vent breccia have been identified between Țarina and Jig. These are composed of matrix-supported breccias with sub-rounded clasts of dacite, Cretaceous sediment and crystalline schists. They vary from poorly sorted to moderately sorted and generally have a uniform maximum clast size (0.5 to 5.0cm) within a specific eruptive unit. The matrix is made up of pulverized sand sized dacite, Cretaceous sediments and schist (rock flour). These are the product of magmatic-

phreatic eruptions at depth (within the schist), and have followed steep fault structures to the surface giving them a sub-vertical orientation and are either cylindrical or elongated along the structure in shape. They are up to 150m in width and are generally well mineralised.

In the Igre area dacite and polymictic breccia dykes have also been identified within the Cretaceous sediment. The diatreme breccia dykes are usually 0.5m to 2m in width and are lithological similar to the diatreme breccia described above. These are interpreted to be offshoots of the diatreme breccia material along smaller faults. The dacite dykes are usually 0.5m to 1m in width and are composed of fine-grained, silicic dacite, with coarse sand-sized phenocrysts of quartz. Dykes containing both polymictic breccia and dacite have also been observed.

Andesitic extrusive rocks are mapped mantling the northern and eastern parts of the project area, forming a thin to moderately thick cover over the maar complex. The lowest units within the sequence are pyroclastic block and ash flows, further north and east andesitic lavas overlie the pyroclastics.

Structure

Structure has played an important role at Roşia Montană, firstly supplying dilation for the emplacement of the maar-diatreme complex, and secondly the structural permeability up which the mineralising fluids have flowed.

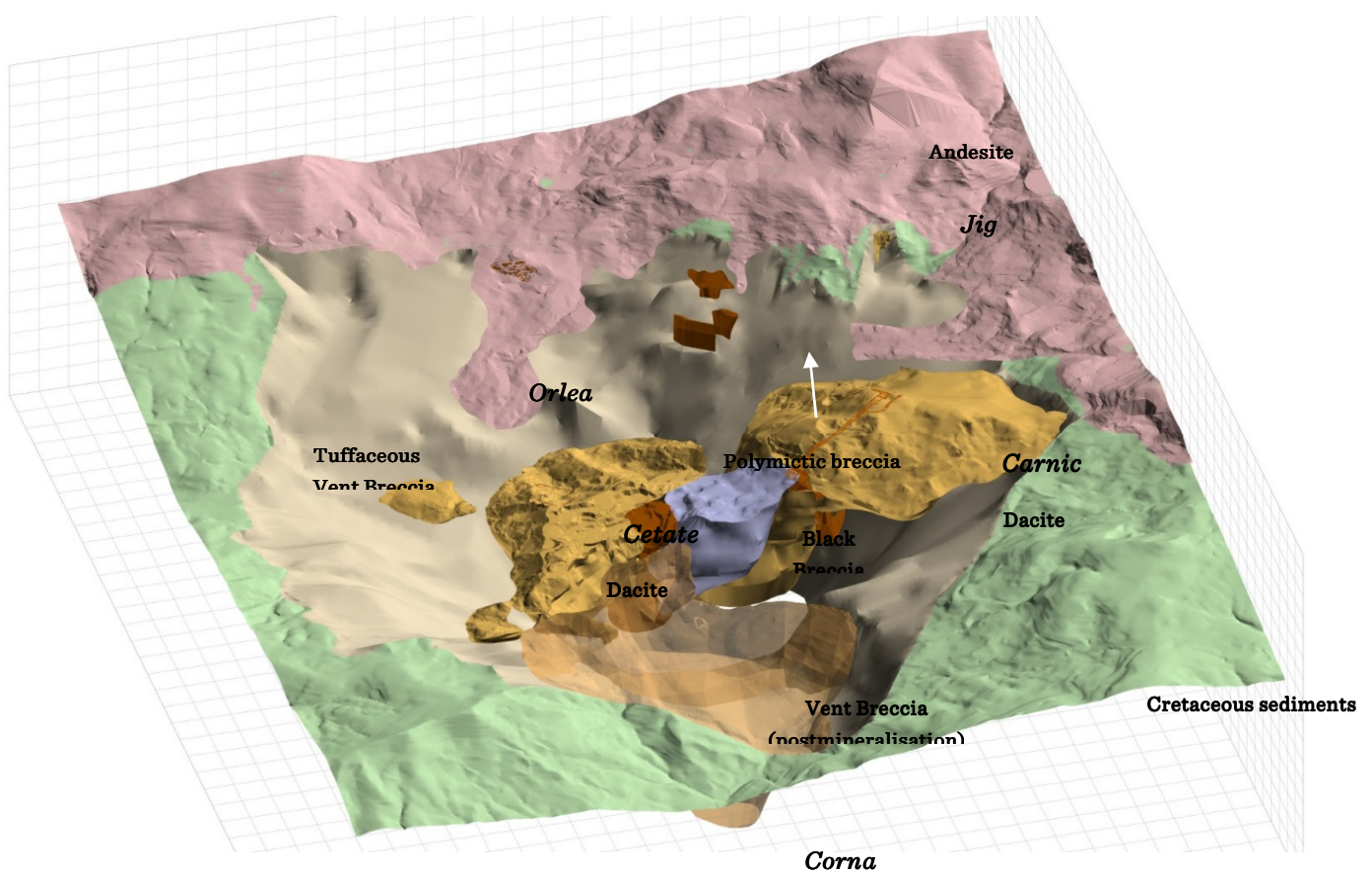


Figure 3. Perspective view of the geological model

3. ábra. A geológiai modell perspektivikus nézete

The Rosia Montana diatreme is interpreted to be emplaced at the intersection of two sub-vertical structures that trend north-northwest and northeast. The north-northwest trend is interpreted to be the earlier and the larger of the two structures. This is a basement structure

and of regional scale that has produced the broad zone of fracturing and veining that is seen on the surface within the dacites, vent breccia, Cretaceous sediments and in the andesites at Bucium. It can be traced from Orlea North through Orlea, Cetate and Cirnic and down through the Bucium exploration licence to the south; along this 13 km trend the dominant vein orientation strikes parallel to it and is either sub-vertical or dipping steeply to the west.

Across the north-northwest structural trend cuts the northeast trending faults, interpreted to be dominated by left-lateral strike slip movement. The intersection of these regional structures has produced dilation and a focus for the

breccias, intrusions and mineralisation at Roşia Montană. Steeply southwest dipping northwest trending structures have also been identified in the Igre area. These are interpreted to have a right lateral sense of movement and may be the conjugate pair to the northeast trending structures.

At Orlea, a large east-west trending clay rich vein (the Crucii vein) dipping at 45° to the south cuts across the vent breccia. This structure is interpreted to be related to diatreme collapse immediately following eruption of material from the vent. Similar structures have also been interpreted in the Țarina and Igre areas and also tend to dip moderately to steeply towards the centre of the diatreme.

Alteration

An extensive zone of strong hydrothermal alteration hosts the Roşia Montană deposits. The distribution of alteration assemblages is quite complex, however, it can be simplified down to the following groupings (Manske 2004):

I) Chlorite-carbonate-smectite alteration, peripheral to the resource. There are not many locations where this alteration has been preserved except for a few small outcrops on Cărnic hill. Although a “green” alteration that superficially resembles a propylitic imprint, this zone lacks epidote or appreciable albite (it may preserve relicts of the original igneous plagioclase, andesine-labradorite). It most closely matches the “intermediate argillic” alteration type in the sense of Meyer, Hemley (1967).

II) Phyllic-argillic alteration. The most widespread alteration at Roşia Montană, creating most of the “bleached” exposures in dacite porphyry. Rocks affected by this alteration show abundant fine-grained sericite (illite) and murky, birefringent clays (smectites) in thin section. XRD analyses and glycolation tests indicate the presence of mixed-layer, illite-smectite minerals as well (Tămaş 2002). Supergene argillization certainly exists in the weathering profile over the pyritic orebodies, but the presence of phyllic-argillic altered rock in the sulfide zone shows that much of the clay is hypogene.

III) QSP (quartz-sericite-pyrite) alteration. QSP appears as a subtype of the general phyllic-argillic imprint, around some quartz veins and also as local zones of more pervasive alteration. It imparts a bluish-gray color to the rock and may be confused with moderate silicification, but may be easily scratched with a knife blade or steel dental pick ($H < 5$). Silica may or may not have been added to QSP rock, as the quartz may be generated by release of SiO_2 during hydrolytic alteration of feldspar (*e.g.*, Barton *et al.*, 1991). This alteration type may destroy much of the primary igneous texture of the rock, except for quartz phenocrysts.

IV) Quartz-adularia replacement. Adularia \pm quartz appears in vein halos and as more pervasive alteration in dacite and vent breccia. Fine-grained adularia in some cases effects a wholesale replacement of the dacite matrix and creates a pale rock with ceramic-like texture. In extreme cases, original quartz phenocrysts are attacked and partly replaced with adularia along grain boundaries and micro-cracks. As rock alteration, adularia commonly is partly overprinted by sericite (illite) or clays. As a vein mineral in dacite or a vug-filling phase in breccia, paragenetic studies show that adularia was introduced into the system at two or three distinct stages.

V) Silicification occurs in some quartz vein halos but is not volumetrically widespread in unbrecciated dacite, at least in the Cetate area. Strong silicification is much more characteristic of the margins of breccia zones within or along the edges of the dacite flow-domes. Brecciated dacite but especially the breccia matrix may be densely silicified, replaced by more than 90 vol. % fine-grained quartz as seen in thin section, and much harder than a knife blade in hand sample ($H \approx 7$).

XRD and TEM analyses (Mărza *et al.*, 1997, Tămaş, 2002) confirmed for Roşia Montană the following alterations: potassium silicate assemblages, phyllic assemblages, intermediate argillic, and advanced argillic assemblages.

Mineralisation

Mineralisation within the Golden Quadrilateral district includes porphyry-related gold-silver, copper-gold and copper deposits associated with Badenian-Pliocene (Neogene) andesitic to dacitic volcanic rocks, and associated intrusive rocks. The gold-silver mineralisation outlined at Roşia Montană is interpreted to represent a mid to shallow-level, intermediate sulphidation epithermal system. The mineralisation is dominantly disseminated, with associated stockwork and breccia hosted gold-silver mineralisation.

Gold-silver mineralisation at Roşia Montană is hosted by the following lithologies:

1. Dacite-hosted mineralisation:

Characterised by wide zones of finely disseminated sulphide (pyrite) hosted within dacite porphyry. QSP and silica-adularia alteration combined with very fine-grained disseminated pyrite are distinctive features of the mineralised dacite and the best indicator of gold and silver grade. Narrow, usually widely spaced stockwork veining is always present but is minor in terms of contained gold and silver. The veins are generally steeply-dipping, discontinuous

and less than 1m wide. Significant gold mineralisation of this style occurs at Cetate, Cârnic, Carpeni, Găuri, Coş and parts of the Văidoaia zone.

2. Sub-vertical breccia zones cross-cutting dacite intrusive bodies:

Breccias are commonly of mixed lithology and are considered to represent structurally controlled phreato-magmatic breccias. Mineralisation occurs within strongly, to intensely, silicified alteration zones and contain low to moderate amounts of disseminated fine-grained sulphide within both the matrix and breccia clasts. Relevant examples of this type are known in Cetate and Cârnic massifs.

3. Disseminated and vein hosted gold-silver mineralisation within vent breccia:

Significant gold-silver mineralisation is hosted by the vent breccia surrounding the dacitic intrusions. The mineralisation is characterised by silicification and finely disseminated pyrite with veining infrequent, and generally narrow (less than 1m). Examples of this style of mineralisation are at Cârnicel, Văidoaia, Jig (also known as Lespedari), Igre, Orlea and Țarina.

4. Diatreme breccia pipe hosted mineralisation:

This mineralisation is hosted by the sub-vertical diatreme breccia pipes at Igre/Jig. It is characterised by intense, pervasive silicification of both the breccia matrix and the diatreme breccia clasts, disseminated pyrite is also pervasive within the matrix and clasts and will sometimes completely replace the black shale clasts. Zones of rhodochrosite have also been identified, occurring within the matrix of the diatreme breccia.

5. Cretaceous sediment hosted mineralisation:

This mineralisation has been identified at Igre, Găuri, East Cârnic and Coş. The mineralisation occurs directly below the vent breccia-Cretaceous sediment contact and is usually hosted by shale, sandstone and less frequently by conglomerate beds. The mineralisation is characterised by both silicification and pervasive fine-grained disseminated pyrite and in some areas (Igre, East Cârnic and Găuri) by hydrothermal crackle brecciation that varies from mm-width widely spaced spidery crackle breccia through to more intense mosaic (jigsaw) brecciation. Clasts are always very angular and made up of locally derived sediment. The brecciation can be over 50 m thick and tends to be most intense close to the vent breccia-Cretaceous contact. The breccia matrix is typically vuggy and crystalline, some coliform banding has been observed and up to five phases of mineralisation can be present. Mineralisation is dominated by carbonate (both calcite and rhodochrosite), quartz and pyrite with galena and sphalerite not uncommon and rarer chalcopyrite.

Gold has been identified by petrography in numerous samples as electrum. Occurrences were noted as minute (4 µm) inclusions in pyrite, as minute grains (up to 25 µm) intergrown with, and overgrowing Ag-sulphosalts and tellurides. It has also been observed as coarser grains (up to 100 µm) intergrown with carbonate and barite. The electrum is also associated with quartz, galena, and sphalerite. The electrum had a fineness ranging from .537 to .763 (Leach, Hawke 1997).

Fluid inclusion studies indicate that mineralisation was precipitated from a dilute NaCl (0.35 to 7.85 wt. %) hydrothermal solution at temperatures between 200 to 340 °C. The lack of vapour-rich inclusions indicates boiling was not the major trigger for gold precipitation. Gold mineralisation may have formed due to the rising mineralising fluid mixing with oxidising CO₂-rich meteoric waters. (Leach, Hawke 1997, Tămaş 2002)

Veining

Although veining is secondary to alteration in terms of contained gold and silver, they are important as fluid conduits and therefore control the location and distribution of the gold-silver mineralisation. The veins often contain significantly higher grade gold and were the focus of historical mining.

Multiple phases of mineralisation have been identified at Rosia Montana that can be subdivided into 3 main vein types:

1. "Chinga" veins

The 'Chinga' is a black, very fine-grained argilic material, intensely silicified. These 'veins' are the earliest phase of veining at Roşia Montană and their textures indicate that the argilic material has been injected into fractures rather than precipitating from a hydrothermal solution. Chinga material can also occur as breccia matrix and the texture is typically massive, veins are often overprinted by later phase mineralisation. This material was probably derived from pulverised Cretaceous black shales and has been emplaced soon after the diatreme eruption. The chinga veins are most common in the upper levels of the Cârnic and Cetate dacites. The grade of chinga material is typically 0.5 to 3g/t Au.

2. Quartz-carbonate-sulphide veins

These veins are associated with the main mineralising phase at Roşia Montană. Veining occurs as multiphase, quartz-carbonate-sulphide (pyrite) ± adularia and rare base metals, texture varies widely from massive to banded, often vuggy and from very fine grained to coarsely crystalline.

Carbonate dominated veins are interpreted to have been deposited late in this mineralised phase and are often associated with base metal sulphides. Carbonates are predominately calcite and rhodochrosite, with rarer dolomite and siderite. Base metal sulphides are dominated by galena, low Fe sphalerite and chalcopyrite. The veins are typically narrow (up to 30cm) and more common in the deeper levels at Cărnic and Cetate. This also appears to be the main mineralising phase in the Igre Cretaceous sediments and also the commonest vein type around the margins of the Black Breccia. Textures are typically banded and vuggy, sometimes massive. The very last phase is dominated by calcite with marcasite and very little gold or silver mineralisation. Two tellurides occurrences in rhodochrosite-rhodonite high grade silver veins were recently made (Tămaş et al., 2004, Cook et al., this volume).

3. Clay veins

These 'veins' are generally considered late stage, possibly retrograde. Locally referred to as veins as they contain some gold-silver mineralisation many of these could be classified as shear or fault structures. Clays vary from illite-smectite to illite and often occur with pyrite and marcasite. They usually display a massive or sheared texture.

Veins are usually discontinuous, widely spaced and only millimetres to centimetres in width, but have been observed up to 1m wide. They generally become less frequent, but thicker and more continuous at depth.

Resources and Reserves

Recent exploration of the deposit by Gabriel Resources has outlined a measured and indicated resource of 350.35 million tonnes at an average grade of 1.3 grams per tonne gold and 6.0 grams per tonne silver for 14.6 million ounces of gold and 64.9 million ounces of silver. The total resource (measured, indicated and inferred) is 380.64 million tonnes for a total contained resource of 15.8 million ounces of gold and 67.9 million ounces of silver (using a 0.6g/t Au cut-off) (As per the Technical Report, 2009). Proven and probable reserves total 214.9 million tonnes at an average grade of 1.46 grams per tonne gold and 6.88 grams per tonne silver for total reserves of 10.1 million ounces of gold and 47.6 million ounces of silver (using a 0.6g/t Au cut-off).

Acknowledgements

The management of Gabriel Resources and Roşia Montană Gold Corporation would like to thank for the help provided by joint venture partner Minvest and the various government agencies in Romania are also acknowledged, whose support and assistance has helped considerably in the evaluation of the deposit.

References

- Barnes, J.F.H., Jones, C.M., Cunnold, G.R. 1999: Resource Service Group – Independent geologists report on behalf of Gabriel Resources Ltd. Nem publikált vállalati jelentés.
- Barton, M. D., Ilchik, R. D., és Marikos, M. A.(199): Metasomatism, in Kerrick, D. M., ed., Reviews in Mineralogy, v. 26, Mineralogical Society of America, p. 321-350.
- Gossage, B. 2003: Rosia Montana Project, Resource Estimation, RSG Global. Nem publikált vállalati jelentés.
- Ianovici, V., Borcoş, M., Bleahu, M., Patruşiu, D., Lupu, M., Dimitrescu, R., Savu, H. (1976): Geologia Munţilor Apuseni. Ed. Acad., 631 p., Bucureşti.
- Keeley, G. 2000: Geological mapping at Rosia Montana, Transylvania, Romania. Nem publikált vállalati jelentés.
- Leach, T., Hawke, M. 1997: Petrographic study of 32 samples from Rosia Montana. Nem publikált vállalati jelentés.
- Manske, S. L., 2004: Interim Report on Geologic progress in the Rosia Montana district from bench mapping of the Cetate pit, Apuseni Mountains, Romania. Nem publikált vállalati jelentés.
- Marza, I., Tămaş, C.G., Ghergari, L., 1997: Low sulfidation epithermal gold deposits from Rosia Montana, Metaliferi Mountains, Romania. St. Cerc. Geol., t. 42, p.3-12, Ed. Acad., Bucureşti.
- Meyer, C., and Hemley, J. J. 1967: Wall rock alteration, in Barnes, H. L., ed., Geochemistry of hydrothermal ore deposits: New York; Holt, Rinehart, and Winston, p. 166-235.
- Pécskay, Z., Edelstein, O., Seghedi, I., Szakács, A., Kovacs, M., Crihan, M., Bernad, A. 1995: K-Ar datings of Neogene-Quaternary calc-alkaline volcanic rocks in Romania. Acta Volcanologica, v. 7 (2), p. 53-61.
- Sillitoe, R.H., Hedenquist, J.W., 2003: Linkages between volcanotectonic settings, ore-fluid compositions, and epithermal precious-metals deposits, in Simmons, S. F., and Graham, I. J., eds., Volcanic, geothermal and ore-forming fluids: Rulers and witnesses of processes within the Earth: Society of Economic Geologists, Special Publications 0, Chapter 16, p. 315-343.
- Tămaş, C.G. 2002: Breccia pipe structures related to some hydrothermal ore deposits in Romania. Unpublished Ph.D. thesis, Babes-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania.
- Tămaş, C.G., Bailly, L., Ghergari, L., O'Connor, G., Minuţ, A. 2004: First reported tellurides occurrence in Roşia Montană, Apuseni Mountains, Romania. Abstract, 32nd International Geological Congress, Florence, Italy.

KOMPLEX KUTATÁS A KÁRPÁT-PANNON TÉRSÉG LEGFIATALABB TŰZHÁNYÓJÁN: ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK A CSOMÁD VULKÁN RÓL

NEW RESULTS OF THE COMPLEX VOLCANOLOGICAL STUDY OF CIOMADUL,
THE YOUNGEST VOLCANO IN THE CARPATHIAN-PANNONIAN REGION

Harangi Szabolcs^{1,2}, Kiss Balázs¹, Lukács Réka^{1,3}, Dunkl István⁴, Molnár Kata¹, Novák Attila⁵, Ioan Seghedi⁶,
Theodoros Ntaflou⁷, Axel Schmitt⁸,
Molnár Mihály⁹, Vinkler Anna Paula², Szepesi János¹, Novothny Ágnes¹⁰

¹ MTA-ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport, Budapest, szabolcs.harangi@geology.elte.hu

² ELTE Kőzettan-Geokémiai tanszék, Budapest

³ Vulcano Kutatócsoport, Ásványtani-Geokémiai-Kőzettani tsz., Szegedi Tudományegyetem

⁴ Sedimentology & Environmental Geology, Geoscience Center, Univ. Göttingen, Germany

⁵ MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet, Sopron

⁶ Institute of Geodynamics, Romanian Academy, Bukarest, Romania

⁷ Department of Lithospheric Research, University of Vienna, Bécs, Ausztria

⁸ UCLA Department of Earth, Planetary, and Space Sciences, Los Angeles, USA

⁹ MTA ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratórium, Debrecen

¹⁰ ELTE Természetföldrajzi tanszék, Budapest

Abstract

The last volcanic eruption in the Carpathian-Pannonian region occurred in the Ciomadul, found in Transylvania, at the southeastern Carpathians. In the last decade, a complex research involving volcanological, petrologic, geochemical, geochronological and geophysical studies has been conducted to understand the past volcanic behaviour and the present status of the volcano. The high-precision zircon dating with various techniques, such as U-Pb, U-Th and (U-Th)/He methods combined with radiocarbon and thermoluminescence dating provided invaluable information on the age of the eruptive events and on the lifetime of the magma chamber beneath the volcano. Our data imply that the volcano is much younger than previously thought. The volcanic eruptions started at about 150-200 ka and the last eruption occurred at 31.5 ka. The explosive eruptions commenced at 50 ka and took place intermittently with relatively long repose periods. On the other hand, the magma chamber developed >150 ka before the start of the volcanic eruptions and has been continuously active since that time. The Ciomadul dacite contains fragments from a low temperature silicic crystal mush and high-Mg minerals derived from a less differentiated basaltic magma. Integrated textural and compositional characterization of amphiboles and plagioclases, and thermobarometric calculations indicate emplacement of a silicic magma body at near solidus temperature at 8-13 depth. Effective reactivation of this crystal mush occurred due to the injection of hot basaltic magma, when heating by more than 200°C resulted in formation of eruptible dacitic magma within decades. Our magnetotelluric survey detected high conductivity body at a depth range between 5 and 20 km that fits perfectly with the magma chamber depth interpreted by petrologic data and with the low seismic anomaly provided by seismic tomographic modelling. This could be consistent with the existence of a magma body containing 10-15% melt fraction. The existence of this crystal mush provides implication that the Ciomadul has to be considered as a potentially active volcano and further studies are crucial.

Keywords: Ciomadul, zircon geochronology, magma chamber, amphibole, thermobarometry, potentially active volcano

Kulcsszavak: Csomád, cirkon geokronológia, magmakamra, amfibol, termobarometria, potenciálisan aktív vulkán

Bevezetés

A vulkanológia legfontosabb célja, hogy megértsük a vulkáni működés folyamatát és mindezt hasznosíthassuk a rövid és hosszú távú vulkáni kitörés előrejelzésben (Cashman és Sparks 2013). A vulkáni működés időléptéke azonban jelentősen eltér az emberi gondolkodás által még befogni tudó időmértéktől és emiatt számos vulkáni eseményről nincs még közvetlen megfigyeléseken alapuló tapasztalat. A 21. század tudományos kihívásai közé tartozik, hogy olyan vulkáni eseményeket is előre lehessen jelezni, azokra fel lehessen készülni, amire még nem volt példa az elmúlt évszázadokban vagy a történelmi időkben (Harangi 2013). Többek között, nincs közvetlen ismeretünk arra, hogy mi történik, ha egy olyan területen újul fel a vulkáni működés, ahol több tízezer éve nem volt vulkánkitörés. A földtörténeti múltban azonban számos ilyen eseményt dokumentáltak. A Kárpát-Pannon térségben jelenleg úgy tűnik, hogy nincs közvetlen vulkáni veszély, azonban lehet, hogy mindez csak látszólagos. Az elmúlt 20 millió évben változatos, olykor jelentős térfogatú vulkáni anyagot szolgáltató kitörések voltak térségünkben és még az elmúlt 1 millió évben is számos helyen zajlott vulkáni működés (Szabó et al. 1992; Pécskay et al. 1995; Harangi 2001; Seghedi és Downes 2011). A legutolsó vulkánkitörés pedig mindössze 32 ezer éve volt (Harangi et al. 2010).

A Kárpát-Pannon térség legutolsó vulkáni működésének helyszínét, a székelyföldi Csomádot közel egy évtizede kutatjuk. E tudományos munkába számos kutatási terület (vulkanológia, geokronológia, kőzettan, geokémia, geofizika) szakembereit vontuk be, így nemzetközi szinten is újszerű megközelítésben tudjuk jellemezni a vulkán korábbi működését és jelenlegi állapotát. A kutatómunka számos új kérdést vetett fel, amelyek már túlmutatnak a Csomád vulkáni működésének megismerésén, és amelyek megválaszolása hozzájárulhat általában a vulkánok, a vulkáni működés jobb megértéséhez. Több olyan módszert kezdtünk elsők között alkalmazni, mint például amfibol perspektivikus kutatás magmakamra folyamatokra, kombinált cirkon (U-Th)/He és U-Th kormérés,

magnetotellurikus vizsgálatok, amelyek jelenleg a kutatások élvonalában vannak és egyre több tudományos publikáció alapját képviselik. Kutatómunkánk, annak eredményei folyamatos médiaérdeklődést kapnak. Mindezt számos TV és rádióriport, valamint vezető napilapok és internetes hírportálok beszámolóí is alátámasztanak, amelyeken keresztül hozzájárulhatunk a földtudomány, a földtudományi kutatómunka népszerűsítéséhez. Az alábbiakban legfontosabb új tudományos eredményeinket foglaljuk össze.

A vulkáni működés kora

A Csomád vulkáni működésének idejét K-Ar, Ar-Ar és radiokarbon kormeghatározással igyekeztek meghatározni (Pécskay et al. 1992; 1995; Juvigne et al. 1994; Moriya et al. 1995; Karátson 2007; Karátson et al. 2013), ami alapján az a nézet alakult ki, hogy a vulkáni működés mintegy 1 millió éve indult meg kisebb lávadómok felépülésével, majd kb. 600 ezer éve kezdődött a Csomád vulkáni komplexumának a kialakulása. Karátson et al. (2013) rámutatott a vulkáni formák kevésbé lepusztult geomorfológiai jellegére, ami más fiatal lávadóm komplexumokhoz hasonlítható. A legutolsó kitörés képződményeként a Tusnádfürdő közelében megjelenő horzsaköves piroklaszt-ár üledéket tartották, amelynek korát 10,7-42,0 ezer évre datálták.

Kutatómunkánk során először radiokarbon kormeghatározással pontosítottuk az utolsó kitörések idejét. A tusnádfürdői feltárás mellett nagyszámú, jó megtartású szenesedett növénymaradványt találtunk a Sepsibükszádról a Szent Anna-tóhoz vezető út mentén előbukkanó piroklaszt-ár üledékben. A több szenesedett növénymaradvány mintán elvégzett elemzések alapján a kitörés kora $31,5 \pm 0,26$ ka cal BP, míg a tusnádfürdői feltárás esetében $41,1 \pm 0,80$ ka cal BP kort kaptunk (Harangi et al. 2010). Az eddig azonosított legutolsó kitörés képződménye tehát a Csomád déli oldalában található, a tusnádfürdői piroklaszt-ár üledék pedig mintegy 10 ezer évvel korábban keletkezett. A Juvigne et al. (1994) által publikált meglepően fiatal, 10700 éves kort nem támasztják alá új AMS radiokarbon méréseink.

A vulkáni működés idejének további pontosításához cirkon kristályokon végeztünk kormeghatározást. Mivel a vulkáni működés viszonylag fiatal, ezért különböző geokronológiai módszereket alkalmaztunk. Az elemzéseket minden esetben körültekintő szöveti és ásványkémi vizsgálat előzte meg, ami fontos hozzájárulást jelentett a koradatok értékelésében és értelmezésében. Az U-Pb kormeghatározás a 350 ezer évesnél idősebb cirkon kristályok keletkezési idejét, azaz kristályosodási korát adja meg. Az ennél fiatalabb cirkonok kialakulási idejét ^{238}U - ^{230}Th kormeghatározással pontosítottuk. Hangsúlyozni kell, hogy mindkét esetben kristályosodási kort kapunk és nem a kitörés idejét. A vulkáni működés idejét cirkon (U-Th)/He módszerrel határoztuk meg. Új eredményeink alapján a Csomád vulkáni működése jóval fiatalabb, mint azt a korábbi publikációkban közölt adatok alapján gondolták. A Bálványos lávadómjának kialakulási kora a korábban vélt 1 millió évvel ezelőttivel szemben mindössze 540 ezer év, míg a Csomád fő tömege csupán 150-200 ezer éve kezdett kialakulni. A robbanásos kitörések 50 ezer éve kezdődtek és több szakaszban, vélhetően hosszabb, akár több ezer éves nyugalmi időszakokkal tagolva történtek. A radiokarbon módszerrel kapott legfiatalabb kitörési kort (31,5 ezer év) megerősíti az ugyanabból a vulkáni képződményből kinyert cirkonokra kapott (U-Th)/He kor. A Szent Anna krátert létrehozó nagy erejű, feltehetően legalább subpliniai erősségű robbanásos kitörés ennél valamivel korábban, 37 ezer éve zajlott, aminek mintegy 20-25 cm vastag horzsaköves rétege a Csomádtól több mint 20 km távolságban, Kézdivásárhely határában (Bányai 1917; Vinkler et al. 2007) bukkan elő. A 37 ezer éves kort alátámasztják az új termolumineszcens koradataink is. Ugyancsak viszonylag fiatal lehet a Mohos kráter is, amelynek peremén, a Veres-patak bevágódott völgyében, tavi és vulkáni üledékek alatt feltároluló piroklaszt-ár képződmény (Karátson 2007) kialakulására 32 ezer évet kaptunk.

Következtetések a magmakamra folyamatokra és azok idejére

A cirkon kristályok petrokronológiai (integrált szöveti, ásványkémi és geokronológiai) vizsgálata, a különböző módszerekkel kapott adatok lehetőséget adtak arra, hogy a vulkán alatti magmakamra élettartalmára is következtethessünk. A cirkon kristályok keletkezési idejének, valamint a kitörés korának különbsége ugyanis megadja az ásványnak a magmatározóban való tartózkodási idejét. A kapott koradatok azt mutatják, hogy a Csomád esetében a mélybeli magmakamra már több mint 150 ezer évvel az első kitörések előtt kialakult! A nagy pontosságú, a cirkon kristályok legkülső 5-15 mikron vastagságú szegélyén végzett korelemzések azt jelzik, hogy a cirkonok kristályosodása több mint 10 ezer évvel a vulkáni működés előtt befejeződött. Az ezt előidéző okokra a csomádi dácitban található ásványos elegyrészek, különösen az amfibol, e mellett a plagioklászok és cirkonok szöveti és ásványkémi elemzése adott választ.

A csomádi vulkáni kőzetek vizsgálata számos, nemzetközi szinten is újszerű felfedezéssel járt, ami egyedi lehetőséget ad az andezites-dácitos vulkánok alatti magmakamra folyamatok pontosabb megismerésére. Az ásványfázisok nagy felbontású - 5-10 mikronos közzel elvégzett - kémiai összetétel meghatározása, a szöveti megfigyelésekkel, valamint a geotermobarometriai számolások eredményeivel együtt az alábbi következtetések levonásához vezetett (Kiss et al. 2014). A lávadómokban megjelenő, néhány centiméteres felzikus kristálycsomók, továbbá számos ásvány a vulkán alatti magmakamrában lévő kristálykása (olvadékfázist is tartalmazó, de több mint

60 térfogatszázalékban kristályokból álló, kitörésre már nem képes magmás anyag) darabjai lehetnek. A mafikus kőzetzárványok és az önállóan előforduló nagy Mg-tartalmú ásványok kevésbé differenciált bazaltos magmából származnak. A dácitban megjelenő amfibolok két csoportra oszthatók: az alacsony Al-tartalmú hornblendék jellemzően kis hőmérsékleten (720-750 °C) alakultak ki, szilíciumgazdag magmából, míg a nagy Al-tartalmú pargazitok magas hőmérsékleten (>950 °C), bazaltos vagy bazaltandezites magmából kristályosodtak. Hasonlóan bimodális amfibol populációt számos andezites és dácitos vulkán esetében (pl. Mt. St. Helens, Soufrière Hills, Pinatubo, Unzen, Redoubt, Merapi) leírtak. A Ridolfi et al. (2010) termobarométerrel végzett számítások alapján sokan a tűzhányók alatt egy vertikálisan jelentősen elnyúlt vagy két, különböző mélységben létrejövő magmakamrát értelmeztek. A csomádi vizsgálataink azonban új megvilágításba helyezték a termobarometriai számításokat és az ezek alapján kapott magmakamra modelleket (Kiss et al. 2014).

A csomádi dácitban felismert, egyedi zónás felépítést mutató amfibolok összetételbeli változásának értelmezése egyértelmű bizonyítékot adott, hogy az általánosan használt Ridolfi-féle termobarométer félrevezető eredményt adhat. Számításaink szerint az eltérő Al-tartalmú amfibolok hasonló nyomáson is kialakulhatnak, így a Csomád alatt is egy sekély mélységű (8-13 km mélyen lévő) magmatározóra következtettünk. E mellett, a mafikus ásványok kémiai összetétele alapján feltételezhetünk egy másik, az alsókéregben létrejött bazaltos magmakamrát is. A sekély magmakamrában az ismételt magma felnyomulások egy granodioritos/dácitos összetételű kristálykása anyagot hoztak létre. Ez a kristálykása, a cirkonok vizsgálata alapján több mint százezer éven keresztül folyamatosan fennállhatott. Ez azt jelenti, hogy a kristályszivacsos magmatömegben mindig volt valamennyi kőzetolvadék. Ez az állapot önmagában nem teszi lehetővé a magma felszínre jutását, azaz a vulkáni működést, azonban potenciális lehetőséget ad a reaktivációra, azaz vulkáni kitörésre alkalmas magma kialakulására. A kristálykása reaktiváció oka nagy hőmérsékletű bazaltos magmának a kis hőmérsékletű (<750°C) kristálykása tömegbe való benyomulása volt. Termometriai számításaink szerint ez az esemény több mint 200°C-kal emelte meg a hőmérsékletet és ez, valamint a magmás tömegbe juttatott illóanyag hatékonyan felolvasztotta a kristályvázat és ezzel vulkáni kitörés táplálására alkalmas magmatömeg jöhetett létre. A nagy felbontású elemzéseink alapján ennek időléptékére is következtetni tudunk. A kristály ránövedések alapján ez a folyamat feltehetően mindössze néhány évtized alatt végbemehetett, ami összhangban van más kutatók friss tudományos eredményeivel (pl. Druitt et al. 2012).

A vulkán alá nézünk: van e még magma a Csomád alatt?

A vulkanológia, a vulkáni kitörés előrejelzés egyik kulcskérdése, hogy mi indítja el a vulkáni működést, mennyi idő alatt alakul ki olyan magmatömeg, ami már a felszínre képes törni és ez milyen gyorsan történik. Ma már egyre inkább körvonalazódik, hogy az aktív tűzhányók alatt sem számolhatunk kiterjedt, uralkodóan kőzetolvadékkal kitöltött magmakamrával. Ezzel szemben, a magmatározók sokkal inkább kristálykása tömegből állnak (Hildreth 2004; Bachmann és Bergantz 2004). Ez új megvilágításba helyezi a vulkánok potenciális aktivizálódásának kérdését is. Egy vulkán potenciálisan aktív besorolását ugyanis nem feltétlenül annak kitörési kronológiája (volt-e a történelmi időkben vagy az elmúlt 10 ezer évben kitörése) adja meg, hanem ehhez a vulkán alá kell nézni: van-e még potenciálisan reaktiválható magma anyag a tűzhányó alatt? Amennyiben van még kristálykása tömeg, akár 10-20 térfogatszázalék olvadátkanyaggal, akkor – adott esetben – az hatékonyan és viszonylag gyorsan újraolvasztható (Huber et al. 2011). Ha viszont teljesen megszilárdult már a mélybeli magmás tömeg, akkor az már nehezen olvasztható fel, sőt akadályt jelenthet friss magma felszínre jutásában is.

Kutatómunkánk során, nemzetközi szinten is elsők között alkalmaztunk nagy felbontású magnetotellurikus vizsgálatot a tűzhányó alatti magmás tömeg kimutatására (Novák et al. 2012). Első eredményeink egy elektromosan jól vezető kőzetreteget jeleznek 5-20 km mélységben, pontosan ott, ahol a kőzettani vizsgálataink alapján a vulkán alatti magmatározót értelmeztük és ahol Popa et al. (2012) szeizmikus tomográfiai modellel következtetett magmás test jelenlétére. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a Csomád alatt még van valamennyi olvadékot tartalmazó magmás tömeg.

További perspektívák

Kutatómunkánk eddigi eredményei alapján adatokkal és megfigyelésekkel is alá tudtuk támasztani a Szakács et al. (2002) által először felvetett, majd Harangi (2007) által további megfigyelésekkel ellátott hipotézist, miszerint a székelyföldi Csomád potenciálisan aktív vulkánnak tekinthető. Eddigi tudományos eredményeink új megvilágításba helyezte a vulkáni kitörések korát és rámutatott arra, hogy a mélybeli magmatározó élete jóval hosszabb, mint maga az aktív vulkáni szakasz és egy olvadékot tartalmazó kristálykása több tízezer év eltelte után is reaktiválható és ezáltal belőle kitörésre alkalmas magmatömeg jöhet létre. Ennek időléptéke viszont igen gyors és már emberi léptékű, a remobilizáció mindössze néhány évtized alatt végbemehet. A Csomád legutolsó kitörése óta eltelt 32 ezer év tehát nem jelenti azt, hogy a tűzhányó egyértelműen már inaktív. Kutatási eredményeink hangsúlyosan vetik fel azt, hogy további kutatásokra van szükség, hogy jobban megismerhessük a Csomád korábbi működésének történéseit, különösen a lávadóm és robbanásos kitörések kiváltó okait, azok időbeliségét, valamint újabb módszerekkel szükséges vizsgálni a vulkán jelenlegi állapotát. Ezek a kutatások, mint ahogy az eddigiek is,

olyan új tudományos eredményekhez vezethetnek, amelyek nem csak térségünk legutolsó vulkáni működésének jobb megismerését teszik lehetővé, hanem általában a vulkánok, a vulkáni folyamatok finomabb értelmezéséhez, a hatékonyabb vulkáni kitörés előrejelzéshez is hozzájárulhatnak.

Köszönetnyilvánítás

A Csomád kutatását kezdetben az OTKA K68587 számú pályázat (2008-2011), valamint nemzetközi kutatási együttműködési pályázatok (Magyar-Oszták AKCIÓ Alapítvány, Magyar-Oszták ASO pályázat) támogatták. 2011 után, további OTKA támogatás hiányában, nemzetközi kutatói együttműködésekkel igyekeztünk előre haladni, majd 2013-tól az MTA-ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport akadémiai támogatása tette lehetővé néhány további fontos elemzés elvégzését. Kiss Balázs és Lukács Réka részvétele a kutatómunka egyes fázisaiban a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt által nyújtott személyi támogatással valósult meg. Novák Attila kutatómunkáját Bolyai János Ösztöndíj támogatta.

Irodalom

- Bachmann O., Bergantz G.W. 2004: On the Origin of Crystal-poor Rhyolites: Extracted from Batholithic Crystal Mushes. *Journal of Petrology* 45, 1565-1582.
- Bányai J. 1917: Kézdivásárhely vidéke Háromszék vármegyében. *Földtani Közlöny* 47, 1-20.
- Cashman, K.V., Sparks, R.S.J. 2013: How volcanoes work: A 25 year perspective. *Geological Society of America Bulletin*, 125, 664-690
- Druitt T.H., Costa F., Deloule E., Dungan M., Scaillet B. 2012: Decadal to monthly timescales of magma transfer and reservoir growth at a caldera volcano. *Nature*, 482, 77-80.
- Harangi Sz. 2001. Neogene to Quaternary Volcanism of the Carpathian-Pannonian Region - a review. *Acta Geologica Hungarica* 44, 223-258.
- Harangi Sz. 2007. A Kárpát-Pannon térség legutolsó vulkáni kitörései - lesz-e még folytatás? *Földrajzi Közlemények* 131, 271-288.
- Harangi Sz. 2013: Merre tovább, vulkanológia? A 21. század kihívásai. *Magyar Tudomány* 174, 959-979.
- Harangi Sz., Molnár, M., Vinkler A.P., Kiss B., Jull A.J.T., Leonard A.E. 2010: Radiocarbon dating of the last volcanic eruptions of Ciomadul Volcano, Southeast Carpathians, Eastern-Central Europe. *Radiocarbon* 52, 1498-1507.
- Hildreth W. 2004: Volcanological perspectives on Long Valley, Mammoth Mountain, and Mono Craters: several contiguous but discrete systems. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 136, 169-198.
- Huber C., Bachmann O., Dufek J., 2011: Thermo-mechanical reactivation of locked crystal mushes: melting-induced internal fracturation and assimilation processes in magmas. *Earth and Planetary Science Letters* 304, 443-454.
- Juvigne E., Gewalt M., Gilot E., Hurtgen C., Seghedi I., Szakács A., Gábris G., Hadnagy Á., Horváth E. 1994: Une éruption vieille d'environ 10 700 ans (14C) dans les Carpates orientales (Roumanie). *C. R. Acad. Sci. Paris* 318: 1233-1238.
- Karátson D. 2007: A Börzsönytől a Hargitáig – vulkanológia, felszínfejlődés, ősföldrajz. Typotex Kiadó, Budapest, 463 p.
- Karátson D., Telbisz T., Harangi S., Magyarai E., Dunkl I., Kiss B., Jánosi C., Veres D., Braun M., Fodor E., Biró T., Kósik S., von Eynatten H., Lin D. 2013: Morphometrical and geochronological constraints on the youngest eruptive activity in East-Central Europe at the Ciomadul (Csomád) lava dome complex, East Carpathians. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 255, 43-56.
- Kiss B., Harangi S., Ntaflou T., Mason P.R.D., Pál-Molnár E., 2014: Amphibole perspective to unravel pre-eruptive processes and conditions in volcanic plumbing systems beneath intermediate arc volcanoes: a case study from Ciomadul volcano (SE Carpathians). *Contributions to Mineralogy and Petrology* 167, 986.
- Moriya I., Okuno M., Nakamura E., Szakács A., Seghedi I. 1995: Last eruption and its 14C age of Ciomadul volcano, Romania. *Summaries of Researches using AMS at Nagoya University* 6, 82-91.
- Novák A., Harangi Sz., Kiss B., Szarka L., Molnár Cs. 2012: Combined magnetotelluric and petrologic constrains for the nature of the magma storage system beneath the Ciomadul volcano (SE Carpathians). *Geophysical Research Abstracts*, 14, EGU2012-7637.
- Pécskay Z., Szakács A., Seghedi I., Karátson D. 1992: Új adatok a Kakukkhegy és szomszédsága (Dél-Hargita, Románia) geokronológiai értelmezéséhez. *Földtani Közlöny*, 122, 265-286.
- Pécskay Z., Lexa J., Szakács A., Balogh K., Seghedi I., Konecny V., Kovács M., Márton E., Kaliciak M., Széky-Fux V., Póka T., Gyarmati P., Edelstein O., Rosu E., Žec, B., 1995: Space and time distribution of Neogene-Quaternary volcanism in the Carpatho-Pannonian Region. *Acta Vulcanologica*, 7, 15-28.
- Popa M., Radulian M., Szakács A., Seghedi I., Zaharia B. 2012: New Seismic and Tomography Data in the Southern Part of the Harghita Mountains (Romania, Southeastern Carpathians): Connection with Recent Volcanic Activity. *Pure Appl. Geophys.* 169, 1557-1573
- Ridolfi F., Renzulli A., Puerini M. 2010: Stability and chemical equilibrium of amphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes. *Contrib Mineral Petrol* 160, 45-66
- Seghedi I., Downes H. 2011: Geochemistry and tectonic development of Cenozoic magmatism in the Carpathian-Pannonian region. *Gondwana Research*, 20, 655-672.
- Szabó Cs., Harangi Sz., Csontos L. 1992: Review of Neogene and Quaternary volcanism of the Carpathian-Pannonian region. *Tectonophysics* 208, 243-256.
- Szakács A., Seghedi I., Pécskay Z., 2002: The most recent volcanism in the Carpathian-Pannonian Region. Is there any volcanic hazard? *Geologica Carpathica Special Issue*, 53, 193-194.
- Vinkler A.P., Harangi S., Ntaflou T., Szakács A. 2007: A Csomád vulkán (Keleti-Kárpátok) horzsaköveinek közettani és geokémiai vizsgálata – petrogenetikai következtetések. *Földtani Közlöny* 137, 103-128.

KÖRNYEZETVÁLTOZÁS A SZÁRAZ-ANDOKBAN – AZ OJOS DEL SALADO MONITORING VIZSGÁLATA

ENVIRONMENT-CHANGES IN THE DRY ANDES – MONITORING RESEARCH ON THE OJOS DEL SALADO

Nagy Balázs¹, Mari László¹, Kovács József², Nemerkenyi Zsombor³, Heiling Zsolt⁴

¹ELTE Természetföldrajzi Tanszék, nagybalazs@caesar.elte.hu

²ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

³MTA CSFK Földrajztudományi Kutatóintézet

⁴A Földgömb az Expedíciós Kutatásért Alapítvány

Abstract

In 2012 The Földgömb Foundation for Expedition Research launched a surveying expedition with the aim of starting long-term data collection on the world's highest volcano, the 6893 m high Ojos del Salado. The expedition's importance is delivered by the location and its extreme environment – the major causing factors for its extremity are still undiscovered – as well as the fact that this had been the first long-term environmental and climate measurement ever launched at such a high altitude on Earth. Data and analyses of this long-term monitoring project provide basic information about environmental parameters, moreover, their monitored changes give us insight in to the dynamism of climate change and its consequences.

Based on our data we gained detailed information about the length and dynamism of frost-melt circles, the active layer thickness, the mean annual temperature of active layer (in several depths), the current processes of glacier ice-degradation. We have explanation for the formation of local high mountain lakes, for the fossilization of megaripples by heavy sediment particles and for the lack of characteristic periglacial slope processes.

Keywords: Ojos del Salado, eolian processes, ice-degradation, permafrost, active layer, temperature monitoring

Kulcsszavak: Ojos del Salado, eolikus folyamatok, jégdegradáció, permafroszt, aktív réteg, hőmérséklet-monitoring

Bevezetés

A Földgömb az Expedíciós Kutatásért Alapítvány – több, előzetes terepfelmérő út után – 2012-ben indította el magashegyi környezetváltozás-monitoring vizsgálatát Chilében, az Ojos del Salado (6893 m) térségében. A hosszú távra tervezett kutatómunka célja a klímaváltozás okozta átalakulások pontos feltárása a Száraz-Andok legmagasabb részén. A kutatási helyszín olyan terep, amelynek környezeti extremitása ismert ugyan, de működési sajátosságai, pontos adatai még feltáratlanok. A hosszú távú monitoringvizsgálat a terepi adatgyűjtéssel, majd a feldolgozással az extrém helyszín olyan környezeti paramétereiről (elsősorban a hegyi sivatagról, a periglaciális környezetről és a permafrosztról) ad alapinformációkat, amelyek változásai egyben a klímaingadozás dinamikájának, következményeinek jelzői is.

A jégdegradációt, az eolikus folyamatokat és az olvadékvíz-utánpótlás jellegzetességeit feltáró kutatás első lépéseként 2012-ben 4200 métertől a 6893 m-ig 5 magassági lépcsőben hőmérsékletmérő műszereket helyeztünk el a regolitban (különböző mélység-tartományokban), de emellett megkezdődtek a geomorfológiai felmérések-elemzések is. 2014-ben lezajlott a műszerek első leolvasása, folytatódtak a helyszíni geomorfológiai vizsgálatok, további műszertelepítések történtek (4600 m-en új állomás, 5300 és 5950 méteren szélcsapadék elhelyezése), elemeztük a jégdegradációt, az olvadékvíz útját és a periglaciális jelenségek elhelyezkedését, megtaláltuk a Föld legmagasabb tömedencéjét (6500 méteren) és minden nedves közegből mintát vettünk az extremofil élőlények vizsgálatához.

A kutatómunka jelen fázisában – 2 éves adatsor alapján – már ismerjük a vizsgált helyszínek oladási és fagyási periódusainak hosszát, dinamikáját, a regolit aktív rétegének évi középhőmérsékleteit, az aktív réteg vastagságviszonyait, a gleccserdegradáció mai folyamatait. Magyarázni tudjuk a Föld legmagasabban fekvő tavainak keletkezését, mai helyzetét és kilátásait, a periglaciális tömegmozgások alárendelt szerepének okait, valamint a különlegesen aktív eolikus folyamatok során keletkezett meghatározó alakzatok, az óriásfodrok mai állapotát is.

Helyszín

Az Andok legszárazabb része, a Puna de Atacama magasföld és az innen kiemelkedő 6000 méternél magasabb tűzhányók a Föld egyik legextrémebb környezetét alkotják. Itt található bolygónk legmagasabb vulkánja, a 6893 m-es Ojos del Salado (27°06'34.6" D, 68° 32'32.1" Ny), amely a chilei-argentín határon rendkívül hideg és száraz (150 mm/évnél kevesebb csapadék, Messerli et al. 1997) területen jégsapka nélküli hegytömegként tornyosul. 6000 m körül gyakran előfordulnak -10 °C alatti nyári nappali hőmérsékletek, az 5000 m fölötti területen pedig eső egyáltalán nem jellemző, ám néhány óras havazás nyáron is szinte minden héten várható – a hó gyors, teljes elszublimálásával. A hóviszonyokról, ill. a térség állandó, felszíni jegének előfordulásáról távérzékeléses elemzés készült (Gspurning et al. 2006), azonban az aktuális hóborítás gyakran igen rövid jelenléte miatt mind a

csapadékatatok, mind az olvadékvíz-bebecslések bizonytalanok – nem beszélve a jégmaradványok, jég típusok elkülönítéséről, degradációjának, fogyási folyamatainak meghatározásáról.

Földünkön itt húzódik legmagasabban az éghajlati hóhatár (7000 m körül, Clapperton 1994), itt találunk legmagasabban – időszakos – tavakat (6000-6500 méter között többet is), ez bolygónk legmagasabban húzó sivataga (kb. 6000 m-es magasságig). Maga az Ojos del Salado szunnyadó tűzhányó, fő működési ideje mintegy 30 ezer éve zajlott (Moreno and Gibbons 2007), ma vulkáni kísérőjelenségek működnek rajta és környezetében néhány helyen. Méréseink adatait tehát a vulkán-jelleg nem befolyásolja, a kapott szignál a környezetre vonatkozik, nem pedig egy magma fűtötte testre. Viszont ez a hegy, mint vulkáni komplexum emelkedik legmagasabbra és a legextrémebb helyen, a „Szárász-Andok” puna-területén (Karátson et al. 2011).

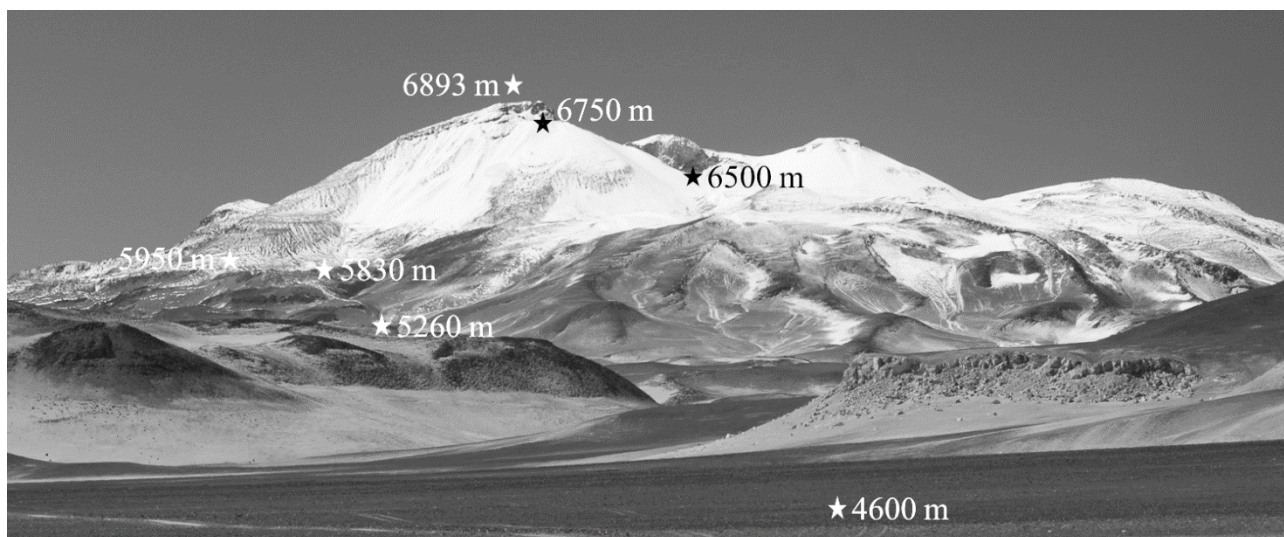
E sós tavakkal, az édesvíz hiányával, rendkívül gyér növényzettel, ám erős széllel és nagy mennyiségű üledéket szállító viharokkal jellemezhető, lakatlan magashegyi kőtörmelék terep környezetváltozásáról, a klímaváltozás következményeiről nincsenek részletes adatok. A geomorfológiai felmérés is távérzékeléses módszerekkel zajlott (Kaufmann et al. 1995). Ennek oka a szélsőséges, sokszor embertelen időjárási feltételekben, a körülményes megközelíthetőségben, a nagy magasságban és a nehéz terepben is keresendő. Pedig szélsőséges szárazsága és rendkívül alacsony hőmérséklete miatt földrajzilag olyan extrém terület, amely kiváló indikátorként is működhet: mind a melegedés, mind az ezzel járó további (felszín alatti) jégolvadás, a nedvesedés és a szárazodás is dinamikusan változtathatja környezeti viszonyait. Az Ojos del Saladóra vonatkoztatott megállapítások ugyanakkor kiterjeszthetőek: a Szárász-Andok hatalmas kiterjedésű területén alapvetően hasonló magashegyi sivatagi állapotok jellemzőek. Itteni következtetéseinknek ezért regionális feltáró szerepe is van.

Módszerek, eszközök

Kutatásaink során terepbejárások, szelvényelemzések révén részletesen feltártuk az Ojos del Salado és környezetének geomorfológiai viszonyait, hiszen mérőhelyeink kijelöléséhez ez elengedhetetlenül szükséges volt. Mindehhez felhasználtuk a területről rendelkezésre álló, több időpontban készült, 1*1 méteres terepi felbontású, a GoogleEarth szerveréről elérhető űrfelvételeket (2007. április 29., 2008. december 16., 2012. április 17.). A felszín alatti hőmérsékletmérés HOBO Pro v2 dataloggerekkel folyik. A 2012-es telepítés alapján:

- 4200 m-en 10 és 35 cm mélyen (itt végül – állatbolygatás miatt – közetfelszíni hőmérsékletet sikerült mérni)
- 5260 m-en 10, 35 és 60 cm mélyen
- 5830 m-en 10, 35 és 60 cm mélyen
- 6750 m-en 10 és 17 cm mélyen
- 6893 m-en a felszínen és 10 cm mélyen

2014-ben 4600 méteren még egy állomást hoztunk létre (10 és 35 cm mélyen elhelyezett műszerekkel), valamint 5950 m-en, 2 m magasságban, árnyékolt helyen is elhelyeztünk egy adatgyűjtőt (1. ábra).



1. ábra. A legfontosabb vizsgálati helyszínek az Ojos del Saladón

Figure 1. The most important research sites on the Ojos del Salado

A mérési gyakoriság óránkénti, vagyis a két éves mérési periódusban egy műszerből mintegy 18 ezer adat származik. Az eolikus alakzatokat, ill. anyagukat úrfelvétel alapú képfeldolgozással, helyi szelvénykészítéssel, mintagyűjtéssel és laboratóriumi sűrűségméréssel vizsgáltuk. A nagyszemcsés hordalékszállítás vizsgálatához három szélcsapdát állítottunk föl 5300 és 5950 méteren.

A hó-firn-jég elkülönítésre terepi precíziós mérleget és Eijkelkamp mintavevőket használtunk.

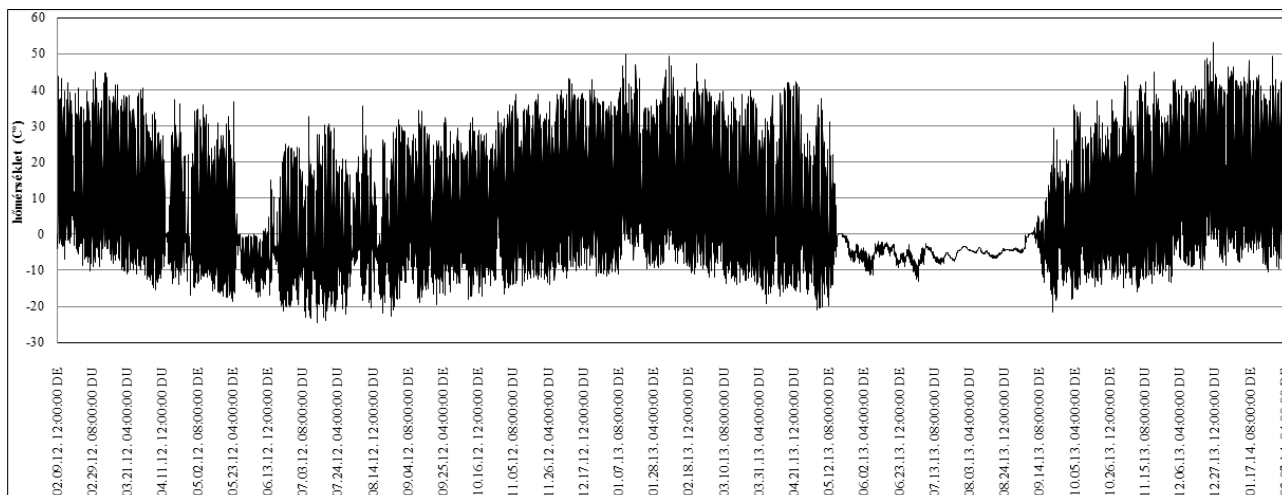
A regolit porozitásának, vízszállításának megállapítására fémcső-mintákat vettünk.

Az extrém környezet baktérium együtteseinek elemzéséhez 3800 és 6500 m között gyűjtöttünk nedves mintákat, melyeket hűtve tároltunk.

Eredmények

Az Ojos del Saladón mintegy 6000 méteres magasságig sivatagi környezetet találunk. Ennek leggyakoribb felszíntípusai (a széleróziós terepek, szélmarta sziklák és maradéktakarók mellett) a kősvatagos felszínek és a homokleples, ill. hullámfodrokkal borított területek.

Az igen erőteljes hóingás és rendkívüli fagyváltozékonyság okozta aprózódás mindent betemető törmelékképződéshez vezet. A 4200 méteres adatgyűjtő helyünkön az egyik műszer két éven keresztül kősvatag-felszíni hőmérsékletet mért – közvetlen besugárzás alatt (2. ábra). Ebből megállapítható, hogy hóborítás nélkül kb. 330-340 nap fagyváltozékony a felszínen! A szélsőséges napi ingás eltűnése jelezte hóborítás viszont szélsőségesen alakul, mivel az első évben összesen mintegy 3-4 heti volt, míg a második évben összidőtartama elérte a 4 hónapot, a napi hóingás-érték pedig az 50 °C-t is meghaladta (télen is, amikor nappal akár 30 °C fölé melegedett a felszín, majd éjszaka -20 °C-ig is hűlhetett).



2. ábra. Felszíni hőmérsékletváltozás (2012.02.09 – 2014.02.07) 4200 m-en

Figure 2. Surface temperature at 4200 m asl. (02.09.2012 – 02.07.2014)

Ugyan gyakoriak a maradéktakarós kősvatagos felszínek is, de ahol van szemcseutánpótlás, ott az aprózódott felszíni törmelék a növényzettelen, száraz terepen jellemzően hullámfodrokba rendeződik (3. ábra). Ez elsősorban szelíd, hegylábi lejtők luv oldalán jellemző.

E hullámok 4000 m körül még nem különböznek jelentősen az átlagos ripple mark méretektől, az 5000 m fölötti legszelesebb helyszíneken a Föld legnagyobbjai közé tartoznak (Milana 2009, Milana et al. 2010, de Silva 2010). Belső, rétegzett anyaguk döntően horzsakő és homokfrakciójú hordalék (4. ábra).

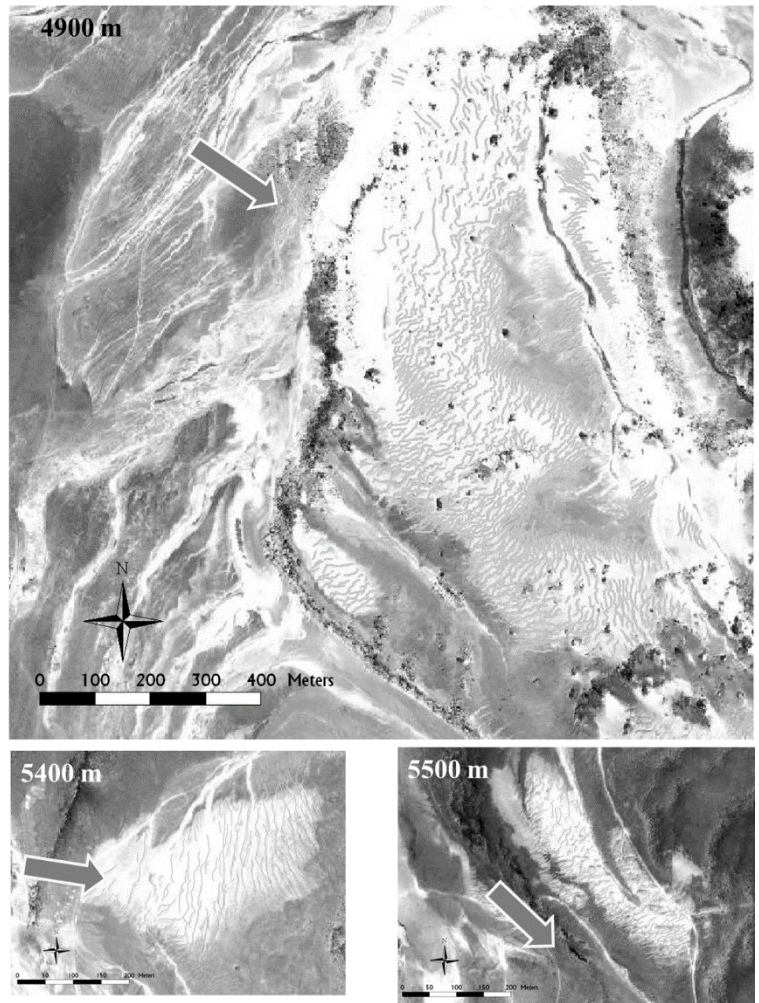
Az Argentínában 4400 m körül végzett kormeghatározások szerint akár 1500 évesek is lehetnek a felépült fodrok (Bridges et al. 2012). Az Ojos del Saladón mintegy 1000 méterrel magasabban fekvő területen azonban a legérdekesebb sajátosságuk a nagyszemcsés, nehéz üledékborítás. A gyakori, viharos szelek által könnyen szállítható horzsakő és homokszemcse méreten és súlyon túl itt a felaprózódott lávaközetek anyagát találjuk a hullámfodrokon (5. ábra).

E fedett hullámok már nem mozognak, a nagy és nehéz szemcsék konzerváló szerepűek. De hogyan kerülnek a hullámfodrokra? A hullámok kialakulására és a fedőréteg érkezésére is a felszíni törmelékkel kapcsolatban álló nedvesség, hó és jég jelenléte – vagy eltűnése – ad választ.

Az Ojos del Salado felszíni jégborítása napjainkra néhány apró, 100-méteres nagyságrendű holtjégfoltra zsugorodott (6. ábra).

3. ábra. Hullámfodrok az Ojos del Salado térségében, a nyilak a szélirányt jelzik

Figure 3. Ripple mark fields by the Ojos del Salado area (arrows show the wind direction)

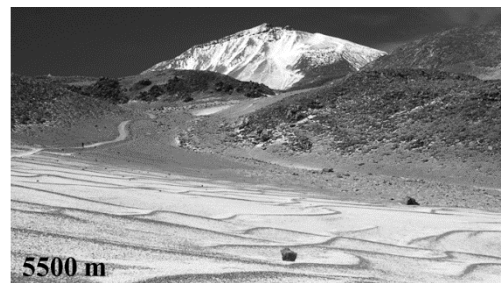


4. ábra. A jellemző hullámfodor méret-osztályok

Figure 4. The typical ripple mark dimensions

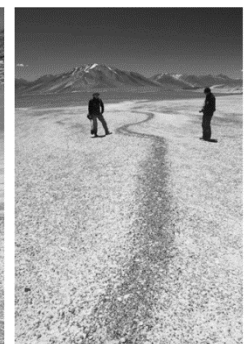


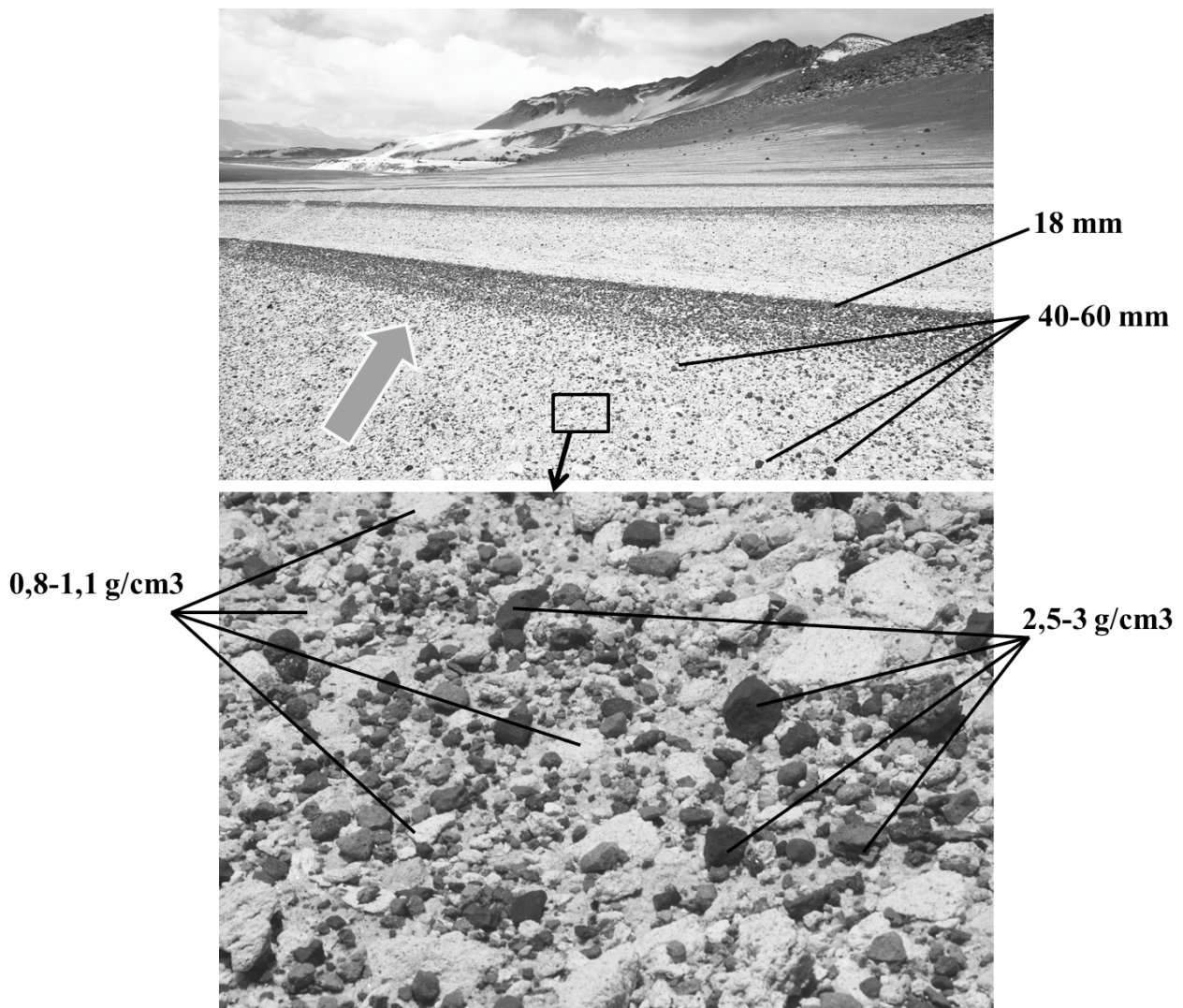
kisméretű fodrok
hullámhossz: 30-90 cm
amplitúdó: 2-5 cm



középméretű fodrok
hullámhossz: 3-12 m
amplitúdó: 20-50 cm

nagyméretű fodrok (óriásfodrok – megaripples, MR)
hullámhossz: 15-44 m
amplitúdó: 60-230 cm





5. ábra. Sötét, nehéz szemcsékkel fedett gerincű fodrok 5300 méteren

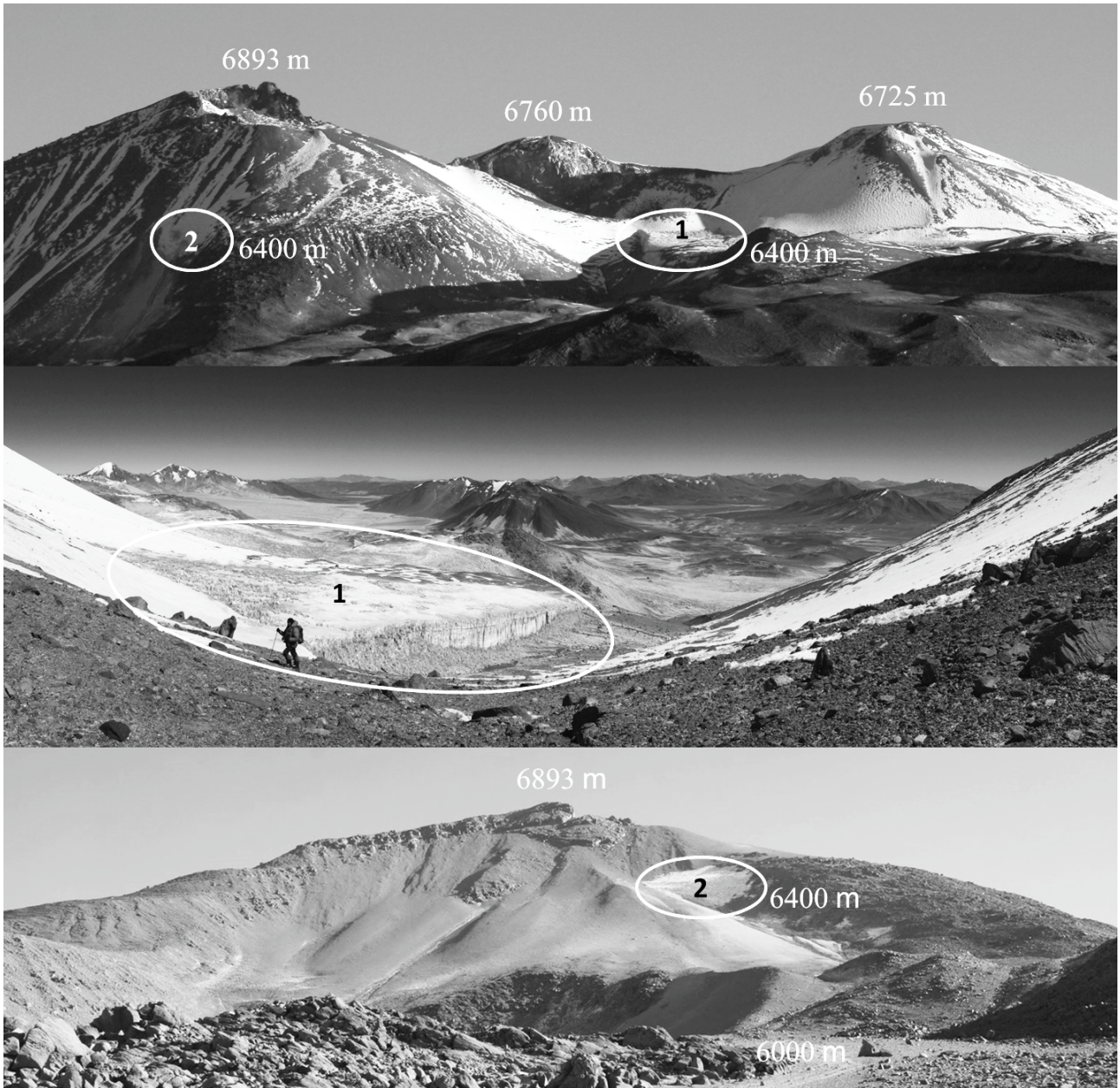
Figure 5. Dark, heavy weight sediment cover on the ripple marks at 5300 m asl

A hegyen kialakult egykori gleccserek maradványjege azonban törmelék alá temetve, lejtőtörmelékkel fedve és jégmagvú oldalmorénasáncok formájában (5000 és 6300 m között) a felszíni megjelenésénél nagyobb mértékben is jelen van ma még. A gleccserjég fogyását e száraz területen a törmelékkel való betemetődés – szigetelő jellegénél fogva – jelentősen késlelteti, ám napjainkban pont ezen eltemetett jég olvadása az egyik legdominánsabb folyamat. Az olvadás akkor gyorsul fel, amikor az eltemetett jégtömb a felszínre kerül: ez akkor valósul meg, ha az olvadékvizek (melyek szerepe ma egyre nő a növekvő olvadás miatt) bevágódnak a völgytalpon, alámoszák a völgyoldalakat és a jeget fedő homok vagy épp horzsakő lecsúszik. E folyamat viszonylag rövid idő alatt megváltoztatja a völgy morfológiáját.

A holtjég-tömb olvadása ugyanakkor megindulhat az elvékonyodó homokrét alatt is, aminek az lesz a felszíni következménye, hogy a homok tömörödik, kerekded, sekély mélyedések, a fedett karsztok szuffóziós, utánsüllyedésszerű töbreihez hasonló alakzatok jönnek létre (7. ábra).

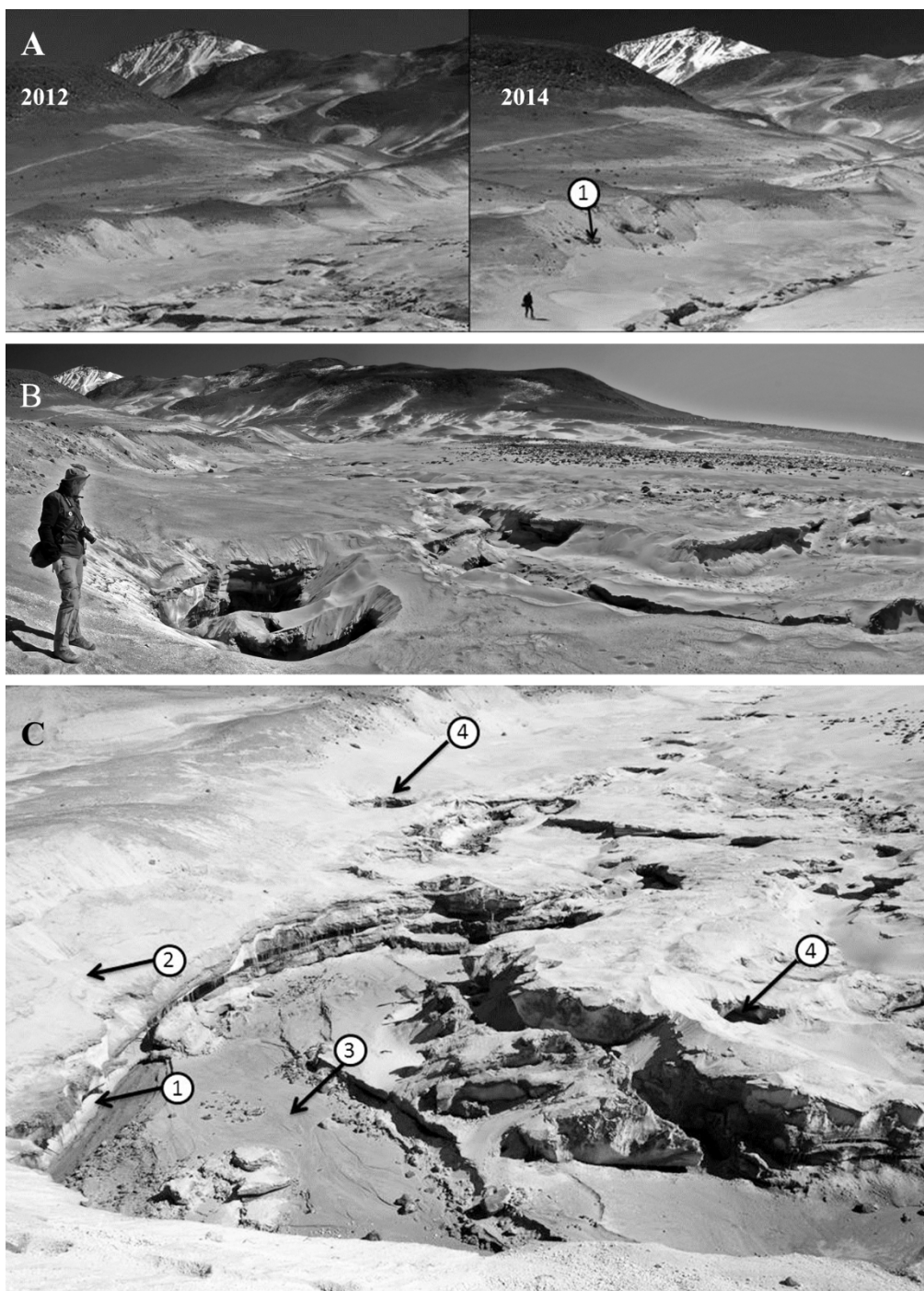
A völgyet kitöltő jég alatt utat találó olvadékvíz jégalapi alagutat olvaszt. Ezekben a jég alulról olvadva tágíthatja az üreget, felharapódzik a fedőanyagig. Ha nagyméretű üreg alakul ki, akkor a fedő moréna, horzsaköves homok beszakad és a felszínen lyuk képződik. Kialakul a lezökkenésszerű, utánsüllyedésszerű pszeidotöbör (Eberhard and Sharples 2013).

A felszíni és az eltemetett gleccserjég olvadásából származó víz mellett a permafroszt aktív rétegéből származó olvadékvíz is rendkívül jelentős. Ez az alapvetően szivárgó nedvesség a zárt mélyedésekben a felszínre kerül, így magashegyi (sekély) tavak képződnek. A tavak túlfolyásából viszont már patakok indulhatnak.



6. ábra. Gleccsmeradványok, holtjégfoltok az Ojos del Saladón

Figure 6. Glacier-remnants, dead-ice bodies on the Ojos del Salado

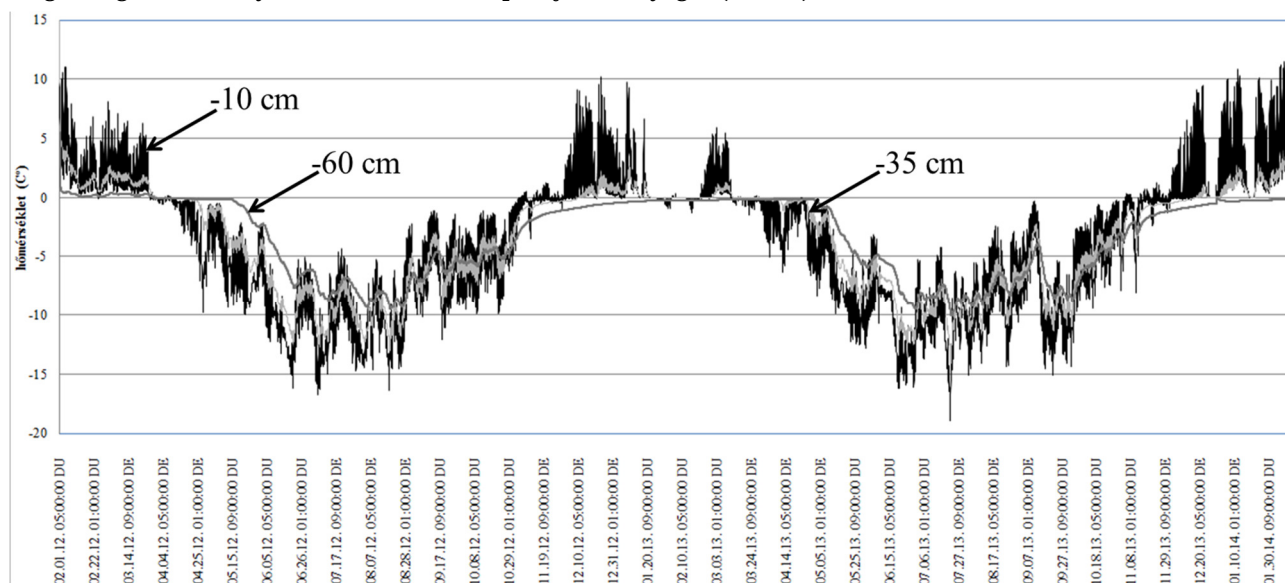


7. ábra. A: Egykori gleccservölgy oldalmorénái 5300 méteresen, 1. kibukkanó holtjég, B: Lezökkenéses, utánsüllyedéses pszeudotöbör, C: 1. jég, 2. horzsakő és homokréteg, 3. olvadékvíz, 4. lezökkenésess pszeudotöbör

Figure 7. A: Lateral moraines of a former glacial valley at 5300 m asl, 1. Dead ice outcrop, B: Downcast fault subsidence pseudodoline, C: 1. ice, 2. pumice and sand layer, 3. meltwater, 4. downcast fault subsidence pseudodoline

A permafroszt olvadása, a jéggel rendelkező övezet magasabbra tolódása akkor vizsgálható, ha adataink vannak az aktív réteg hőmérsékletjárásáról, ill. a H₂O halmazállapot-változásairól. A geomorfológiailag legjellegzetesebb, reprezentatív magassági szinteken elhelyezett mérőállomásaink ezt a célt szolgálják. Így meghatározhattuk, hogy az Ojos del Salado csúcsán a 10 cm-nyi vastagságú törmelékben mért évi középhőmérséklet (8 cm-rel a felszín alatt) -17,4°C és a vizsgált 730 naptól mindössze 18 napon fordult elő kevéssel fagypont fölötti hőmérséklet, 97 napon azonban -25 °C alá ment a regolit hőmérséklete. A gyakorlatilag állandóan fagyott közettörmelék ugyanakkor teljesen száraz, így laza, morzsolódó állagú.

Az alacsonyabb szinteken végzett mérések azonban kiválóan mutatták az aktív réteg hőmérsékletjárásán keresztül a fagyás-olvadás ciklusait, ami legfőképp a halmazállapotváltozások időszakainak meghatározása és az aktív réteg megvastagodásának nyomon követése szempontjából lényeges (8. ábra)



8. ábra. Az 5830 méteren létesített állomás aktív rétegében (10, 35 és 60 cm mélyen) mért hőmérsékletek (2012.02.01 – 2014.02.14)

Figure 8. Active layer temperatures [-10, -35 and -60 cm] at the 5830 m station (02.01.2012 – 02.14.2014)

A 60 cm-es mélységig megvastagodó aktív réteg fagyási-olvadási ciklusairól a napi periodicitás-elemzés nyújt képet. (9. ábra). A periódusok eltűnése a nagy energiát felemészítő halmazállapot-változások sajátossága. Míg a téli időszakokban a teljesen átfagyó aljzatban végig tapasztalható a napi hőmérsékleti ciklikusság, az olvadási időszakban mindez megszakad.

Ennek különlegessége, hogy a kiszáradó felszínközeli részek miatt a felső rétegek nyári újrafagyása – az alacsony külső hőmérsékletek ellenére is – viszonylag ritka jelenség. Ugyanakkor az aktív réteg alsó része felé haladva – a magasabb nedvességtartalom miatt – gyakrabban történik halmazállapot változás, 60 cm mélyen gyakorlatilag a nyári szezonban a víz-jég határán váltakozik a közetszemcsék közötti nedvességtartalom. Az aktív réteg ebben a magasságban 8 hónapon át (áprilistól decemberig) fagyott állapotú, évi középhőmérséklete – mélységtől függően – -3,2 – -3,5 °C. Az olvadási időszakot 4-5 igen hideg szakasz tagolja, ekkor a felső rétegek időleges újrafagyása is megindul. Huzamosabb, vastagabb nyári hótakaró jelenlétére nem utalnak az adatok.

E szintnek – a cementjég viszonylag hosszú, ám elnyúló olvadási szakasza és jelentős felolvadási mélysége miatt – igen jelentős szerepe van az alacsonyabb szintek vízellátásában: a legfontosabb felszín alatti vízforrásnak tekinthető.

Következtetések

A szunnyadó óriásvulkán jégtartalma – mint aktív vízbázis – jelentős átalakuláson megy keresztül, s e száraz területen a jégolvadás alapvetően meghatározza a felszínfejlődést, ennek pedig évtizedes távlatú komoly környezeti hatásai lesznek.

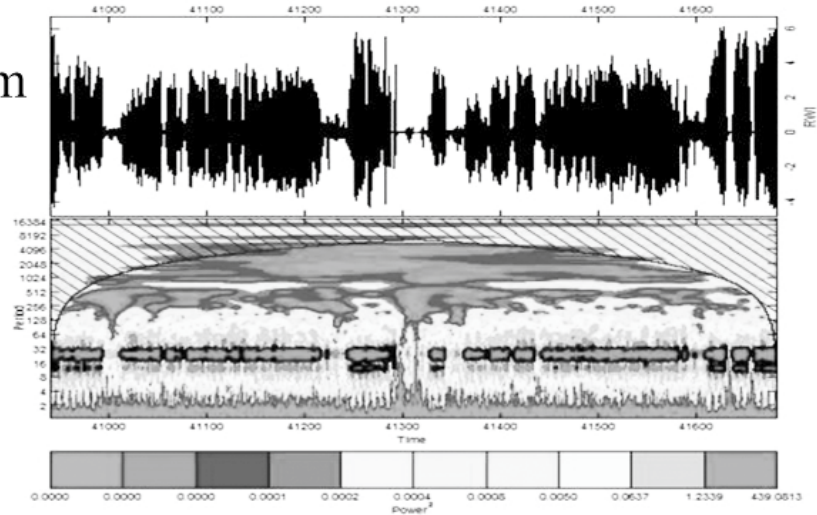
Az eolikus folyamatok hordalékszállítását ott a legerőteljesebb, ahol a felszíni rétegek hosszú időszakra engednek föl és száradnak ki, nyári újrafagyásuk pedig nem jellemző. Az 5300 m körüli szintben az aktív réteg évi középhőmérséklete -0,3 – -0,48 °C, amely fél éves, gyors ütemű felolvadást és aktív réteg mélyülést takar. A felszíni, felengedő és száraz üledéket könnyen megmozgatják a jellemzően igen erős, nyaranta méréseink szerint napi gyakorisággal 40-50 km/h-s szelek. Az erősebb viharok ugyanakkor háromszor ekkora szélsőséget is elérnek. A nyári, rendszeres havazások néhány nap alatt elszublimáló havának felszíne azonban megfagy (a nyári, éjszakai hőmérsékletek -8 – -10 °C-osak ebben a magasságban). A hullámfodrok hullámvölgyeibe betelepülő hó fagyott felszíne jelenti a csúszópályát ilyenkor a nagy sűrűségű kőzetdarabok számára, melyek ekkor hullámhegytől hullámhegyig csúszhatnak a szellőkések révén. A könnyen kialakuló és elterjedt horzszakó, ill. homokfodrokra (Thomas 2011), így mozgást gátló, de egyben konzerváló hordalékréteg települ.

A jég- és firnmaradványokat már betakart homokleplek aktív nyári mozgásban vannak, de az olvadási folyamatok ma jelentékenyen átalakítják felszínüket – a jégre települt morénaanyaggal együtt. Szuffóziós alakzatok, olvadásformák és olvadákvíz-erodálta felszínek jönnek létre éves skálán is kirajzolódó sebességgel.

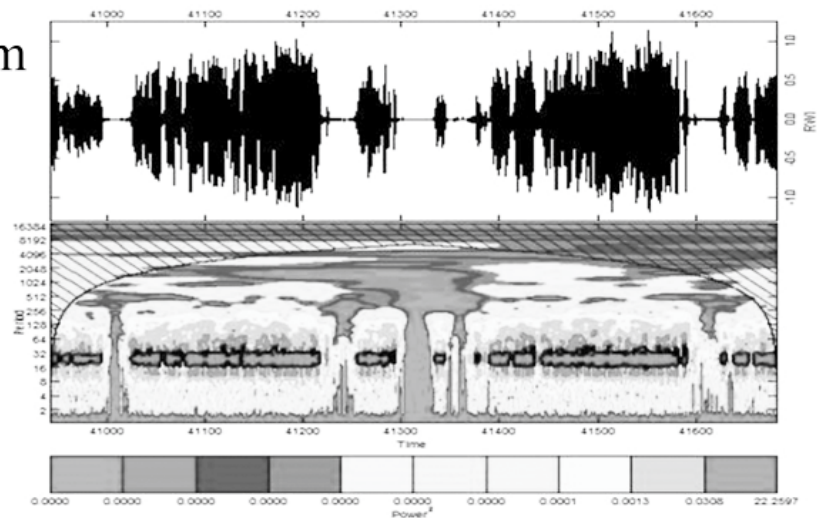
9. ábra. Az 5830 m-en fekvő állomás aktív rétegében (10, 35 és 60 cm mélyen) mért hőmérsékletjárás periodicitása (a periodicitás meglétét minden mélységnél az alsó diagramrészek központi, vastag sávja jelzi)

Figure 9. Active layer temperature periodicity (-10, -35 and -60 cm) at the 5830 m station (the thick horizontal line shows the existence of periodicity)

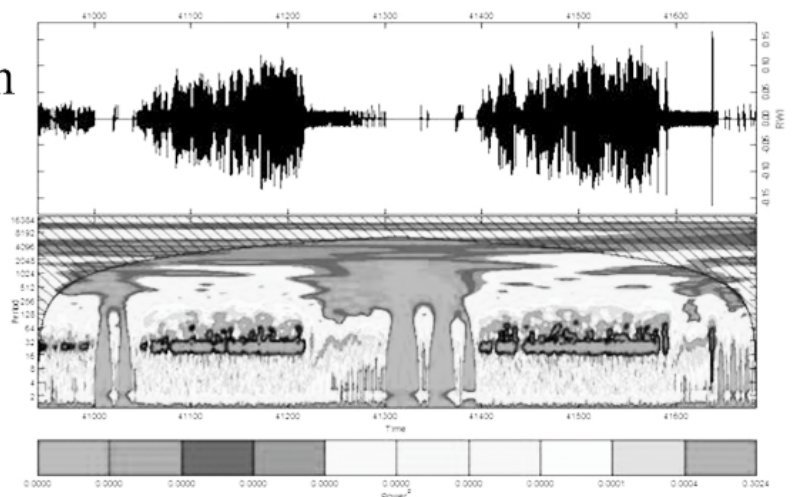
10 cm



35 cm



60 cm

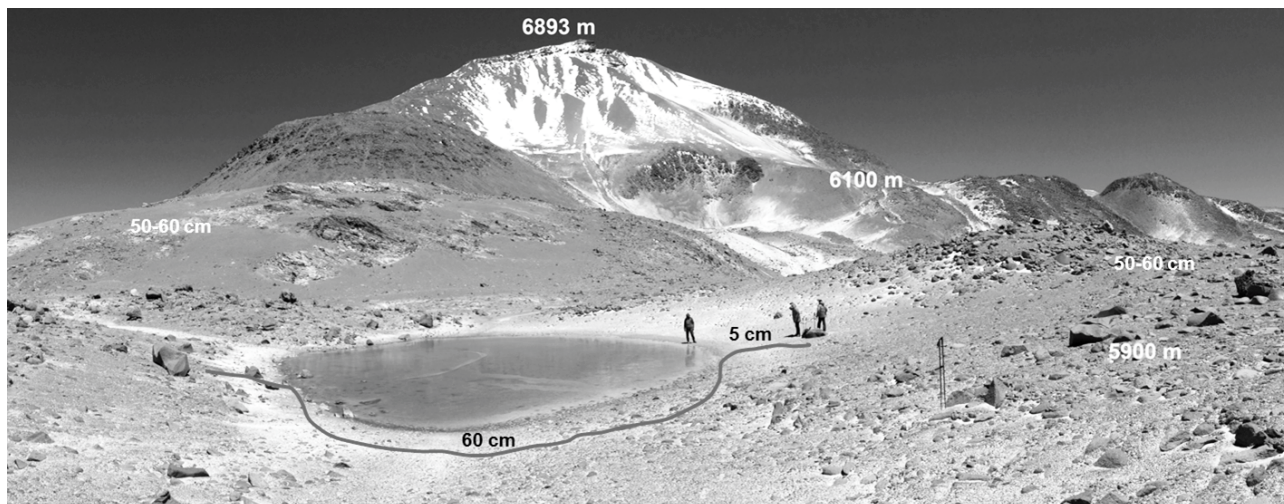


Az eltemetett jég mai degradációja különösen figyelemre méltó: az olvadékvíz mennyiségének növekedése figyelhető meg. A jégolvadás rövid távon növeli a felszíni és felszín alatti vízáramlás mennyiségét, néhány évtizedes távlatban azonban a regolitban jégcementként megjelenő jég elfogyása várható, ami drasztikus kiszáradáshoz vezet. Az olvadékvíz legfontosabb forrásterülete az 5800-6000 méteres övezet: az aktív réteg felengedése elnyújtott folyamat, a jégcement olvadása egész nyáron szivárgó nedvességgel táplálja a lejtők felengedő regolitrétegének alját. Ebben a szintben az aktív réteg megvastagodása jellemzően 50-60 cm-es mélységig terjed, a szivárgó víz a medenceterületeken tavakat hoz létre (10. ábra), s az erős besugárzás hatására e sekély (1 méternél ritkán mélyebb) állóvizek nyáron akár 9 °C-ra felmelegednek, miközben a levegő nappali hőmérséklete árnyékban itt ugyanekkor

fagyponthoz közeli. A tavak hőátadása tovább csökkenti alatta a permafroszt mennyiségét, jelentős méretű talikokat létrehozva.

Az aktív réteg kiszáradó felszínközeli része miatt a periglaciális lejtős tömegmozgások jelenléte alárendelt.

A besugárzás növekedésével, a felszín erőteljesebb felmelegedésével az aktív réteg további vastagodása, hosszabb távon pedig a permafroszt degradációja következik be. Ez nyaranta egyelőre növekvő lefolyást okoz, de a permafroszt felszakadozásával, az övezet magasabbra szorulásával és zsugorodásával néhány évtizedes távlatban ebben a tekintetben is szárazodás várható.



10. ábra. Permafroszt eredetű olvadékvízből táplálkozó tó 5900 méteren az aktív réteg maximális nyári vastagságával

Figure 10. Permafrost based meltwater lake at 5900 m asl., with the maximum active layer thickness

Irodalom

- Bridges, N.T., de Silva, S.L., Zimbelman, J.R., Lorenz R.D. 2012: Formation conditions for coarse-grained megariipples on Earth and Mars: lessons from the Argentinian Puna and wind tunnel experiments - Third International Planetary Dunes Workshop
- Clapperton C.M. 1994: The Quaternary glaciation of Chile - Revista Chilena de Historia Natural, 67:369-383
- de Silva, S.L. (2010): Largest wind ripples on Earth? Comment - Geology, 38. 218.
- Eberhard, R., Sharples, C. 2013: Appropriate terminology for karst-like phenomena: the problem with 'pseudokarst' - International Journal of Speleology 42. (2) 109-113.
- Gspurning, J., Lazer, R., Sulzer, W. 2006: Regional climate and snow/glacier distribution in Southern Upper Atacama (Ojos del Salado) - an integrated statistical, GIS and RS based approach - Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung, 41. 59-70.
- Karátson, D., Telbisz, T., Wörner, G. 2011: Erosion rates and erosion patterns of neogene to Quaternary stratovolcanoes in the Western Cordillera of the Central Andes: an SRTM DEM based analysis - Geology, doi:10.1016/j.geomorph.2011.10.010
- Messerli, B., Grosjean, M., Mathias Vuille, M. 1997: Water availability, protected areas, and natural resources in the Andean desert Altipano - Mountain Research and Development, vol. 17, No.3, 229-238
- Milana, J.P. 2009: Largest wind ripples on Earth? - Geology, 37. 343-346.
- Milana, J.P., Forman, S. and Kröhling, D. 2010: Largest wind ripples on Earth? Reply - Geology, 38. 219-220.
- Moreno, T., Gibbons, W. (2007): The Geology of Chile - Geological Society of London, 414.
- Kaufmann, V., Klostius, W., Benzinger, R. 1995: Topographic mapping of the Volcano Nevado Ojos del Salado using optical and microwave image data. - Proceedings of the 3rd International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography, Mendoza, Argentina, 47-59.
- Thomas, D. S. G. 2011: Arid Zone Geomorphology: Process, Form and Change in Drylands - John Wiley & Sons, 648

1989–2014: 25 ÉV EGYÜTTMŰKÖDÉS A ROMÁNIAI MAGYAR FÖLDTUDOMÁNYI FELSŐOKTATÁSÉRT

1989–2014: 25 YEARS OF CO-OPERATION
FOR THE HUNGARIAN EARTH SCIENCES-RELATED HIGHER EDUCATION IN ROMANIA

Weiszbürg Tamás

*Eötvös Loránd Tudományegyetem Ásványtani Tanszék
glauconite@gmail.com*

Abstract

The 1989 Romanian Revolution was a turning point in scientific professional connections between earth sciences-related Hungarians living in Romania and Hungary. Before 1989 these connections were semi-legal or rather illegal, while after 1989 they became systematic, and formed the ground for co-operations also in higher education. In Romania in 1989 there was no higher education in Hungarian in any of the earth sciences-related fields. Today there are several such study lines offered at two universities. 25 years ago the serious lack of professors and other teaching personnel with Hungarian language skills in Transylvania projected a dark future for plans of revitalizing the traditional Hungarian geo-degrees. These degrees were terminated in 1959 by the politically forced merger between the Hungarian Bolyai University and the Romanian Babeş University in Cluj (Kolozsvár). However, in the mid 1990s an unexpected boom of degree programmes, including geology and geography, offered in Hungarian at the Babeş-Bolyai University resulted in a boom of Hungarian students, and, with some delay, a boom in the Hungarian faculty positions. The latter was more successful in geography than in geology, however at both fields an intensive co-operation with the universities in Hungary was essential for setting up the programmes of good quality standards. In 2001 a second, new university, the Sapientia Hungarian University of Transylvania was founded, and since 2002 it offers a degree programme in environmental sciences with strong geo components. Today, after 25 years, a consolidated system of BSc degree programmes is offered in Hungarian: geography and geology at the Babeş-Bolyai University, environmental sciences at both universities. In that situation the new challenges relate to the future accreditation of MSc degree programmes in Hungarian as well as to the further improvement of the quality of the Hungarian BSc programmes. Both actions need the continuation of the co-operations built up in the last 25 years.

Keywords: earth sciences, higher education in Hungarian, Romania

Kulcsszavak: földtudomány, magyar nyelvű felsőoktatás, Románia

Az előzmények

1872-ben alapították meg Kolozsvárott Magyarország második modern egyetemét. A földtudományok – nyilván nem függetlenül az ösztönző csodás természeti környezettől – a kezdetektől jelen voltak, olyan professzorok munkálkodtak itt, mint Koch Antal vagy Cholnoky Jenő. A Kolozsvári Egyetem néhány évtized alatt a magyar tudományos élet meghatározó intézménye lett. A két világháború korszakához kapcsolódó többszöri költözés után az egyetem 1945-ben nem hagyta el Kolozsvárt, és Bolyai Egyetem néven keretet adott 1959-ig a magyar nyelvű felsőoktatásnak, immár Romániában. Az 1959 és 1989 közötti 30 szűk esztendő alatt azonban a legtöbb tudományterületen, így a földtudományokban is teljesen megszűnt a magyar nyelvű egyetemi képzés; és ami még ennél is jobban érintette a jövőt, lehetetlenné vált, hogy magyar tanárok kerüljenek be az ekkor már Babeş-Bolyai Tudományegyetem (BBTE) oktatói közé.

Az 1970-es, 80-as években még fel lehetett keresni a már nyugdíjas vagy nyugdíjhoz közeledő, a Bolyai Egyetemtől megörökölt magyar professzorokat, akik örültek az anyaországi fiatal látogatóknak, de csak otthonukban, sokszor ott is csak suttogva, vagy a kertbe kimenve tudunk velük beszélgetni. Fiatalok, középkorúak pedig nem voltak.

A változás

1990 januárjának elején, hivatott a Természettudományi Kar dékánja, Klinghammer István: „Van itt két kolozsvári geológus diák, románul tanulnak, de szeretnének magyarul. Foglalkozz velük, segíts nekik, amiben lehet.” A két István nagyon határozott volt: ők magyarul szeretnék a szakmát tanulni. Éppen Szakáll Sándorral indultunk Erdélybe, így pár nappal később már Kolozsváron beszélgettünk, a Farkas utcai épületben. 16 év után – végre – kinyílt előttünk az egyetemi Ásványgyűjtemény kiállítóterének vasrácsos ajtaja is. Megtörtént a változás. De a pompás példányok alatti régi cédulákat csak mi ketten tudtuk olvasni. A fiatal román kolléga, aki nem félt immár beengedni minket, nem. Nem tudott magyarul. Kicsit sem.

Ekkor még reménykedtünk, egészen márciusig, hogy az őszön elindul Kolozsváron is a magyar oktatás. Az egyetemen kutatóként dolgozó Wanek Ferenc szervezésében „vasárnapi iskolák” indultak a hétvégén Budapestről előadni érkező kiváló tanárokkal a magyar diákoknak. Aztán mégsem lett belőle semmi, akkor. Hét évet tévedtünk, de szerencsére csak hetet.

A két István átjött az ELTE-re. Szállást kaptak, ösztöndíjukat egy magyar geológus, KGy, adta a Koch Sándor Alapítványon keresztül, azzal a feltétellel, hogy kilétét nem fedjük fel. Mindketten remekül diplomáztak. Egyikük Albertában, másikuk Saskatchewan-ban doktorált. E cikk írásakor, 2014 nyarán rájuk kerestem a világhálón. Előbbi Calgary-ben, utóbbi Szingapurban. Vezető szakértők, a szakmában dolgoznak. Egyikük angol honlapján, a szűkített önéletrajzban is szerepel: a legelső HUNGEO (HUNGEO'96) Legjobb Előadói Díját nyerte el. Másikuk az Erdélyi

Múzeum Egyesület (EME) geológus osztályának, a GEKKO-nak honlapján tűnik fel, előadóként, támogatóként. A kör bezárul: a kolozsvári egyetemi Ásványgyűjtemény eredeti tulajdonosa, az EME is visszkap valamit.

Az indulás

A Babeş-Bolyai Tudományegyetemen „az újjáépítés éveiben a természet-tudományok közül a geológia mellett a geográfia helyzete volt a legsúlyosabb, hiszen a magyar nyelvű oktatás csaknem teljesen megszűnt.” „1990 és 1994 között a Földrajz Tanszéken (ebben az időben a földrajz egy karon belül működött a biológiával és geológiával) csupán két magyar geográfus oktatott” (Benedek 2002).

„Három magyar geológus volt a 89-es politikai fordulat pillanatában az egyetem szolgálatában.” Közülük oktatói státuszban azonban csak egy: „a Bolyai Egyetem régi oktatói közül egyedül Mészáros Miklós (†2000) maradt a földtan tanszék alkalmazásában....” (Wanek 2002).

Földrajz, térképészet, meteorológia

A magyar nyelvű földrajzoktatás már 1993-ban újraindult a BBTE-n 30 diákkal. A magyar oktatás megerősödése szempontjából szerencsés egybeesés volt, hogy maga a földrajz, tehát a román képzés is, új utat keresett és 1995-től – elválva a biológiától és geológiától – önálló karrá szerveződött. A képzés indulása után „következő nyolc év alatt 14 főállású magyar geográfussal egészült ki az oktatói testület” (Benedek 2002). Ez a megállapítás azzal árnyalható, hogy a román oktatási szerkezetnek megfelelően a földrajzhoz tartozik a térképész és meteorológus szakismeretek oktatása is. E területek több mai vezető kolozsvári oktatója kapta képzését vagy továbbképzését Magyarországon a 90-es és a korai 2000-es években.

2014-re a BBTE-n a földrajzhoz kapcsolódó alapszakok széles választékban, stabilan működnek. 2011 őszén a Földrajz Karon belül megalakult az önálló Magyar Földrajzi Intézet, amelynek jelenleg 12 főállású oktatója van. Mind a korfa, mind a tudományos teljesítmény biztató: 1 professzor, 1 docens, 7 adjunktus és 3 tanársegéd (közülük már kettő doktorált) alkotják az intézetet, de külső oktatókként még rendszeresen tartanak órát magyarországi szakemberek is. Három alapszakjukra (földrajz, területfejlesztés, turizmus földrajz BSc) 2013-ban 80, mesterszakjukra (turizmus és területi fejlődés) 31 diákot vettek fel. A földrajz professzor doktorátusvezetői jogosultságú, így a Földrajz Karon mindhárom Bologna-szinten van lehetőség magyarul tanulni.

A Földrajz Karhoz tartozik a BBTE 1997-ben alapított Gyergyószentmiklósi Tagozata, ahol 7 állandó tanár (1 docens, 1 adjunktus, 5 tanársegéd), és több, főként Pécsről betanító külső előadó tart fenn egy-egy alap- és mesterszakot. 2014 nyarán itt a turizmus földrajz alapszak (BSc) 20 magyar ösztöndíjas helyéből 18 hely, az ökoturizmus és fenntartható fejlesztés mesterszak (MSc) mind a 25 ösztöndíjas helye, és még 2 tandíjas helye is betelt.

Geológia, geofizika

Ami a földrajznál szerencsét jelentett, a geológiánál visszaütött. A geológia a földrajz kiválása után egyedül maradt, egy karon belül a biológiával. Ráadásul úgy, hogy a biológián a magyar tantestület kiépítése – örömteli módon – mind mennyiségi, mind minőségi szempontból gyorsan és dinamikusan megtörtént (Nagy-Tóth, Fodorpatáki 2002).

Ez volt az az időszak, a 90-es évek közepe, amikor az egész BBTE-n – Szilágyi Pál matematikus professzor rektorhelyettese idején – néhány száznál mintegy ötezerre nőtt a magyarul tanuló diákok száma. Így a geológián is lett volna lehetőség megkezdeni az építkezést, de ehhez hiányzott a kristályosodási mag. Az egyetlen magyar tanár, a szakmailag mindenki által kiemelten tisztelt Mészáros professzor, nem látta értelmét a magyar nyelvű képzésnek, és ezen véleményének hangot is adott, ami nem csak nem ösztönözte, de lassította is a folyamatot.

A képzés végül 1997 őszén indult el 10 fővel, geológia-földrajz szakpárként. A főállású „tényleges tanári kar” – az éppen távozókat és külföldön maradókat leszámítva – egy tapasztalt, a szakfelelősséget is ellátó professzorból és egy frissen oktatásba álló fiatal tanársegédből állt. Az indítást jelentős részben gazdasági szempontok ösztönözték. A román geológia szak beiskolázási számainak romlása és a magyar képzéshez – akkor még csak egyetemi szinten, mára már államilag garantáltan – társuló emelt normatíva vonzóvá tette az indítást a román szakmai vezetés számára. Ma már látszik, hogy ez – az akkori örömben mellékesnek gondolt – körülmény egyben objektív csapdahelyzetet is rejtett: a magyar képzés nem többletként jelentkezett, hanem a geológián már – elsősorban bérhiányként – kialakult költségvetési lukak betömésére szolgált. Így a magyar képzéshez kapcsolódó állami normatívának – szemben a földrajzzal – csak egy szerény részét fordíthatták valóban a magyar képzésre.

Sokáig nem is került sor a magyar tanári kar fejlesztésére. Az oktatást – zömében magyarországi – óraadó tanárokkal oldották meg. Főként a budapesti (ELTE, BME, MTTM, MÁFI), miskolci és soproni szakemberek utaztak rendszeresen Kolozsvárra. Ez kezdetben nem tűnt visszásnak, hiszen nyilvánvaló volt a hiány a piacon a lehetséges oktatókban. (És ha mégis sikerült behozni egy-egy, még a román képzésben diplomát szerzett fiatal, meg se melegegett, elment külföldre vagy az iparba.) Amikor azonban a 2000-es évek közepétől már a magyar nyelvű képzésből indult, gyakran külföldön doktorált kiváló fiatal szakemberek jelentős számban kopogtattak, hogy jönnének vissza tanítani, sosem volt hely számukra. Ekkorra kialakult a mai, mindössze négyfős, állandó alkalmazott tanári gárda, amelyben azonban – szemben a földrajzzal – nem található professzor, de még docens sem.

A geológia magyar nyelvű oktatásának a BBTE Biológia-Geológia Karán tehát mind mennyiségi, mind minőségi szempontból, mindkét oldalon a „kistestvér” szerep jutott: a karon belüli magyar képzések fejlesztésekor a biológia, a szakmai (geológiai) kérdéseknél a román geológia jutott először az asztalhoz. Szomorú, de törvényszerű eredménye e helyzetnek, hogy a geológia az egyedüli szakterület, amely mögé a BBTE-n az elmúlt 3 évben nem lehetett magyar intézetet szervezni és amely szakot is veszített.

E helyzet tükröződik abban is, hogy a geológia oktatása szakszinten sem tudott stabilizálódni, a mai napig sem: 3 évig geológia-földrajz, majd 5 évig geológia-biológia szakpárként indult. A Bologna-rendszerrel 3 évig geológia (BSc 3 éves), majd 3 évig mérnökgeológia (BSc 4 év) alapszak következett. Ezután két éven át – akkreditációs mulasztások miatt – a magyar szakra felvételiző diákok is a román mérnökgeológia képzésbe nyertek felvételt. Szerencsére 2013-tól – a rokon szakterületek és a BBTE magyar vezetésének külön segítségével – ismét elindult legalább a 3 éves geológia alapszak (BSc), 7 diákkal. A 2014 ősztől induló geológia évfolyam 10 meghirdetett magyar ösztöndíjas helyéből eddig 6 telt be. (Összehasonlításul: a 15 román helyre csak 5, míg a román mérnökgeológia 35 helyére 28 diák került. Az utóbbi, vonzóbb, mérnöki szakon – neveik alapján – magyarok is lesznek.)

Nem említettük a geofizikát. Nem véletlenül, mert ez az egyetlen nagyobb földtudományi terület, ahol nem várható magyar nyelvű képzés kialakítása Romániában. Történeti előzményei nyilván nem lehetnek, hiszen az első magyarországi geofizika tanszékeket (Budapest, Sopron) is csak 1951-ben alapították, akkor, amikor a Bolyai Egyetem már a fennmaradásáért küzdött. A román felsőoktatási munkamegosztásból adódóan pedig a geofizika – bár mérnöki társszakként a mérnökgeológia mellett korábban létezett Kolozsváron – mégsem itt, hanem Bukarestben talált otthont. Így, bár a tudományos együttműködés szerencsére a geofizikával is megvalósul, mind a földrajz (pl. távérzékelés), mind a geológia területén, a jelenleg is aktív soproni, budapesti, miskolci geofizikus műhelyeknek kell majd hosszabb távon is besegíteni a más szakokba beépülő geofizika tárgyak oktatásába.

Környezettudomány

A környezettudomány a múlt század utolsó három évtizedében tört előre világszerte. Mind a magyar, mind a román felsőoktatás elég későn, csak a 90-es évek közepi–végi második hullámban kapcsolódott be ebbe a folyamatba. Ez a késés azonban a földtudományoknak előnyt jelentett: míg a korai képzésekben a kémia és a biológia mérnöki elemei uralkodtak, addig a 90-es évekre már elfogadottá vált, hogy a földtudományok fogalomtára és szemléletrendszere (is) nélkülözhetetlen a környezet problémáinak leírásakor.

Romániában az első magyar nyelvű környezettudomány (alap)szakot a frissen alapított Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem (EMTE) kolozsvári karán indították 2002-ben. Ugyanebben az évben alakult meg a BBTE-n, négy hagyományos kar (köztük a földrajz és a biológia-geológia) bázisán az önálló Környezettudományi és Környezetmérnöki Kar, amely hamarosan magyar alapszakját is elindította. Mindkét műhelyben tanítanak ma földtudományi szakemberek, zömében fiatalok, de olyan is, aki vezető bukaresti kutatói állását adta fel az EMTE docensi pozícióért. A 2014-es felvételi során az EMTE-n betöltötték az ösztöndíjas helyeket (13 fő) és a 12 fizetős helyből 9-et. A BBTE 20 kolozsvári ösztöndíjas helyéből eddig 4 telt be. 2014 ősztől a BBTE Sepsiszentgyörgyi Tagozatán is elindul a környezettudomány BSc képzés magyarul, itt a 20 ösztöndíjas magyar helyből eddig már 10 betelt. A fiatal szakok magyarországi kapcsolat-rendszere még alakulóban van.

És a folytatás?

A mára kialakult romániai magyar nyelvű geo-vonatkozású alapszakok (BSc) esetében jelentős változások már nem várhatóak. Ma a cél a szintek emelése, a minőség, a tehetségek fokozott segítése.

A mesterképzésekben, a doktori képzésekben hosszú távra kell építkeznünk: közös MSc diplomák, közös PhD képzések kellenek. Mindez talán a mai beiskolázási számok javulását is eredményezi majd. A tehetséggondozás esetében pedig éppen a földtudományok mutatnak most példát: 2015 áprilisában Kolozsvárott rendezzük a „magyarországi” XXXII. Országos Tudományos Diákköri Konferencia (OTDK) Fizika-Földtudományok-Matematika Szekcióját, az OTDK-k történetében először: „határon túl”.

25 év – lassan egy generációváltás. Köszönet az úttörőknek, reménykedés, bizalom a már az új rendszerben felnőtt kollégákban.

Irodalom

- Benedek J. 2002: Az erdélyi magyar földrajztudományi kutatások összefoglalója. 1990–2001. In: Tánczos V., Tőkés Gy. (szerk): Tizenkét év. Összefoglaló tanulmányok az erdélyi magyar tudományos kutatások 1990–2001 közötti eredményeiről, II. 111–123. Sapientia Kiadó, Kolozsvár. Világhálón: http://mek.oszk.hu/01700/01764/pdf/12ev_2.pdf
- Nagy-Tóth F., Fodorpataki L. 2002: Az erdélyi magyar biológusok tudományos munkássága a XX. század végén. In: Tánczos V., Tőkés Gy. (szerk): Tizenkét év. Összefoglaló tanulmányok az erdélyi magyar tudományos kutatások 1990–2001 közötti eredményeiről, II. 71–110. Sapientia Kiadó, Kolozsvár. http://mek.oszk.hu/01700/01764/pdf/12ev_2.pdf
- Wanek F. 2002: Magyar szakemberek a romániai kutatóműhelyekben és azokon kívül Erdély földtani megismerésének szolgálatában. In: Tánczos V., Tőkés Gy. (szerk): Tizenkét év. Összefoglaló tanulmányok az erdélyi magyar tudományos kutatások 1990–2001 közötti eredményeiről, II. 125–177, Sapientia Kiadó, Kolozsvár. Világhálón: http://mek.oszk.hu/01700/01764/pdf/12ev_2.pdf

A HAZAI ÁSVÁNYVAGYON OSZTÁLYOZÁS NEMZETKÖZI SZABVÁNYOK SZERINTI HARMONIZÁCIÓJÁNAK FOLYAMATA – A SNAP-SEE PROJEKT TANULSÁGAI KAPCSÁN

THE PROCESS OF THE HARMONIZATION OF THE NATIONAL MINERAL RESOURCES CLASSIFICATION SYSTEM BY INTERNATIONAL STANDARDS – IN CONNECTION WITH THE SNAP-SEE PROJECT

Horváth Zoltán¹, Sári Katalin¹

¹Magyar Földtani és Geofizikai Intézet
horvath.zoltan@mfgi.hu

Abstract

The modernization of mineral resource classification according to the international standards is a timely work. The joint project of the Hungarian Office of Mining and Geology and the Geological and Geophysical Institute of Hungary aims to provide the professional background to develop methodology, to map the international environment, to study the most important international standards regarding all types of mineral raw materials (hydrocarbons, geothermal energy, carbon capture and storage, coals, non-metallic minerals, ores), to organize consultations and to summarize the results in recommendations. The Hungarian Geological Society and the Hungarian Mining Association also cooperate in this project. Several international standards were translated and studied; considering minerals, the Pan-European standard (PERC) seems to be the most suitable one. The UNFC-2009 can be also applied in harmonization, if the socio-economic viability of the extraction projects is considered. Harmonization tests were executed for non-metallic minerals, coals and hydrocarbon. The modernization of the Hungarian mineral resource classification and inventory is in line with numerous aims of the Sustainable Aggregates Planning in South East Europe (SNAP-SEE) project. The common terminology for primary (sand, gravel and crushed stone) and secondary aggregates (e.g. construction & demolition waste) is a key element of aggregates planning which is currently heterogeneous in SEE. 27 partners from 13 SEE countries participate in SNAP-SEE project, creating a toolbox for aggregates planning including guidance and joint vision. The project is carried out in South East Europe Transnational Cooperation Programme and co-funded by the European Union and Hungary.

Keywords: classification of mineral resources, international standards, harmonization, non-metallic raw materials, aggregates, sustainability

Kulcsszavak: ásványvagyon-osztályozás, nemzetközi szabványok, harmonizáció, nemfém szilárd ásványi nyersanyag, aggregátumok, fenntarthatóság

Bevezetés

Az MBFH és MFGI közös projektjében az MFT együttműködésével együtt mintegy 30 ember dolgozik azon, hogy elősegítsék a hazai ásványvagyon-nyilvántartás, illetve az annak alapját adó ásványvagyon-osztályozás a nemzetközi szabványok szerint harmonizációját. A feladathoz kedvező a nemzetközi környezet globális és európai viszonylatban is. Az ENSZ Ásványvagyon-osztályozási Szakértői Csoportjának 2014. évi genfi ülésén 71 ország (köztük Magyarország) főleg kormányzati delegációi, 48 nemzetközi és szakmai szervezet, 14 geológiai szolgálat, 86 cégképviselő és 38 akadémiai intézmény vett részt. Jelzés értékű, hogy a munkacsoport működéséhez szükséges erőforrások biztosítását az ENSZ 2019-ig meghosszabbította. Az ásványi nyersanyag-potenciál hozzáférhetősége az EU Stratégiai Megvalósítási Tervének kiemelt feladata, amely az ásványi nyersanyag osztályozására vonatkozó fogalmak és módszertan harmonizációján keresztül valósítható meg maradéktalanul. A közös nyelv kialakításának, s a hazai alkalmazás lehetőségeit vizsgáló magyar projekt szerkezetét nyersanyagok szerint és a résztvevőket az 1. ábra mutatja.

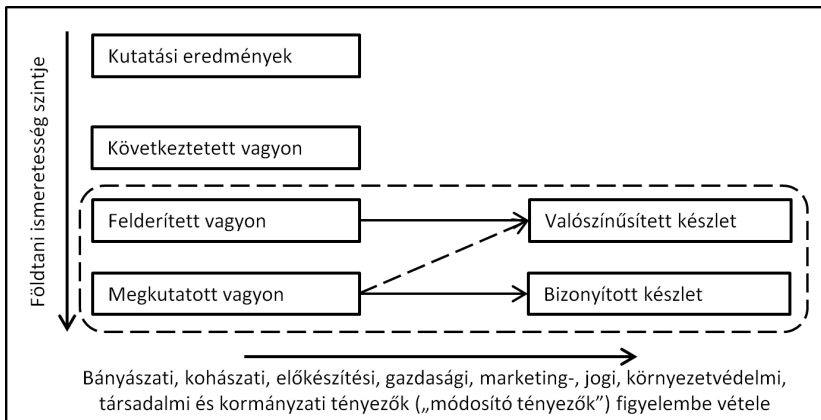
1. ábra. Az ásványi nyersanyagok nemzetközi rendszereit áttekintő és javaslatot tartalmazó célzott projekt szerkezete

Figure 1. The structure of the project aiming the overview of the international mineral resources classification systems



Nemzetközi ásványvagyon-osztályozási rendszerek

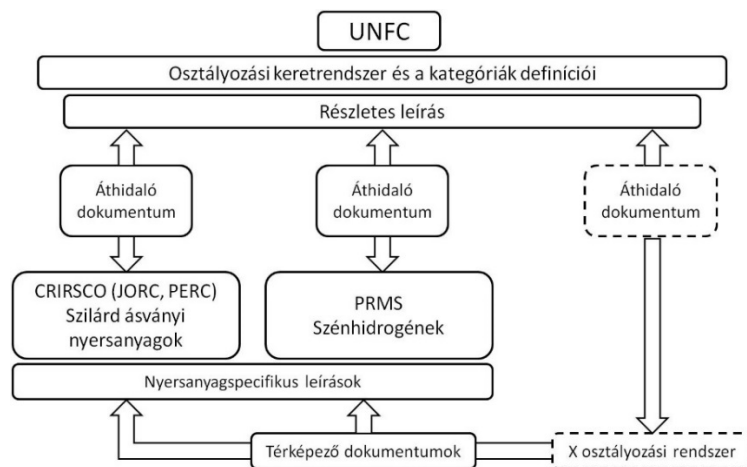
A CRIRSCO rendszere elsősorban földtani ismeretesség alapján osztályoz. Az ásványi nyersanyagvagyon az ún. módosító tényezők (pl. jog, környezetvédelmi engedély, gazdaságosság, feldolgozás stb.) figyelembe vételével minősíthetők készletté (2. ábra). Az átminősítésnél kulcs szerepe van a Hites Személy elnevezésű nyersanyagbányászati szakembernek, aki legalább öt év tapasztalattal rendelkezik egy adott ásványosodási típus vagyonértékelésében és szigorú szakmai és etikai szabályoknak felel meg (részletesen a CRIRSCO, JORC és PERC szabványokban). Ezt a minősítést magyar szakember az Európai Geológusok Szövetségén (European Federation of Geologists) keresztül is megszerezheti. A referenciapont új fogalom a 2014-es CRIRSCO szabványban, s azt a pontot jelöli, ahol a készlet mennyiségét meghatározzák. Összehasonlítva a CRIRSCO, JORC és PERC szabványokat a bemutatott definíciók, szabvány, ajánlások, a szóhasználat, az általános fejezetek, a nyersanyag-specifikus fejezetek, a jelentési és minősítési szempontok, az elvárt magatartási szabályok és az űrlapsablonok alapján, a PERC szabvány értékelhető a legteljesebb dokumentumnak.



2. ábra. A CRIRSCO rendszer felépítése [CRIRSCO 2006, JORC 2012, PERC 2013]

Figure 2. The structure of the CRIRSCO system [CRIRSCO 2006, JORC 2012, PERC 2013]

A UNFC az ENSZ ásványvagyon-osztályozási keretrendszere. Univerzális rendszer, szilárd nyersanyagokra és fluidumok esetén is használható. A UNFC osztályozás alapja egy háromdimenziós rendszer, melynek tengelyei a gazdasági-társadalmi realitás (E tengely), a projekt állapota és megvalósíthatósága (F tengely), valamint a földtani ismeretesség (G tengely). E tényezők alapján az osztályozott nyersanyagmennyiség egy nyelvtől független háromjegyű kóddal jellemezhető, megteremtve ezáltal a különböző osztályozási rendszerek összevetésének lehetőségét. Az ún. Áthidaló Dokumentumokon keresztül a nemzetközi szabványok és a nemzeti ásványvagyon osztályozási kategóriák is az egységes UNFC rendszerben megadhatók (3. ábra). A UNFC-2009 szilárd ásványi nyersanyagokra és szénhidrogénekre megoldott osztályozási rendszer. A szakértői csoportokat a Műszaki Tanácsadó Csoport (TAG) segíti. Jelenleg a radioaktív nyersanyagok NEA/IAEA szabványát, a besajtolási projektek (széndioxid elhelyezés) és a megújuló energiaforrások (pl. geotermia, szél, napenergia) különböző szabványait egyeztetik össze a UNFC-vel a TAG különböző munkacsoportjai.



3. ábra. A UNFC-2009 ásványvagyon osztályozási keretrendszer és a szilárd, illetve fluidum típusú ásványi nyersanyagokra vonatkozó szabványok, továbbá a nemzeti osztályozások kapcsolata. MacDonald (2013) után Horváth, Sári és Kovács (2014).

Figure 3. The relationship between the UNFC-2009 mineral resources classification framework and the standards for solid and fluid type mineral resources and national classification systems. After MacDonald (2013) Horváth, Sári and Kovács (2014)

A projekt menete, elvégzett feladatok

A projekt végrehajtása a következő lépések szerint történik:

1. Hazai osztályozás-nyilvántartás áttekintése, jellemzés
2. Nemzetközi standardok áttekintése, véleményezés
3. Konzultáció MFT MB szakértővel, eredmények
4. Nyersanyag specifikus kerekasztal szervezése, (további szakértők bevonása) eredmények
5. Összefoglalás, javaslatok

A projekt során vizsgáltuk, szakszerűen lefordítottuk, egyeztetettük a JORC 2012, PERC 2012, CRIRSCO 2010 szabványokat és kódokat a kapcsolódó mellékletekkel együtt, illetve a SPE-PRMS 2007, Ausztrál geotermikus kód 2012 szabványok legfontosabb fejezeteit. A magyarul elkészített UNFC 2009 keretrendszert az ENSZ Fenntartható Energia Divíziójának Ásványvagyron Osztályozási Szakértői Csoportja a honlapján tette közzé (http://www.unece.org/energy/se/unfc_2009.html).

A projekt során számos kerekasztal-megbeszélésre, konzultációra került sor az MFGI és MBFH munkatársai, valamint az MFT Munkabizottság tagjai részvételével. 2013. július 16-án a szénhidrogének, 2013. szeptember 25-én a geotermikus energia és a szén-dioxid-elhelyezés, 2013. október 17-én a nemfémes szilárd ásványi nyersanyagok osztályozásának konzultációja zajlott. A szenek és ércek vagyonosztályozásával kapcsolatos konzultáció több lépcsőben, levelezés útján történt. A konzultációk folytatódnak 2014-ben a Magyar Bányászati Szövetség (MBSZ) részvételével. A szakmai konzultációk eredményei beépülnek a javaslati dokumentációba.

A nemzetközi szabványok és UNFC keretrendszer kapcsolata a hazai ásványvagyron osztályozási rendszerrel

A CRIRSCO és UNFC rendszer a UNECE által kiadott dokumentumok alapján összeegyeztethető (UNECE 2013). Mivel Magyarországon és Oroszországban is az 1913-as torontói geológiai kongresszuson elfogadott rendszer volt használatos, és az orosz rendszer CRIRSCO-val való összeegyeztetése már megtörtént (FGU GKZ-CRIRSCO 2010), ez alapján a magyar rendszer is hozzáilleszhető a két nemzetközi rendszerhez (1. táblázat). A táblázatból kiderül, hogy az A, B és C2 ásványvagyron-kategóriák megfeleltethetők valamelyik CRIRSCO osztálynak, azonban a C1 kategóriát két részre osztották az ún. „komplexitási csoport” alapján. A magyar gyakorlatban ez inhomogenitásként szerepel, ami az 1 km²-re eső tömbök számát jelenti (Somos 1982). A jelenlegi magyar nyilvántartás ásványi nyersanyagkészletet nem, csak ásványvagyont tart nyilván, azonban az ásványvagyron a módosító tényezők figyelembe vételével ásványi nyersanyagkészletté minősíthető.

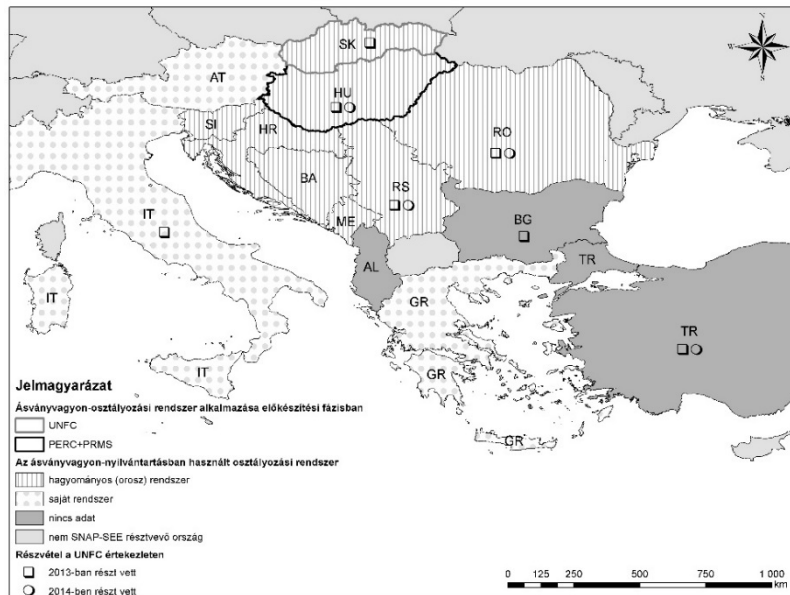
1. táblázat. A UNFC, CRIRSCO és magyar/orosz rendszer kapcsolata (UNECE 2013, FGU GKZ-CRIRSCO 2010)

Table 1. Relationship between the UNFC, CRIRSCO and the Hungarian/Russian mineral resources classification systems (UNECE 2013, FGU GKZ-CRIRSCO 2010)

UNFC		CRIRSCO	Magyar/orosz
111	Kereskedelmi projekt	Bizonyított készlet	Ipari vagyon feltárt telepei
112		Valószínűsített készlet	Ipari vagyon becsült telepei
221	Potenciálisan kereskedelmi projekt	Részletesen megkutatott vagyon	A, B, C1 – 1-3. komplexitási csoport
222		Felderített vagyon	C1 – 4. komplexitási csoport, C2
223		Következtetett vagyon	D1
334	Kutatási projekt	Kutatási eredmények	-

A SNAP-SEE projekt

A Fenntartható Aggregátum Tervezés Délkelet-Európában (SNAP-SEE) c. projekt 2012-2014 között 13 ország, 27 partner intézmény közreműködésével vizsgálja a térség ásványvagyron gazdálkodását az elsődleges (homok, kavics, zúzott kő) és másodlagos aggregátumok (bányászati meddő, építési-bontási hulladék, építési munkálatokból származó talaj és kőzet, ipari melléktermékek) vonatkozásában. Az MFGI munkacsoport-vezető (WP5), az MBSZ stratégiai partner, az MBFH megfigyelő. Mind az elsődleges, mind a másodlagos aggregátumok kapcsán lényeges a potenciál értékelése és a nyilvántartások harmonizációja. Alapvető feladat az ásványvagyron-osztályozásban használt közös nyelv kialakítása (4. ábra), amelyhez a nemzetközi szabványok mellett a SARMA szótár is ad útmutatást. A SNAP-SEE projekt célja a térség aggregátumgazdálkodásának tervezéséhez szükséges eszközök kialakítása, módszertani és tervezési útmutató, illetve közös jövőkép kialakítása.



4. ábra. Ásványvagyon-osztályozási rendszerek a SNAP-SEE projektben résztvevő délkelet-európai országokban

Figure 4. Mineral resources classification systems in partner countries of the SNAP-SEE project

Összegzés

Habár a nemzetközi tapasztalatok szerint szilárd ásványi nyersanyagok osztályozására a CRIRSCO szabványcsalád bármelyik tagja alkalmas az ásványvagyon osztályozás korszerűsítésére, az összehasonlító vizsgálataink szerint a PERC 2012, esetleg ércek vonatkozásában JORC 2012 szerinti kiegészítéssel képezhet egy korszerűsítésre vonatkozó javaslatértékelési alapot.

A harmonizáció alapja a közös nyelv, amely a nemzetközi szabványokban alkalmazott fogalmak bevezetését, új hazai ásványvagyon fogalomtár kialakítását teszi szükségessé. A harmonizáció érdekében az együttműködés a szakmai szervezetek között nemzeti és nemzetközi szinten is kulcsfontosságú. A folyamatot a SNAP-SEE projekt támogatja.

Irodalom

- Australian Code for Reporting of Exploration Results, Geothermal Resources and Geothermal Reserves: The Geothermal Reporting Code. – Second Edition 2010: Effective November 2010. Prepared by: The Australian Geothermal Reporting Code Committee (AGRCC), A Joint Committee of the Australian Geothermal Energy Group (AGEG) and the Australian Geothermal Energy Association (AGEA)
- Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO) 2006: International Reporting Template for the public reporting of exploration results, mineral resources and mineral reserves
- Gorecki, C. D., Holubnyak, Y. I., Ayash, S. C., Bremer, J. M., Sorensen, J. A., Steadman, E. N., Harju, J. A., 2009: A new classification system for evaluating CO₂ storage resource/capacity estimates: SPE International Conference on CO₂ Capture, Storage, and Utilization, November 2-4, 2009, San Diego, California USA, SPE 126421.
- Horváth, Z., Sári K., Kovács Zs. 2014: Szakmai beszámoló a UNFC értekezletről és az Ásványvagyon-osztályozási Szakértői Csoport 5. üléséről. Jelentés, MBFH, Bp., 17 p.
- Joint Ore Reserves Committee (JORC) 2012: Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code)
- Mac Donald David 2013: Introduction to UNFC-2009, how it works and current status. előadás, UNFC Workshop 2013. április, Genf.
- Pan-European Reserves and Resources Reporting Committee (PERC) 2013: Pan-European Standard for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Reserves ("The PERC Reporting Standard") – Bruxelles, 61 p.
- Russian Federal Government Agency State Commission on Mineral Reserves (FGU GKZ) – Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO) 2010: Guidelines on Alignment of Russian minerals reporting standards and the CRIRSCO Template – Moscow.
- Somos L. 1982: Ásványi nyersanyagtelepek számítógépes rendszere. Tömbönkénti ásványvagyonnyilvántartás, éves mérleg. I. Szilárd halmazállapotú ásványi nyersanyagok. – Kézirat. Magyar Állami Földtani Intézet, Gazdaságföldtani Osztály, Budapest, 84 p.
- SPE 2011: Guidelines for application of the Petroleum Resources Management System, November 2011 - Sponsored by: Society of Petroleum Engineers (SPE), American Association of Petroleum Geologists (AAPG), World Petroleum Council (WPC), Society of Petroleum Evaluation Engineers (SPEE), Society of Exploration Geophysicists (SEG), p.220. http://www.spe.org/industry/docs/PRMS_Guidelines_Nov2011.pdf
- UNECE, Committee on Sustainable Energy, Expert Group on Resource Classification 2013: Specifications for the application of the United Nations Framework Classification for fossil energy and mineral reserves and resources 2009 (UNFC-2009), Annex III. Bridging document between CRIRSCO Template and UNFC-2009. – ECE/Energy/GE3/2013/3., pp. 17–22., Genf
- United Nations Economic Commission For Europe (UNECE) 2010: United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 – New York and Geneva.

A TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOKRÓL HITELESEN, ENERGETIKAI KITEKINTÉSSEL

ON OUR NATURAL RESOURCES FROM AN AUTHENTIC ENERGETIC POINT OF VIEW

Horn János

Bánya-, Energia- és Ipari Dolgozók Szakszervezete
horn.janos@gmail.com

„Jólétünk, nemzeti vagyonosodásunk, s minden további ebből fakadóknak alapját képezi, hogy kellőleg felhasználjuk és értékesítsük mindazt, amit az anyaföld nekünk juttat”
Böck János miniszteri biztos, a Magyar Királyi Földtani Intézet igazgatója (1904)

Abstract

The presentation introduces the natural resources of Hungary denying the opinion that Hungary is poor in natural resources. It presents authentically what consequences for the energy supply of Hungary has using foreign or renewable energy. It suggests solutions for possibilities of usage from the point of view of energy independence.

The presentation deals not only with issues of indigenous but also aspects of international natural resources and energy

Keywords: hydrocarbons, hard coal, lignite, ores, non-metallic minerals, electricity from an international perspective

Kulcsszavak: szénhidrogének, kőszén, lignit, ércek, nemfémes ásványok, villamosság nemzetközi távlatokban

Sajnos ma is érvényes Georgius Agricola 1530-ban megjelent könyvében az a mondat, hogy „A bányászatot egyetlen társadalom sem tekinti közömbösen, érdemeit felnagyítva dicsőítik, vagy érdemeit elhallgatva pocskondiázzák”.

Ez utóbbiban sajnós most a média is hibás, ugyanis a legtöbb esetben a közbeszéd felületes, elfogult, manipulált és nincs érdemi szakszerű társadalmi vita.

Jelen előadás célja, hogy bemutassa a valóságot hitelesen és bebizonyítsa, hogy hamis állítás az, hogy hazánk ásványi nyersanyagokban szegény ország. Az importra utaltságunk „elkerülhetetlenségének” elfogadtatására keletkezhetett előbb az „ásványvagyonban szegény ország” vagyunk állítás, majd a környezetet szélsőségesen védő nézet uralma, ezt követően a fosszilisenergiahordozók közül elsősorban a hazai szén globális veszélyességének propagandája. Ezen állítások mindegyike túlzó és demagóg. Az előadás célja, hogy mindezeket megcáfolja, teszi ezt ellenőrizhető, hiteles forrásokra támaszkodva.

Természeti erőforrás, mint kategória: az emberiség számára a természet szolgáltatta, vagy természettől vett, valamely céljának megvalósítására alkalmas vagy lehetőséget adó anyagi tényező. A gazdasági életben alapvető jelentőségük van az ásványi nyersanyagoknak (energiahordozóknak) a termőföldek vízzel való ellátottságnak. Tágabb értelemben a természeti erőforrásokhoz sorolják az atmoszféra, az éghajlat, a növény- és állatvilág, valamint a természeti környezet állapotát. (Lakatos István az MTA r. tagja, Miskolci Földtudományi Közlemények, 2013, 84/1, 7-8).

A részletes bemutatás előtt egy-két gondolat:

Rövidesen lejár az orosz–magyar földgázszerződés és még nem tudható, hogy e téren milyen pozitív vagy negatív meglepetés érheti hazánkat, különös tekintettel az eddig már megismert orosz szerződésekre.

A hazai energetikai természeti erőforrások rendelkezésre állnak, azonban kihasználtságuk minimális, kőszén és lignit készletünk hosszú távon növelheti energiabiztonságunkat és lényegesen csökkentheti az energiafüggőségünket, megfelelő döntéssel – pl. állami beavatkozással – a külkereskedelmi forgalmunk sokkal kedvezőbb lehetne, mert jelenleg milliárd forintban a gépek, szállítóeszközök, feldolgozott termékek, energiahordozók, nyersanyagok, élelmiszerek -italok-, dohány termékforgalom (Forrás: KSH).

év	egyenleg	ebből energetika
2010	1517,7	-1390,0
2011	1978,6	-1687,6
2012	1971,4	-1781,1
2013	2080,5	-1733,7

Mi a valóság?

A hazai iparilag kitermelhető készlet

Magyarország iparilag kitermelhető készletének nominális értéke 2011-ben 8932 milliárd forint (forrás: Lakatos István az MTA r. tagja, Műszaki Földtudományi Közlemények, a Miskolci Egyetem közleménye 84., 2013. p. 11). A magyar államadósága 2014. május 7-én 23 340,2 milliárd forint.

Ez a két szám felveti, hogy az Alaptörvényben miért nem szerepel a természeti erőforrások között az ásványi nyersanyag?

Ennek előzménye: Már az 1949.évi XX. törvény, az Alkotmány 6 §-a kimondta, hogy „Az egész nép vagyonaként az állam és a közületek tulajdona a föld méhének kincsei, az erdők, vizek, a természeti erőforrások”.

Az Alkotmány „átdolgozása” után a Ptk./1991/ 172 § - ban már az szerepel, hogy „ha a törvény eltérően nem rendelkezik, kizárólag az állam tulajdonában vannak: a/ a föld méhének kincsei.”

2011. április 18-án az Országgyűlés által elfogadott Magyarország Alaptörvénye kimondja:

Nemzeti hitvallás

Felelősséggel viselünk utódainkért, ezért anyagi, szellemi és természeti erőforrásaink gondos használatával védelmezzük az utánunk jövő nemzedékek életfeltételeit.

Alapvetés

P./ cikk: A természeti erőforrások, különösen a termőföld, az erdők és a vízkészlet, a biológiai sokféleség, különösen a honos növény- és állatfajok, valamint a kulturális értékek a nemzet közös örökségét képezik, amelynek védelme, fenntartása és a jövő nemzedékek számára való megőrzése az állam és mindenki kötelessége”.

A 2014. március 15-től érvényben lévő Ptk 2013.évi V. törvény 5:17 §/2/ pontja az alábbiakat tartalmazza:”Az ingatlanon fennálló tulajdonjog a föld méhének kincseire és természeti erőforrásokra nem terjed ki.”

Hazánk szénhidrogén vagyona és termelése [millió tonna]

	Földtani	Kitermelhető	Termelés	
	vagyon (2013.01.01.)		2011	2012
Kőolaj				
Konvencionális	217,04	22,54	0,7	0,7
nem konvencionális	418,95	25,14	-	-
Földgáz				
Konvencionális	186,87	71,79	2,5	2,4
Nem konvencionális	4324,35	2386,65	-	-
Széndioxid gáz	45,90	31,93	0,1	0,1

1000 m³ földgáz = 1 tonna

Hazánk kőszén és lignit vagyona [millió tonna]

	Földtani	Kitermelhető	Termelés	
	vagyon (2013.01.01.)		2011	2012
Feketekőszén	1625,14	1915,5	0,003	-
Barnakőszén	3195,92	2241,36	0,755	0,900
Lignit	5734,0	4330,17	8,800	8,438

(a feketekőszénnél a hígulás nagyobb, mint a veszteség, a bányászat során kitermelendő szén + meddő mennyisége meghaladhatja a nyilvántartott földtani vagyont)

Hazánk ércvagyona [millió tonna]

	Földtani	Kitermelhető	Termelés	
	vagyon (2013.01.01.)		2011	2012
Uránérc	26,77	26,77	-	-
Vasérc	43,15	43,66	-	-
Bauxit	124,10	79,86	0,278	0,255
Ólom-cinkérc	90,80	100,82	-	-
Rézérc	787,17	726,46	-	-
Nemesfémércek	36,59	36,51	-	-
Mangánérc	79,06	52,15	0,058	0,051

Nemfémek ásványi nyersanyag-vagyon (millió tonna)

	Földtani	Kitermelhető	Termelés	
	vagyon (2013.01.01.)		2011	2012
Ásványbányászati nyersanyagok	4086,25	1209,54	3,10	2,60
Cement és mészipari nyersanyagok	2549,90	1411,42	2,20	2,40
Építő-és díszítőköi ipari nyersanyagok	4611,53	3048,20	9,10	8,74
Homok és kavics	8411,35	5555,46	23,37	22,08
Kerámiaipari nyersanyagok	1870,41	1215,51	1,80	1,39
Tőzeg, lápföld, lápi mész	181,95	123,25	0,10	0,058
Egyéb	16,47	13,68	-	0,019

Magyarország összes ásványi-nyersanyag termelése (millió tonna)

2009. évben	74	-100,00%
2010. évben	57,26	-77,40%
2011. évben	52,86	-71,40%
2012. évben	50,1	-67,70%

(Forrás: minden esetben Magyar Bányászati és Földtani Hivatal)

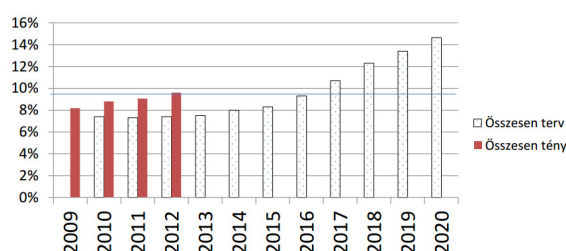
Villamosenergia-termelés célszámai - megújulók, 2014. (NFM 2010)

	TÉNY				TERVEZETT					
	2011		2012		2011		2012		2020	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Vízenergia	55	217	55	219	51	194	51	194	66	298
Geotermikus energia	0	0	0	0	0	0	0	0	57	410
Foto villamos energia	4	2	12	8	2	5	6	9	63	81
Szélenergia	323	645	325	701	393	692	445	929	750	1545
Szilárd biomassza	343	1656	298	1421	360	1870	360	1870	500	2688
Biogáz	49	188	50	235	17	101	21	125	100	636

Hazai megújuló energia helyzetkép

Forrás: Megújuló energetikai és energiahatékonysági helyzetkép,

Országos Önkormányzati és Közigazgatási Konferencia 2014, Hízó Ferenc előadása.



Pár gondolat

Napjaink egyik fő kérdése, hogy a jelen és jövő energiaigényeit (Richard Smaelly/1943 – 2005/ Nobel díjas szerint a világon a 10 legfontosabb: 1./energia, 2./víz, 3./élelmiszer) milyen módon lehet vagy indokolt hazai természeti erőforrásokkal biztosítani. Napjainkra már egyértelmű, hogy igaz az az 1990-es évek végén nemcsak a bányászati, hanem a közgazdasági szakemberek által megfogalmazottak, hogy a hazai természeti kincseink kiaknázásának gyökeres visszafogása – az import viszonylagos olcsóságára hivatkozva – közgazdaságilag nem megalapozott és igen nagy nemzetgazdasági károkat okozhat, pedig akkor még a Brent Dtd olajár 10,545 USD/bbl volt.

Ennek eredménye, hogy:

- a KSH adatai szerint a vezetékes gázzal ellátott települések száma 2878 (az összes település 91,2 %-a), a vezetékes gázfogyasztók száma 3.287.683 (a lakások 74,9 %). A gázvezetékek hossza 83.208 km (a vasútvonalak hossza 7942 km)
- a földgázimportunk 2012-ben 79,8%, 2013-ban 80,04 % volt;

- a hazai szén- és lignittermelés folyamatosan csökkent, pedig egy 1000 MW teljesítőképességű villamos erőmű lignitigénye 50 évre 400 millió tonna, azaz az ismert lignitvagyonunk hosszú távlatban biztosíthatja a villamosenergia-termelés tüzelőanyagát.

Reálisan kitermelhető vagyon

	Külfejtés		Mélyművelés	
	kt	PJ	kt	PJ
Feketekőszén	46.262	742	1.811.376	26.784
Barnakőszén	84.741	846	1.352.836	15.583
Lignit	3.173.612	22.514		

Forrás: Dr. Fancsik Tamás előadása (2012. október 25, MGFI székház, Cselekvési terv)

A hazai szénbányászat éves kapacitása és a bővítés lehetőségei

	Jelenleg		Alsóhatár		Felsőhatár	
	Mt	PJ	Mt	PJ	M	PJ
Külfejtés	8,3	61,9	12,4	85,4	1	85,4
ebből lignit	8,2	61,1	12,2	83	1	83,8
Mélyművelés	0,8	11,5	3,1	47,6	7	93,6
ebből Mecsek	-	-	2	33	2	40
Összesen:	9,1	73,4	15,5	133	2	179

Forrás: Ásványvagyon hasznosítási és készletgazdálkodási cselekvési terv 2013.02.06 1.sz. táblázat

Bányajáradék

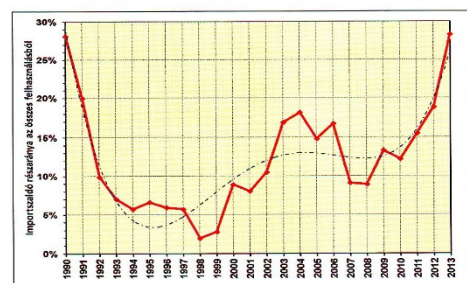
A kitermelt ásványi nyersanyagok után a vállalkozóknak befizetési kötelezettsége van, ami a költségvetés pozícióját erősíti.

BÁNYAJÁRADÉK	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Befizetett bányajáradék (milliárd Ft)	120,2	100,3	116,8	78,3	108,7	112,9	98,7	63,2
Bányajáradék önbevallásra kötelezett vállalkozások (db)	875	868	879	880	873	862	686	726

Elgondolkodtató számok

- 2013. január és október között a villamos importszaldó aránya 28,1%, míg korábban: 2010-ben 13%, 2012-ben 19,2%;
- 50 MW-nál nagyobb erőművek eladása 2013. január és október között 319,9 milliárd Ft, a korábbi években 392,8, illetve 379,7 milliárd Ft

Forrás: Elektrotechnika 2014/05



Az importszaldó aránya a teljes villamosenergia-felhasználásban

Javaslatok

- Készüljön el „Magyarország ásványi nyersanyag stratégiája”!
- Minisztériumi szabályozás.
- Új, korszerű bányatörvény, mely pontosítja a prioritásokat.
- Engedélyezési folyamat egyszerűsítése
- Az állam vállaljon szerepet / kutatás, stb./
- Ásványi vagyonügynökség felállítása
- Natura 2000 felülvizsgálata
- Zöld út a palagáznak

KÁRPÁTALJA GEOTERMIKÁJA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ EGYÜTTMŰKÖDÉS LEHETŐSÉGEIRE

THE GEOTHERMY OF TRANSCARPATHIA AND THE POSSIBILITIES OF THE COMMON UTILISATION

Gööz Lajos

Nyíregyházi Főiskola Természettudományi Kar
goozl@upcmail.hu

Abstract

Subcarpathia today is a relatively little known area for Hungarian experts, since we have not had an opportunity to perform research there since World War II. Both sides of the Hungarian-Ukrainian border are extremely varied from a hydro-geological point of view. In the past 50 years, more than 100 exploratory boreholes were drilled, primarily in search of various kinds of ore, coal, oil, gas and thermal water. There are more than 30 deep boreholes, and some of them have a daily water output in excess of 1,000 m³. The temperature of the water is also varied: it is between 50 and 89 degrees centigrade. The mineral concentration of the water is also interesting. Three of the boreholes are deeper than 2,000m. A letter of intent for the cooperation between Hungary and the Ukraine—with the participation of Iceland and Norway—was made 20 years ago.

Keywords: Carpathian Basin, geothermy, borehole, mineral concentration

Kulcsszavak: Kárpát-medence, geotermika, mélyfűrés, ásványos összetétel

Bevezetés

A Kárpát-medence jellegzetes geológiai másod- és harmadkori gyűrt lánchegységek övezetében helyezkedik el. Az Eurázsiai-hegységrendszer tagja, tartozéka. Ez a hegységrendszer több medencét zárt körül, és a medencék hegységrendszer felgyűrődése előtt geológiai ó- és középkorban nagy ellenálló képességű, kéregdarabokból, de nem a régi értelmezésben feltételezett egységes TISIA tömbként jellemezhető masszívumok voltak.

A legősibb szerkezeti elemek a Variszkuszi hegységrendszer tartozékai. Ez a hegységrendszer a variscidai – más néven herciniai – hegységképződés, orogenezis idején a geológiai ókor karbon időszakában gyűrődött fel, a Kelebiai-kunbajai karbon csillámpalák 356 millió évesek. A harmadkorban kialakuló hegységképződés, az ó- és újharmadkori fázisban pedig a Kárpátok szirttövet és homokkő-övezetét alakítja ki. A hegységképződés intenzitása olyan nagyfokú volt, hogy a kárpáti geoszintinális üledékanyag nem csak egyszerűen redőkbe gyűrődött, hanem hosszan elnyúló tengervályuk több ezer méter vastag agyag, márga, homok és kavicslerakódásait kísérő flis jellegű üledékeit is felhalmozta, s ezt tárták fel a mélyfűrésok. A hegységképző erők hatására – a gyűrődéseknek legszélsőségesebb formái fekvő- és takaróredők, sőt gyökerüktől elszakított, áttolt takarók is kialakultak.

E felgyűrődés után, ezt követően a hegység feltorlaszoló- és felgyűrő szerepe csökken, és nagymértékű, fokozatos süllyedés áll elő. Ez a mai napig is tartó medencekorszak kezdete.

A medence kialakulása heves, rendkívül erőteljes felszíni vulkánossággal járt együtt. Ez a neogén vulkanizmus, ami a medence peremét törésvonalak mentén meghatározó jellegű, a Duna váci kanyarulatától kezdve a Székely-medencéig szinte egy hatalmas koszorúval övezte ezt a tenger borította medencét. A geofizikai vizsgálatok (így a gravitációs, refrakciós, szeizmikus mérések) feltárták a medence rendkívüli geotermikus anomáliáinak okát is, hogy míg az Alpok-Kárpátok területén a földkéreg vastagsága 60 km körüli, addig hazánk alatt mindössze 23-27 km és még a szárazföldek átlagát, a 33 km-t sem éri el.

Amikor a vulkánosság fokozatosan elhalt, a tenger mind kisebb térre szorult, és a felszínt letaroló külső erők – főleg a folyóvizek pusztító munkája – nagymértékű eróziós tevékenységének eredményeképpen a hajdani magas-hegység tönkösödött, a hatalmas lepusztulási termék a földkéreg lassú, egyetemleges emelkedése következtében (amúgy is zsugorodó beltengert) teljesen feltöltötte.

A harmadkor végére a pliocén időszakban a beltenger már kiédesedett, és szakadozott beltó-rendszerre alakult. Kialakult az Erdélyi-medence elkülönülése az Alföldtől.

A tenger a pliocén végén – pontosabban a beltó-rendszer – teljesen eltűnik, és szárazalattá vált a Kárpát-medence. Így kialakult a harmadkor végén és a pleisztocénban a folyó- és állóvizek mai rendszere.

A pleisztocén és az eocén idő folyamán lesz teljessé ez a kép. A pleisztocén jégkorszakok a Kárpát-medence fenékszintjére és peremhegységeinek belső lejtőire vastag löszlepleket borított. A jégkorszaki hóhatár fölé magasodó hegységekre (mint a Magas-Tátra, Radnai-havasok) pedig gleccserek kialakulását eredményezte.

Mint ismeretes, a nagy központi medencének harmadkori besüllyedése nem volt egységes. Több karéjos törés, leszakadás jellemzi, és a harmadkori süllyedés is jelentős tér- és időbeli különbségekkel járt együtt.

A vizsgált területünk, Kárpátalja, ukránul Zakarpatszkiy Oblaszty. A Tapoly forrásvidékétől a Borsai-hágóig terjed. A kárpáti láncolaton csak két vonulata tudott kifejlődni, a Galícia felé fokozatosan ellaposodó, párhuzamos láncokba gyűrődött, széles hátaik alakjában jelenik meg a homokkő-vonulat (ez a Keleti-beszkidék és a Máramarosi-

havasok), és a szép, szabályos vonulat a vihorlákkal, a szinyákkal és a borlóláttal, valamint a Nagyszőlősi-hegységgel, az Avassal, Gutinnal, és a Ciblessel.

Kárpátalja, pontosabban Északkeleti-felvidéket a Radnai-havasok magas, kristályos röge zárja le, ettől délre már a Keleti-Kárpátok láncolatai húzódnak egészen a Brassói-medencéig.

Az utóbbi évek geológiai-geofizikai kutatásai a területre vonatkozóan az

1997-ben lengyel akadémikusok kezdeményezésével (Polonaiser, 97 néven) egy új típusú, 3 dimenziós adatrendszerrel szolgáltató, mély szeizmikus kutatást indítottak el, mely kiterjedt Lengyelország déli részére valamint Szlovákiára, Csehországra, Ausztriára és Magyarországra is, egészen a magyar Dél-Alföldre. A mérésekben Magyarország is részt vett.

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet elkészített egy PGT-1-es nevű szeizmikus szelvényt, amit Pannon Geo Traverz-nek (PGT-1) nevezünk. A mélyreflexiós szeizmikus szelvények értelmezése földtani szempontból összehasonlításra került a régebben mért magnetotellurikus és geokémiai eredményekkel, valamint a régi reflexiós és refrakciós vonalak átértékelésével, és ennek következményeként érdekes, új szemléletet is formált a szakemberek körében, a pre-kainozoos medence aljzat felszínére vonatkozóan. Eszerint a kristályos metamorf-közetek délkeleti dőléssel a rátelepülő triász, jura és alsó kréta összletek egy sajátos délnyugat-északkelet csapású feltolódásos takarókat alakítottak ki, és a geotraverz mentén ez többször ismétlődik.

Ez a litoszféra eredetű táblás szerkezet az alsó kréta táján a Tisza nagy tektonikai egység alá történt betolódásakor alakulhatott ki.

A Tisza-egység nem volt egységes mikrokontinens még a terciér elején sem, Márton Péter paleomágneses vizsgálatai is ezt igazolják.

Tisza nagyszerkezeti egységen belül „takarók” alakultak ki (Géczi, 1973, Vörös 2001), felfogásuk szerint ezek északnyugati irányú feltolódásokkal jelentkeztek, és ezek az üledékek rokonságot mutatnak – ősmaradványok tekintetében – az angliai és mediterrán egységekkel.

A Tisza nagyszerkezeti egység részei tehát a variszkuszi hegységképző szakaszban alakultak ki, az európai variszkuszi rendszer részeként. „A Tiszai-hegység általunk vizsgált részén a flis rétegek alatti vastag lemez felépítése a Pannon Geo Traverz többi részéhez hasonló, azaz flis alatt északnyugat-délkeleti irányban a kristályos összlet, majd a rátelepült triász, jura és alsó-kréta rétegek találhatóak.” Pozsgai, Bodoki, Kalucs, Kovács, Madarasi, Guti, Hegedüs, Kovács A. Cs. véleménye szerint (Magyar Geofizika, 52/3, 2011).

Megállapítást nyert az is, hogy a „takarók” a Tisza nagyszerkezeti egységen, tehát a felső-krétában alakultak ki. A Márton Péter által (2000) végzett paleomágneses vizsgálatok szerint a Tisza-egység nem volt egységes, mikrokontinens még a terciér elején sem. A keleti része a Keleti- és a Déli-Kárpátokkal együtt mozgott, míg a nyugati rész rendkívül mozgékony volt. Egy rotációs folyamat mehetett végbe, és arra lehet következtetni, hogy az erőhatások időben, szakaszosan működtek. Ezt később a szolnoki flis-öv menti vizsgálatok is igazolták.

Feltehetően ezt a rotációt támasztja alá az É-Keleti-Kárpátok ukrainai Nagypaládi 23. T. jelű fúrás, amely 1481 méterben homokkővet, valamint a 10. T. jelű sajáni fúrás, ami a novoszelickaja övben 1271 méterben mészkövet harántolt.

Már Kozák Miklós rámutatott: „A vázolt fejlődéstörténet alapvetően globáltektonikai alapú, nem szigetív jellegű, hanem egy felszabdalt, elvékonyodott kontinentális kéreg belső-mozgásos, kéreg-köpeny határ menti reaktivációs típusú.”

Az új mérések értelmezése abból a szempontból fontos, hogy a triász, jura és az alsó kréta összletek dél-nyugat, észak-keleti csapású övei milyen módon ismétlődnek.

Az ukrainai (Lviv-i és Beregszászi Geológiai Szolgálat) főként CH- és érckutatása évtizeden át arra irányult, hogy a vastag neogén vulkáni összletet megismerje és a neogén vulkanit alatti esetleg CH tartalmú olaj- és földgáz készleteket feltárja. Csiki Gábor szerint a hatalmas É-magyarországi neogén vulkanizmus fő kitörési központjai e területre tehetőek, hiszen számos fúrásban még 4000 m mélységben is a fúrók vulkáni rétegeket harántoltak. (NECS-1 fúrás 4001 méterben még vulkáni rétegben állt meg).

A mélyfúrások számos termákvíz tartalmú réteget is feltártak. A geotermikus energia feltárása szempontjából itt is magas hőáramértékekkel találkozunk, helyenként 100 mW/m²-t is eléri. (Ez a kedvező geotermális adottság természetesen meg sem közelíti a magmás lokális „fűtőtestek” által kialakult potenciális geotermális lehetőségeket, mint amelyek a recens vulkáni területeken jellemzők. (Ez a természetes földi hőáram a medence jellege, a Dinaridák és a Kárpátok között kialakult diszkontinuitásból – szerkezeti jellegből – adódó állapot nem elégséges, hogy pl. a kútpalást mentén bejuttatott hidegvizet úgy felmelegítse, hogy biztosítva legyen a folyamatos hőkinyerés, azaz a „Heatmining” a hőbányászat. A napjainkban hazánkban elkezdődő ilyen irányú kísérletek tartós sikeressége ebből a szempontból megkérdőjelezhető.

A területen kialakult egykori hatalmas tömegű miocén vulkáni kőzetek jelenléte és a földi hőáram alakulása között egyértelmű korreláció nem mutatható ki, ez talán csak az ország más területén fellelhető pliocén bazalt vulkánok

környezetében mutatható ki, ott is csak csekély mértékben. (Míg szarmata üledékek a Tokaji-hegységben a felszínen vannak, addig Nyíregyházánál 979 m mélységbenben, a Nyírség első mélyfúrásában, Tisztabereknél már 1212 méter mélységben.)

A kárpátaljai termálvíz kutatások eredményei

Itt is intenzív olaj- és földgáz kutatások melléktermékeként a geotermiára vonatkozóan is bővültek ismereteink: a határos területünkön az ún. „melegmező” gradiensei arról tanúskodnak, hogy az 50 °C-os izotermák 520-600 m mélységben találhatóak. A beregszászi, kaszonyi hévizek alacsony ásványanyag tartalommal nagy vízhozamúak, míg a szolotvinói mélyedés peremein már 300 m mélységből kiváló gyógyhatású, erősen sós vizek a jellemzők.

Az utóbbi időben fellendültek azok a kutatások, amelyek a haránttörésekkel tagolt (pl. munkácsi) vagy a zárt szerkezetű beregszászi rögvidék termálvizeire irányultak. A vulkanikus területeken (Beregszász, Jánosi-Ivanovka) a felszínhez közel 500-800 m között a magyar határ mentén 50-60 °C-os vizeket tártak fel, helyenként igen magas hozammal, pl. Beregszásztól Északnyugatra – mint említettük – közvetlenül a határon pl. 1300 m³/nap teljesítménnyel.

A kutak hasznosítása legtöbb helyen megoldatlan, a magyar szakemberek pénzügyi és szakmai segítségére számíthatnának, akár közös vállalkozások formájában is. A balneológiai hasznosítás mellett (gyógyszanatóriumok stb.) kertészetek, melegházak, üvegházak fűtésére, hűtőházak klímaberendezéseinek üzemeltetésére, állattenyésztő telepek, gombatermeléshez- szárításhoz szükséges berendezések ellátására lehet gondolni. Nagy jövője és gazdasági haszna lenne – néhány kút ásványos összetevői alapján – a lepárlásnak. (A sárvári fürdősót pl. „termálkristály” néven Japánba is exportálják.)

Termálvíz kutató fúrások Kárpátalján [1998. január 1-i adatok alapján]

Sor- szám	A kút jele	A kút helye	A kút talpmély- sége	A kút hozama m³/nap	A kifolyó víz hőmér- séklete °C	Ásványi anyagtar- talom g/l
1.	1-T	Rozivka ungvári járás	2058	200-500*	58	48,3
2.	5-T	Ungvár (központban)	1181	164	28,5	44,3
3.	32-T	N. Szolotvino ungvári járás	640	717	41-42	12,1
4.	11-T	Erdőpatak (Liszárnya) munkácsi járás	1289	78	35	0,8
5.	1-M	Munkács (turista telep)	1350	389	34	20,4
6.	6-T	Beregvár Kárpáti szan. munkácsi járás	1480	173	42	110
7.	113	N. osztoka ilosvai járás	622	380	37,5	11,5
8.	2-	Greblya ilosvai járás	3209	44	39,5	19,4
9.	8-	J.V. Rosztoka ilosvai járás	446	1434	39	12
10.	1164	N. Bégány beregszászi járás	695	135	36,6	7,5
11.	2-T	Beregszász szabadidő központ	930	345	58-60	23-25
12.	8-T	Beregszász	1050	185	54-56	25
13.	12-T	Beregszász Geológiai Expedíció	1083	259	48,2	8,5-10
14.	16-T	Kaszonyi szanatórium beregszászi járás	1190	363	51	9,5-10
15.	16-P	Mezőkaszony beregszászi járás	901	1063	50-51	9,5-10
16.	27-T	Mezőkaszony beregszászi járás	1348	864	50	9,1
17.	3-T	Makkosjánosi beregszászi járás	1211	2021	27,5	6,6
18.	50-C	Gút beregszászi járás	1325	125	45,7	7,5
19.	21-T	Bakta, Kísérleti Állomás	1150	250	58-60	19,1
20.	22-T	Bakta beregszászi járás	1154	749	35-36	10,9-11
21.	4-T	Borzsova beregszászi járás	1530	345	38	1,8
22.	23-T	N. Palád szőlői járás	1481	432	52	9,5
23.	18-T	Teplica (Fekete hegyen) szőlői járás	961	374	40	46
24.	9-T	Saján szanatórium huszti járás	1251	90	31	11,2
25.	10-T	Saján huszti járás	1271	86	40	125
26.	14-T	Nárcisz (Veljatino) huszti járás	1002	1088	56	88
27.	6-Tp.	Talaborfalu (Tereblya) técsői járás	2497	500	80-89	142

Végül tájékoztatásul mellékeljük a Kárpátalja legmélyebb, legújabb fúrásának rétegsorát.

A kárpátaljai MK-1 [4230 m, Alsóremete, Beregszászi járás] mélyfúrás rétegsora

<i>Idő</i>	<i>Időszak</i>	<i>Korszak</i>	<i>Réteg- vastagság (m)</i>	<i>Rétegleírás</i>
KAINOZOIKUM	Negyed- időszak		20	Agyag, homokkő, kavics.
	Neogén	pannóniai	143	Karbonátos agyag kovás rétegekkel, homokkő, lignit.
		lukovói	115	Riolit tufa, tufitok agyag rétegekkel, karbonátos agyagpala, homokkő lignittel.
		dorobratovói	120	Riolittufa, perlit, lávatörmelék terrigén rétegekkel, andezit, dácit, agyagpala, aleurolit (iszapkő), tufit, andezites és riolitos lávabreccsa.
		tereszvai	404	Agyagpala vékony aleurolit és tufa rétegekkel.
		talabori	384	Felső részén sötétszürke agyagpala, iszapkő, homokkő. Alsó részén szikes agyag, gipsz, anhidritek.
		novoszelicai	154	Riolittufa, riolit, dácit, ritka agyagpala rétegek.
		burkalói	254	Konglomerátum, kavics, üledékes breccsa, agyagpala, homokkő iszapkővel.
A teljes miocén réteg vastagsága 1970 m				
MEZOZOIKUM	Jura		374	Mészkö, dolomit, fekete agyagpala, homokkő
	Triász		433	Fekete agyagpala, mészkő, iszapkő, homokkő, konglomerátum. Alapját szenes, karbonátos-agyagos rétegek, diabáz, porfirit, mészkő és dolomit képezik.
PALEOZOIKUM	Karbon		1270	Fekete mészkő, dolomit, diabáz, porfirit, fekete homokkő, kavics, fekete szenes és agyagos pala, dolomit, márga, szpilit.
			559	Fekete nyálkás pala, az alsó részén kvarcosodott, piritosedett fillit, anhidritek, kvarchomok, iszapkő.

Szerkesztette: Kődöböcz-Gerzsenyi Ilona a Geoinform Beregszász adatai alapján.

A paleozoikumi üledékek teljes vastagságát nem tárta fel az MK-1, Kárpátalja eddigi legmélyebb fúrása. Mint már említettük a geotermális energia különböző hasznosítási módok kombinációját jelenti (balneológia, mezőgazdasági, közüzemi stb.), mert ez a leggazdaságosabb felhasználás, azaz a többlépcsős hasznosítás.

Irodalom

- Büki G. 2007: Kapcsolt energiatermelés. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- Gőz L. 2002: A Szerencsi-szigethegység és környezetének geológiája, különös tekintettel a hévízfeltárás lehetőségeire. In: Szerencs és környéke. Szerk.: Frisnyák S., Gál A. Szerencs-Nyíregyháza.
- Haas J. (Ed.), Budai T., Csontos L., Fodor L., Konrád Gy. 2010: Magyarország pre-kainozoos térképe (Pre-Cenozoic geological map of Hungary). Magyar Állami Földtani Intézet, Geological Institute of Hungary).
- Kozák M., Micintosh R. W., Buday T. 2011: Geotermikus rendszerek fenntarthatóságának integrált modellezése. Hidrogeotermikus rendszerek és földtani vetületeik. Debrecen.
- Kovács S., Szederkényi T., Haas J., Buday Gy., Császár G., Nagymarossy A. 2000: Tectonostratigraphic terranes in the pre-Neogene basement of the Hungarian part of the Pannonian area. Acta Geol. Hung. 43/3, pp. 225-328.
- Márton E. 2000: The Tisza Megatectonic Unit in the light of paleomagnetic data. Acta Geol. Hung. 43/3, pp. 329-343.
- Nagy Z., Landy I., Pap S., Rimpler J. 1992: Results of magnetotelluric exploration for geothermal reservoirs in Hungary. Acta Geod. Geoph. Mont. Hung. 27/1, pp. 87-101.
- Tyitov E. M. 1966: Iznimbrítu Zakarpatja. = I naučna sveska o geologiji Zakarp. Otgyel. Lvovsz. Geol. Obscs. Beregovo, pp. 49-50.

HASZNÁLATON KÍVÜLI SZÉNHIIDROGÉNKUTAK GEOTERMÍKUS KÚTTÁ VALÓ ÁTKÉPZETHETŐSÉGÉNEK MŰSZAKI VIZSGÁLATA

GEOTHERMAL RECOMPLETION POTENTIAL OF DRY HOLE WELLS

Jobbik Anita¹, Székely Szabó Tamás², Szűcs Péter³, Ginovszky Máté⁴

¹MFGI, ME, AFKI, MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport,

²MOL KT

³Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kutatócsoport

⁴Miskolci Egyetem

jobbik.anita@mfgi.hu

Abstract

Evaluation of technical limits in case of dry hole recompletion to geothermal application without considering formation characterization of drainage area of the well. Three classified cases exist from simple recompletion through modified to complicated recompletion case concerning the necessary pre- and post operation. The prescreening tension analysis is based on the predicted temperature profile of the well and induced complex casing stress and determining maximum allowable wellhead temperature at given well configuration.

Keywords: recompletion type, suitability of original well schemes, temperature effect on complex stress of production casing and maximum allowable wellhead temperature

Kulcsszavak: átképzés típusok, kútszerkezet alkalmazás, béléscső összetett igénybevétele, maximálisan megengedhető kútfej-hőmérséklet

Bevezetés

Szerzők műszaki megfontolások alapján vizsgálták a szénhidrogén kutatás és termelés szempontjából meddő és/vagy használaton kívüli szénhidrogén kutak geotermikus célú alkalmazhatóságát. Nem terjedt ki a vizsgálat a kúthoz tartozó tároló-paraméterekre és a beáramlási viszonyokra.

A hazai átképzési lehetőségek tekintetében elmondható, hogy kevés az egyszerű átképzés alkalmazásának lehetősége. Gazdasági szempontok figyelembevételével a bonyolult típusú átképzések igénye sem prognosztizálható nagy számban, hiszen az ilyen kútmunkálatok költségei megközelítik, sőt el is érhetik az új kutak mélyítésének és kiképzésének költségeit.

Szerzők minden esetben javasolják a közepesen bonyolult elő-és/vagy utómunkálatokat igénylő átképzésre potenciálisan alkalmas kutak, előzetes feszültséganalízisének elvégzését.

Szénhidrogén kutatás és termelés szempontjából meddő kutak geotermikus hasznosíthatósága

A téma, vagyis a szénhidrogén kutatás és termelés szempontjából meddő (és/vagy használaton kívüli) szénhidrogén kutak geotermikus célú hasznosíthatósága, örökzöld. Sajnálatos módon, szakmai rendezvényeken illetve a médiában is fellelhetők a túlzott optimizmusra okot adó prognózisok, potenciálbecslések és elvárások a kérdéses lehetőségek számbavételekor.

Nyilvánvalóan indokolt a geotermikus hasznosíthatóság vizsgálata, hiszen a meddő illetve használaton kívüli szénhidrogén kutak, amennyiben nem hasznosíthatóak más célra, végül felszámolásra kerülnek. Megjegyzendő az is, hogy a termálkutak végleges felszámolása sem túl gyakori téma a szakmai körökben, pedig ezek is jelentős projekt értéket befolyásoló tények lehetnek.

Lényeges körülmény az is, hogy az ilyen típusú kutak tervezési paraméterei a szénhidrogén kutatás termelés szempontjait veszik figyelembe és adott esetben nem optimálisak a termálkúttá történő átképzéshez.

A meddő és/vagy használaton kívüli szénhidrogén kutak geotermikus célú hasznosíthatóságának önmagában a kút hőmérséklet viszonyai és esetlegesen a jelentősebb vízáadó rétegek jelenléte még nem elegendő feltételei.

Az alábbi felsorolás a termálkúttá történő átképzés főbb nehézségeit, korlátait veszi számba:

- Kedvezőtlen földtani adottságok (nincs megfelelő vízáadó réteg, nem várható felszálló termelés).
- A kút műszaki kiképzése kedvezőtlen (szűk béléscső átmérő, sok a perforáció, cementdugó van a kútban, nincs megfelelő cementpalást).
- Nagy kockázatú a prognosztizálható vízhozamra vonatkozó adat/információ.
- A kút távol van a felhasználási lehetőségektől (község, üzem, mezőgazdasági létesítmény, stb.) így a járulékos beruházások (útépítés, termálvíz bevezetése) jelentős költségtöbbletet jelentenek.
- Az átképzés költségei és a felhasználó anyagi lehetőségei nem találkoznak.
- A termálvizek magas sótartalma, mely szintén jelentősen megnöveli a beruházási, illetve a felhasználási költségeket.

- A termálvizek mellett gyakran kísérőgázokat (pl.: földgázt) találunk. A gáztalanítás szintén növeli a költségeket, bár lehetőség van víz gázzal történő magasabb hőfokra történő melegítésére, illetve a gáz független hasznosítására.

A meddő vagy használaton kívüli szénhidrogén fúrások geotermikus kúttá történő ki- és átképzésének lehetőségei, szigorúan műszaki szempontok alapján, három fő csoportba sorolhatjuk:

Egyszerű átképzésről beszélhetünk abban az esetben, amikor különösebb műszaki komplikáció nélkül,

- egyszerű perforálással történő rétegmegnyitással,
- kútindítással,
- a szükséges vízminőségi-, mennyiségi- és egyéb mérések elvégzésével termelésbe állítható a kút.

Közepesen bonyolult műszaki elő-, esetleg utómunkálatok valamelyikét igénylő rétegmegnyitás esetén szükség lehet például:

- a robbantással kimentett béléscső után maradó mentendő tető átjárhatóvá tételére,
- cementpalást pótlásra, amennyiben nincs cementpalást a cső mögött a megnyitandó rétegek magasságában,
- sérült a béléscső egy esetleg több helyen, vagy nem zár az akasztó tető, lineres (betétcsöves) kiképzésnél,
- perforálás után a kút homokol, pótlólagos szűrőt kell beépíteni.

Bonyolult műszaki elő-, vagy utómunkálatokat igénylő rétegmegnyításról beszélünk amennyiben az előbb felsorolt műszaki nehézségek valamilyen kombinációja áll fenn, többszöri savazással vagy rétegkezeléssel nehezítve.

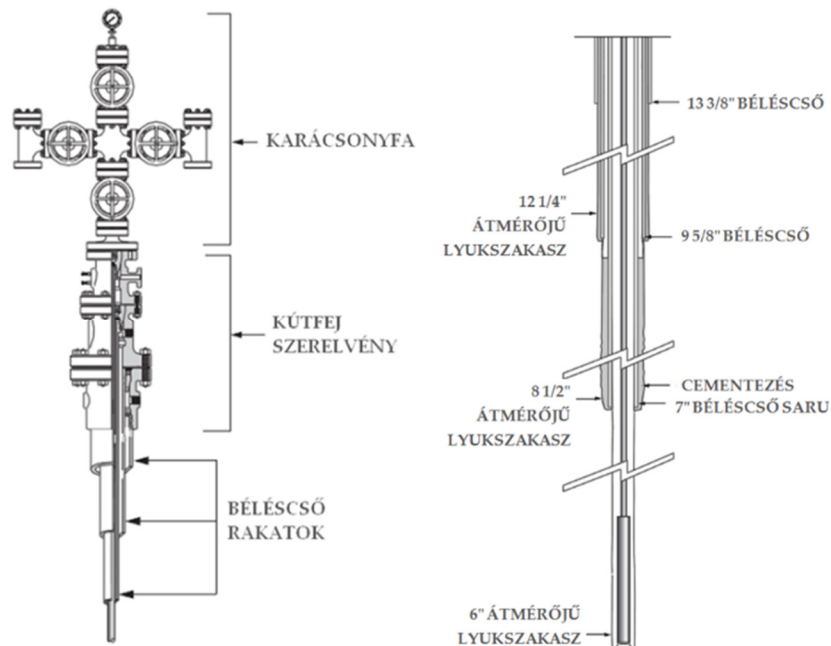
Az elmúlt évtizedek tapasztalatai alapján elmondhatjuk, hogy a jövőben már rendkívül kis valószínűsége lesz annak, hogy olyan használaton kívüli szénhidrogén kút kerüljön a leendő hasznosító látókörébe, amely egyszerű átképzéssel, például mindössze rétegmegnyitással, üzembe helyezhető. Továbbá a hazai kutatófúrások számának fokozatos csökkenése illetve ezzel párhuzamosan a kutatás sikerességének növekedése egyre kevesebb számú meddő szénhidrogén-kutatófúrást eredményez.

Gazdasági szempontok figyelembevételével a bonyolult átképzési igények felmerülése sem prognosztizálható jelentős mértékben, hiszen e kútmunkálatok költségei megközelíthetik, sőt el is érhetik az új kutak mélyítésének és kiképzésének költségeit.

Műszaki értékelés

A meddő szénhidrogén kutató fúrás geotermikus célú alkalmazhatóságának első, műszaki értékelése a kút szerkezetének vizsgálata (1. ábra). Célja, hogy:

- megadja a hasznosítás műszaki korlátait (pl.: hőmérséklet és nyomáshatárok),
- meghatározza a kút átalakításának feladatait, és
- javaslatot teygen a kútkiképzési munkaprogramra.



1. ábra. Szénhidrogén kút

Figure 1. Hydrocarbon well

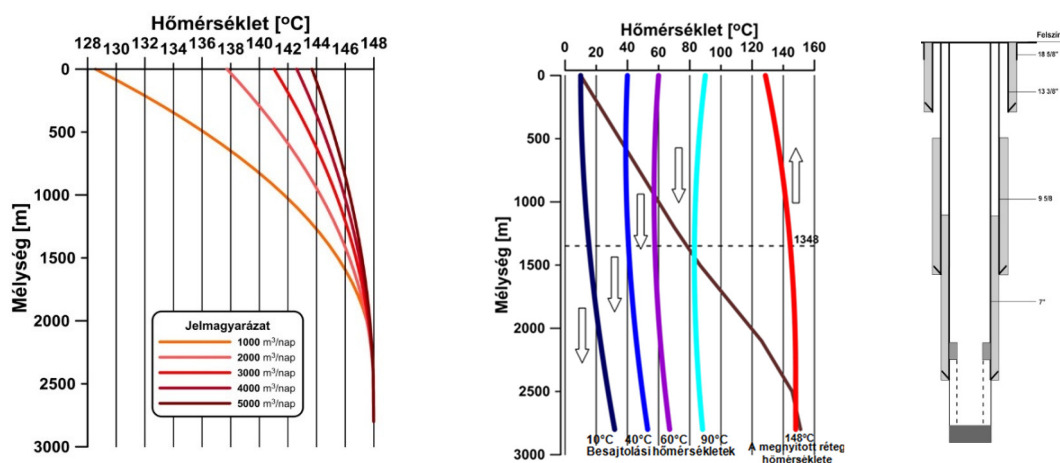
A kút szerkezetének vizsgálata kulcsfontosságú a hasznosító számára, hiszen az általa alkalmazni kívánt geotermikus technológia meghatározott hőmérsékletű és adott mennyiségű vízhozamot igényel, mely vízhozamok termelésére vagy besajtolására kút szerkezetének is alkalmasnak kell lennie.

Számításainkat egy 2500 méteres mélységet valamivel meghaladó, hazai olajipari termelési körülményekre jellemző kútszerkezetre végeztük el, mely közel hidrosztatikus nyomású környezetben helyezkedik el. Feltételezzük, hogy 2500 méteres mélységnél mélyebben kedvező hőmérsékletű és jó vízadó képességű geotermikus rezervoárt tárt fel.

A hőmérsékletváltozások okozta hatások értékelésénél figyelembe kell venni, hogy a hőmérséklet növekedése a cső megnyúlását eredményezi, ami gátolt alakváltozás esetén nyomóerőt ébreszt. A hőmérséklet csökkenése a cső rövidülését eredményezi, ami gátolt alakváltozás esetén húzóerőt ébreszt.

A béléscső igénybevételének számításaihoz szükség volt a termelési- és besajtolási állapotokhoz tartozó hőmérséklet-értékekre a kútszerkezet adott pontjaiban. Az állandósult állapotokhoz tartozó mélység menti hőmérséklet-eloszlásokat az ún. Ramey-módszer alkalmazásával határoztuk meg.

Számításokat végeztünk azokra az esetekre is, amikor a vizsgált kút a geotermikus rendszer besajtoló kútja. Számításainkat különböző hozam- és besajtolási hőmérsékletekre végeztük el. A hozamtartományokat 1000, 2000, 3000, 4000 és 5000 m³/nap, a besajtolási hőmérsékleteket rendre: 40, 60 és 90 °C értékekkel vettük figyelembe. Szélső esetként a 10 °C-os besajtolási hőmérsékletet is figyelembe vettük, azt az esetet modellezve, amikor hosszú idejű elnyelésvizsgálatot végzünk a kúton, például felszíni vízvezeték-rendszerből származó vízzel. A különböző ütemű (m³/nap) termelésre illetve egy adott ütemű besajtolásra vonatkozó hőmérséklet-eloszlásokat, a vázolt kútszerkezetre, mutatja a 2. ábra.

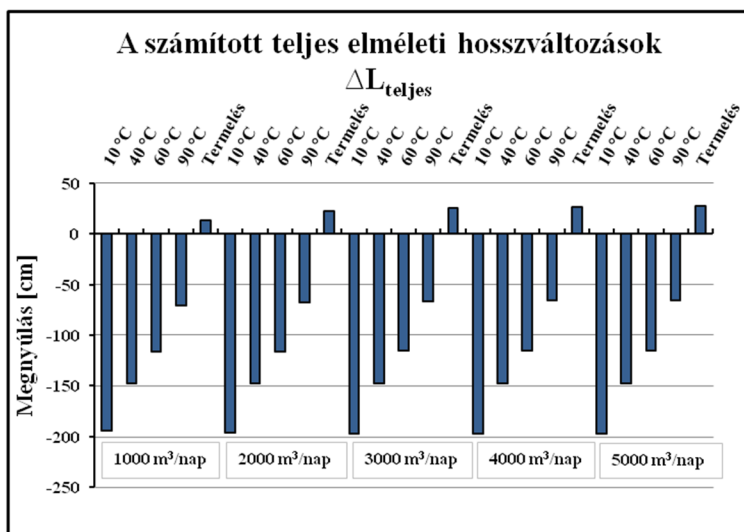


2. ábra. Hőmérséklet-eloszlások

Figure 2. Temperature distributions

Terjedelmi korlátok miatt, a hőmérséklet-eloszlás számítások eredményeit, illetve a számított egyéb igénybevételekből (*Dugattyú hatás, Kihajlás-Buckling vagy Helical Buckling hatás, Ballon hatás*) származó eredményeket nem, csak az összesített, a béléscsőre mint rögzített termelőcsőre vonatkozó számítások eredményeit mutatjuk be, illetve hatásukat elemizzük.

Eredményeik alapján (3. ábra) megállapítható, hogy a vizsgált hozam-tartományokban nem termeltethető a kút. A számításoknál figyelembe vett legkisebb hozam (1000m³/nap) melegítő hatása is, oly mértékű megnyúlást okozná a 7” termelő-bélésűcsőnek, amelyet a jelenlegi kútszerkezettel nem engedhető meg.



3. ábra. Eredmények

Figure 3. Results

Megállapítottuk, hogy folyamatos termelés esetén, a figyelembe vett legkisebb hozam (1000m³/nap) sem engedhető meg. Nyilvánvaló, hogy egy kisebb hozamú próbatermeltetés során csak napok múlva vagy a termeltetés során egyáltalán nem állandósulna a hőmérséklet a kútfejen, így ezekben az esetekben nem hozam, hanem hőmérsékleti felső határról kell beszélni.

Összefoglalás

Számításaink alátámasztották, hogy a kútszerkezetre ható hatások közül a hőmérsékleti hatás a legjelentősebb. Megállapítható, hogy a vizsgált szénhidrogén kutatófúrás nem képezhető át nagyhőmérsékletű és nagy hozamú geotermikus termelőkúttá.

A vizsgált kút geotermikus hasznosíthatósága: információszerző és/vagy besajtoló kút lehet. Továbbá megállapítható, hogy az információszerzés céljából történő próbatermeltetésnek, a maximálisan megengedhető kútfej-hőmérsékletben felső korlátja van.

Fontos hangsúlyozni, hogy az olajipari fúrások tervezésénél, a kutak jövőbeli funkciója alapján, a kútszerkezeteket jóval alacsonyabb hőmérsékleti hatásokra tervezik, mint a geotermikus hasznosítás hőmérsékleti hatásai.

Feltételezhető, hogy az olajipari meddő kutak szerkezetük, cementezésük, anyagminőségeik, kiképzésük alapján korlátozottan lehetnek alkalmasak geotermikus hasznosításra, illetve csak megfelelő műszaki megoldásokkal, mint például: újraékeléssel, cementpalást pótlással vagy új jobb hőszigetelést biztosító cementpalást szakasz kialakításával, az esetlegesen korrodálódott vagy más okokból csökkent falvastagságú csövek cseréjével tehető alkalmassá, magas hőmérsékletű geotermikus rendszer termelőkúttá.

Irodalom

Casing/Tubing Design Manual, 2005

Drilling Data Handbook, Éditions Technip, Seventh edition, 1999, Paris

Ginovszky M. 2012: Meddő vagy használaton kívüli szénhidrogén kutak használhatóságának vizsgálata megújuló energiatermelés céljából. Szakdolgozat

A GYÓGYTURIZMUS BALNEOLÓGIAI ALAPJAI KÁRPÁTALJÁN

BALNEOLOGICAL ASPECTS OF MEDICAL TOURISM IN TRANSCARPATHIA

Ködöböcz-Gerzsenyi Ilona

*Somi Általános Iskola
kgiluska@gmail.com*

Abstract

Transcarpathia is a specifically preferred tourist destination within Ukraine. Due to the current unfavourable political situation in the country the region plays even more significant role in tourism within the country. Beside the historical-cultural traditions and sights of the territory, the ecologically clean air and the presence of mineral and thermal waters are huge attractions. Based on these factors medical tourism became a dominant brunch of the region's tourism.

In the mountains near the mineral water springs (typically carbonated, sulphide and sodium-chloride waters) baths have been built in the 17th century. Medical baths and sanatoriums appeared in the middle of the 20th century. At the same time the Transcarpathian Geological Expedition explored thermal waters on the lowland areas of the region. As a result, nowadays numerous thermal wells are available, which can provide thermal waters below 50°C, suitable for balneological use. Currently, a few number of thermal wells utilised. The most important thermal resorts are Kaszony Spa, Thermalbath and Swimming Pool of Beregszász, Pacsirta Spa (Beregszász), Teplica Health Resort (Nagyszőlős).

In recent years the infrastructural improvements of above mentioned institutions greatly increased the number of tourists, generating considerable economical benefits for their environment.

Keywords: medical tourism, balneology, mineral water, thermal water, attraction, Transcarpathia

Kulcsszavak: gyógyturizmus, balneológia, ásványvíz, termálvíz, vonzerő, Kárpátalja

Bevezetés

Ukrajnai viszonylatban a Kárpátok térsége, illetve Kárpátalja, különösen preferált turisztikai desztináció. A soknemzetiségű megye történelmi-kulturális hagyományai, látnivalói mellett óriási vonzerőt jelent az ökológiailag tiszta levegő, az ásvány- és termálvizek jelenléte. Mindezeket számba véve, Kárpátalja idegenforgalmának meghatározó ágazatává vált a gyógyturizmus.

Az emberek gyakran kívánnak jó egészséget egymásnak. Ez nem véletlen, mivel nincs a világon drágább, értékesebb kincs az egészségnél. A kárpátaljai ruszinok (hegyvidéki népcsoport) elbúcsúzáskor a viszontlátás helyett jó egészséget kívánnak egymásnak („*Budtye zdarovi!*”, „*Légy egészséges!*” – válasz: „*Hadjity zdarovi!*”, „*Járj egészségesen!*”).

Kárpátalja balneológiai erőforrásai

Kárpátalja balneológiai erőforrásait a különféle gyógyhatással rendelkező ásvány- és termálvizek képviselik. Alapvetően 62, különféle kémiai összetételű ásványvíz lelőhelyet tartanak számon a megyében, mely mindegyike az egészséges életet szolgálja.

Az ásványvíz lelőhelyek összefüggnek a terület tektonikai és geológiai viszonyaival. Ezen belül Gerencsuk K. I. két nagy hidrokémiai területet különböztet meg:

- szénsavas vizek a fiatal magmás és termo-metamorfikus területeken;
- nitrogénes, nitrogén-metános és metános vizek az artézi medencékben (Gerencsuk 1981).

A megye két jelentős artézi medencéje, a Szlatinai- és Csap-munkácsi, e téren a leginkább feltárt.

A különféle típusú ásványvizek kialakulása a neogén üledékes medencék tengervizeivel van kapcsolatban. Az ásványvizek bizonyos része két alapvető felszín alatti genetikai típusú ásványvíz keveredése által jött létre. A vizek átalakulásának folyamatában lúgosodás vesz részt. Ezen kívül termo-metamorfikus szénsavval és egyéb gázokkal, szulfidokkal, különböző mikroelemekkel és azok koncentrációjával is dúsultak.

Kárpátalja ásványvizeinek jelentős része magas hőmérsékletű. Ez a neogén vulkanikus tevékenységgel magyarázható (Gerencsuk 1981).

A megye ásványvizeit 7 balneológiai csoportba sorolják, melyek megoszlása a következő:

- szénsavas (66 %);
- szulfidos (17 %);
- vasas-polimetallikus (5 %);
- brómos, jódos-brómos, jódos (3 %);
- kovasavas (sziliciumos) (3 %);
- termál (3%);
- különleges összetevők és tulajdonságok nélküli (3 %).

Gáztartalmuk alapján a szénsavas vizek mellett előfordulnak metános, radonos ásványvizek is.

Az ásványvizek jótékony hatását tovább fokozzák a bennük lévő, különféle mennyiségű mikroelemek. Az általuk kölcsönzött gyógyhatás révén alkalmazhatóak emésztőrendszeri, szív- és érrendszeri, endokrin, idegrendszeri, nőgyógyászati és egyéb panaszok kezelésére (Pop 2003).

Gerencsuk az ásványvizeket az összetételükben domináló ásványi anyagok szerint megkülönbözteti meg: szulfidos, vasas (fémes) és arzénos, brómos, jódos, brómos-jódos, radonos és szilíciumos termálvizek.

A *szulfidos* vizekben a szulfid-tartalom eléri a 10 mg/l mennyiséget. Ezeket a vizeket szulfidtartalmuk miatt a nagyon fontos balneológiai vizekhez sorolják. A Vihorlát-Gutin vulkanikus övben 60-300 m mélységből tárható fel. Ionösszetétele hidrokarbonát-szulfid-kalciumos. Kénhidrogén tartalma 30–45 mg/l. Hasonló kémiai összetételű víz található Talaborfalun (Tereblja) és Ölyvös (Vilhivci) környékén, viszont e vizek kénhidrogén tartalma csak 10–15 mg/l (Gerencsuk 1981).

A kéntartalmú vizeket elsősorban mozgásszervi, porckorong- és a kopásos ízületi megbetegedések gyógyítása során alkalmazzák. Jó hatású akné, pikkelysömör és ekcéma kezelésében. Serkenti a hormontermelést és az anyagcserét (Vági 2005).

A *vas és arzén* tartalmú vizek 20 mg/l 2 vegyértékű vasat és 0,7 mg/l arzént tartalmaznak. Ebből a víztípusból a keletkezési lelőhely rendelkezik a legnagyobb mennyiséggel, 20–110 m mélységből napi 500 m³ kerül a felszínre. Kémiai összetétele hidrokarbonátos kalciumos magnézium-kalciumos nátriumos. Ásványi anyagtartalma 0,7–2,8g/l. Vastartalma 50–130 mg/l.

Mint a vastartalmú vizek, úgy az arzéntartalmú vizek is előfordulnak Kárpátalján, habár kevesebb mennyiségben. A Fekete Tisza középső folyásánál egy napi 300 m³ hozamú lelőhely található. Az itt felszínre kerülő 10–14°C hőmérsékletű víz ásványi anyagtartalma 5–37 g/l. Elég magas a gáztartalma. Széndioxid tartalma 78 %-ot, arzéntartalma 1,5–150 mg/l-t tesz ki.

Ebbe a típusba soroljuk a Felsősebes (Verhnyij Bisztrij) közelében lévő lelőhelyet is, melynek ásványi anyagtartalma eléri a 8–10 g/l-t, arzéntartalma pedig a 1,5 mg/l-t.

Ezen kívül Hoverla faluban is található egy ilyen sajátos vízlelőhelyet, mely ásványi anyagtartalma 3,5 g/l. Összetételében megtalálható a klórhidrogén és a nátrium, 20 mg/l Fe(II) és 2 mg/l arzén.

E típusú vizek kialakulásában nagy szerepet játszott az arzéntartalmú ásványok kilúgozódása és lebomlása, ami által a vizek arzéntartalomhoz jutottak.

A *bróm, jód és bróm-jód* tartalmú vizekben kb. 25 mg/l bróm és 5 mg/l jód található. Ásványi anyagtartalmuk eléri a 10–12 g/l-t, ami ivásra is alkalmassá teszi. Kárpátalján csak a Szlatinai és a Csap-Munkácsi artézi medencékben fordul elő. Ezek a brómos-jódos vizek alapján véve termális sós/nátrium-kloridos vizek. A bróm maximális értéke eléri a 857 mg/l-t, a jódé pedig a 75 mg/l-t. Ivóvízzel felhígítva jól kondicionáló gyógyvizet kapunk. Kárpátalján a beregkislalmási (Zaluzsje) lelőhelyen termelik. 1955–1960 m mélységben homokos szarmata rétegben metános nátriumkloridos sós víz képződik, amely ásványi anyagtartalma 227 g/l, brómtartalma 256,6 mg/l, jódtartalma 75 mg/l. Ezen a lelőhelyen iható brómos vizet is találunk megfelelő hígítással, 30–50 mg/l bróm és 5–10 mg/l jódkoncentrációban (Gerencsuk 1981).

A jódot és brómot tartalmazó vizek jó hatásúak reumás, nőgyógyászati és urológiai betegségek, pajzsmirigy-aluműködés esetén. Javítják a vérellátást és a keringést. Magas vérnyomás és érbetegségek kezelésére is alkalmas (Vági 2005).

Radon tartalmú vizek a Beregszászi járásban találhatóak, melyek radon tartalma elérheti a 24–38 mg/l-t. Viszont vannak olyan nem hivatalos adatok is miszerint a Máramarosi masszívumban 80–100 mg/l radon tartalmú vizeket is találhatunk (Gerencsuk 1981).

A radioaktív vizek, így a radonos víz is, a szervezetre élénkítő, fájdalomcsillapító hatással vannak. Befolyásolják az anyagcserét és egyes belső elválasztású mirigyek működését is (Vági 2005).

Kovasavas termálvizek találhatóak Nagybégány, Gut, Jánosi, Kaszony és Ungvár környékén átlagosan 80–600 m mélységben. Ásványi anyagtartalmuk 1–3 g/l. Összetételük változó. Hőmérsékletük 23–56 °C között váltakozik. kovasav tartalmuk 50–130 mg/l. A kitermelés mennyisége elérhetné a 6000 m³-t naponta (Gerencsuk 1981).

Kémiai összetételük szerint Kárpátalján legelterjedtebbek a hidrokarbonátos-nátriumos, kloridos-hidrokarbonátos, hidrokarbonátos-szulfátos, kalcium-magnéziumos, szulfátos, arzénos és kovasavas ásványvizek.

A gyógyturizmus helyzete Kárpátalján

A kárpátaljai ásványvizek gyógyászati célú használata fürdőként a 16. századra nyúlik vissza. Akkoriban a „gyógyfürdőt” az ásványvízforrások közelében kialakított, primitív, földbe vájt gödrök jelentették. Az első gyógyintézményt 1600-ban hozták létre magánszemélyek a perecsenyi járási Lumsoriban. Alapvetően a kárpátaljai ásványvizek feltárásához, keletkezésük körülményeihez és vízösszetételük elemzéséhez kapcsolódó kutatások már az 1800-as évek elején elkezdődtek. A XIX. század fürdőzési szokásaival, fejlődésével foglalkozik Lehoczky Tivadar a „Bereg vármegye Monographiája” c. munkájában (1881) (Ködöböcz-Gerzsenyi 2012).

A gyógyüdülők megjelenése a múlt század hatvanas éveiben vált tömegessé. Ekkor kezdett a Kárpátaljai Geológiai Expedíció a termálvizek feltárásával foglalkozni. Ennek eredményeként több olyan kutat sikerült létrehozni, melyből 50 °C alatti hőfokú termálvíz nyerhető, ami kiválóan alkalmazható balneológiai célokra.

A megye területe jelenleg 10 gyógyüdülői körzetre oszlik, melyekben számos gyógyfürdő, gyógyüdülő, illetve szanatórium kínál különféle egészségügyi problémára balneológiai kezelést (Pop 2003). Az alábbi táblázat (1. táblázat) szemlélteti az említett gyógyüdülői körzetek ásvány/gyógyvízbázisát, illetve az általuk kezelendő egészségügyi bántalmakat.

1. táblázat. A kárpátaljai gyógyüdülési körzetek jellemző ásványvizei és gyógyhatásuk

Table 1. Typical mineral waters of the Transcarpathian Spa districts and their curative effects

	Gyógyüdülői körzet	Gyógyvíz típusa	Javallatok
1.	Ungvári	nátrium-hidrokarbonátos, szénsavas, vas-szilícium tartalmú kloridos-karbonátos kalcium-nátriumos, termális	emésztőszervi, szív- és érrendszeri, urológiai bőrgyógyászati megbetegedések
2.	Munkácsi	szulfidos-szénsavas, metános-salétromos és nátrium-kloridos, termális	szív- és érrendszeri, emésztőszervi, bőrgyógyászati, anyagcserezavar, nehézfémek általi mérgezéses panaszok
3.	Nagybereznai-Perecsenyi	hidrokarbonátos, klóros, nátrium-kalciumos, szénsavas, vasas	vérbetegségek, ízületi és idegrendszeri panaszok
4.	Ökörmezői-Volóci	szénsavas, nátrium-kloridos, hidrokarbonátos, arzén és bórsav tartalommal	szívelégtelenség, emésztőrendszeri panaszok
5.	Szolyvai	szénsavas, nátrium-karbonátos, szilícium, jód, cink és bór tartalommal	gyomor- és bélbetegségek, anyagcserezavar, szív- és érrendszeri, endokrinológiai panaszok
6.	Ilosvai	metános, nátrium-kloridos, jódos-brómos termális	szív- és érrendszeri, keringési, mozgásszervi panaszok
7.	Beregszászi	szénsavas, nitrogénes, hidrokarbonátos, nátrium-kloridos, termális	mozgásszervi, nőgyógyászati panaszok, ízületi gyulladás, bronchitis
8.	Husztai-Nagyszőlősi	szénsavas, brómos, nátrium-kloridos, termális	mozgásszervi, idegrendszeri, emésztőszervi panaszok
9.	Técsői	hidrokarbonátos, kloridos, nátrium-kloridos, kén-hidrogénes, termális, gyógyvizap	nőgyógyászati, urológiai, ízületi, bőrgyógyászati panaszok
10.	Rahói	nátrium-hidrokarbonátos, hidrokarbonát-kloridos, arzénes, magnéziumos-kalciumos	gyomor és idegrendszeri panaszok, légúti gyulladások

Ami a megye feltárt termálkincsét illeti, elenyésző az gyógyturizmusban hasznosított termál-kutak száma. Kiemelkedő idegenforgalmi jelentőséggel bír a Kaszonyi Termálfürdő, a Beregszászi Sportuszoda, a Pacsirta Termálfürdő (Beregszász), a Teplica Szanatórium (Nagyszőlős).

Az elmúlt években végzett fejlesztéseknek köszönhetően megszűnt a fent említett termálfürdők szezonalitása. Ennek hatására érezhetően nőtt a turistaforgalom környékükön. További hozadéka, hogy gombamód jelentek meg a magán szálláshelyek a környező falvakban, illetve Beregszászban, jelentős jövedelem kiegészítést szolgáltatva a helyi lakosságnak. A jelenlegi ukrainai politikai helyzetből adódóan, illetve a Krím-félsziget, mint egykori kiemelt turisztikai desztináció kiesése révén, tovább nőtt a „békés nyugat” idegenforgalmi népszerűsége a belföldi, gyógyulni vágyó turisták körében.

Irodalom

- Gerencsuk, K. I. 1981: Priroda Zakarpatszkoji oblasztyi. Vyscsa skola, Lviv, 156.
 Kődöböcz-Gerzsenyi I. 2012: Kárpátalja ásványvíz típusai. In: A Kárpát-medence ásványvizei IX. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Herkulesfürdő, Románia, 129-136.
 Pop, Sz. 2003: Prirodnyi reszurszy Zakarpattya. „Szpektraly”, Uzshorod, 296.
 Vági, J. 2005: Gyógyfürdők. Kossuth Kiadó, Budapest, 87.

A MOFETTA-JELENSÉGGKÖR A GÁZÜLEDÉKEK METEOROLÓGIAI ÉS GEODINAMIKAI FÜGGŐSÉGÉNEK SZEMSZÖGÉBŐL VIZSGÁLVA

MOFETTES:

STUDY ON THE METEOROLOGICAL AND GEODYNAMICAL EFFECTS ON GEOGAS SEDIMENTS

Gyila Sándor¹, Csige István²

¹Dr. Benedek Géza Szívkórház, Orvosmeteorológiai és CO₂-laboratórium, Kovászna

e-mail: gyilasandor@gmail.com

²MTA Atomki

Abstract

Carbon dioxide of post-volcanic origin (or occasionally of thermal dissociation of carbonate rocks) is one of the typical but not fully used subsoil riches of Romania. The so-called: „mofette-aureola” (Airinei et al., 1975) marks a 13 000 km² great geographical surface in the central zone of Romania. The CO₂ geogas-emanations can form sediments (named mofettes) in natural or artificially created hollows, but the stability of the gas in these depressions presents a multilateral dependence on meteorological and geodynamical parameters. In this work we analyze the behavior of CO₂ in pools and conclude that meteorological factors, especially the outdoor and the soil temperatures are the two decisive parameters influencing the vertical profile of the gas sediments. Covasna spa is situated in close proximity of the famous Vrancea geotectonic subduction zone. We describe a method that makes in evidence the geodynamically modulated state of the non-post-volcanic CO₂-emanations of Covasna.

Keywords: mofetta, geogas-sediments, Vrancea geotectonic subduction, radon

Kulcsszavak: mofetta, geogáz-üledékek, Vrancea tektonikai szubdukció, radon

Bevezetés

Románia központi térségében egy közel 13 ezer km²-es területen, melyet mofettás aureola néven ismerünk, utóvolkáni jellegű, köpenyeredetű, vagy esetenként üledékes kőzetek bomlásából származtatható szén-dioxid tör a felszínre kén-hidrogén, kén-dioxid, metán, hélium, argon, radon kíséretében. Természetes, vagy ember alkotta mélyedésekben a levegőnél másfélszer nehezebb geogáz-elegy különleges üledéket képezhet, melyet elsősorban gyógyászati célokra alkalmaznak gázfürdőként (orvosi mofetták). A jelenség ugyanakkor használható pl. a Föld nagy CO₂-tartalmú őslégkörének szimulációjára, vagy akár a magashegyi atmoszférák fiziológiai hatásának tanulmányozására, az üvegházhatás laboratóriumi modellezésére, de lemeztectonikai mozgások következményeinek megfigyelésére is. A mofettakutatások romániai úttörői (Airinei, Pricăjan 1975) elsősorban Harghita-fürdőn, de az általuk megrajzolt aureola-térkép sok távolabbi pontján is a gázüledékek 12% CO₂-nak megfelelő „lángpróbás” szintjét követték éveken át. Harmonikus analízissel több, különböző periódusú hullámzás egymásra helyezkedését sikerült kimutatniuk. A korabeli kutatók egyértelműen mélyszerkezeti okokra gyanakodtak, meteorológiai hatásra nem gondoltak.

Dolgozatunk célja: kovásznai tapasztalataink alapján (Csige, Gyila 1995-2014) bemutatni a mofetták gázterének kettős érzékenységét, melyet egyrészt valóban mélyszerkezeti (lemeztectonikai, szeizmológiai) másrészt az előbbinél sokkal erősebb, meteorológiai behatások tartanak folyamatos moduláció alatt.

A mofetták meteo-függősége

Kísérleti eredményeink egyértelműen igazolják, hogy a mofettagáz molekulatömegének levegőhöz viszonyított 1,5 körüli aránya (a CO₂ javára) szükséges, de nem elégséges feltétel a nehezebb gáz üledékének kialakításához. Fontos, hogy a mélyedés, mint nagy hőkapacitású (termikus tehetetlenségű) „edény” – lokális termikus inverzió segítségével – menedéket nyújtson a mofettagáznak az atmoszférából eredő turbulenciákkal szemben.

Az üledékképződés erőteljes meteo-függőségére az 1980-as évek elején derült fény, amikor a kovásznai szívkórház hatalmas térfogatú, gyógyászati CO₂-gázfürdőjét egy mélyfúrásról sikerült úgy működtetni, hogy a mesterségesen betáplált gáz hozama időben állandó volt. A feltételezett geológiai modulációkat ezzel kizártuk. Az elvárásokkal ellentétben azonban a 100 m² felületű, közel 250 m³-es üregben (1. ábra) a gázüledék télen továbbra is labilisnak bizonyult, (a leghidegebb éjszakákon pedig el is tűnt a medencéből), és nyáron is érzékeny maradt a hidegfront-betörésekre.

A jelenség könnyen modellálható. Ha egy külső légtérnél hűvösebb talajba mélyített üreget CO₂-palackról állandó hozammal, turbulencia-mentesen táplálunk, rövidesen kialakul a gázüledék és dinamikus egyensúlyba kerül a felső légtérrel a szedimentáció Maxwell-Boltzmann törvénye szerint, tehát rétegződik. Ideális mofettában az izokoncentrációs felületek párhuzamosak, a vízszintes koncentráció-gradiens zéró. Eközben a gáz függőleges profilja jó megközelítéssel a $C = C_0 \cdot e^{-\alpha h}$ összefüggés szerint alakul. A képletben C₀ a mélyedés alján mért koncentráció, C pedig az ehhez viszonyított h magasságban mért megfelelő érték. A kitevőben szereplő α együtttható a mofetta „egyéniségét” fejezi ki, mely kapcsolatban áll a dinamikus egyensúlyt fenntartó gázhozammal, annak

hőmérsékletével, a mélyedés geometriai adataival, a talaj hőmérsékletével, de elsősorban a medence S felületével, ugyanis Fick I. törvényében – a stacionárius diffúzió egyenletében – ez a paraméter különös jelentőséggel bír.

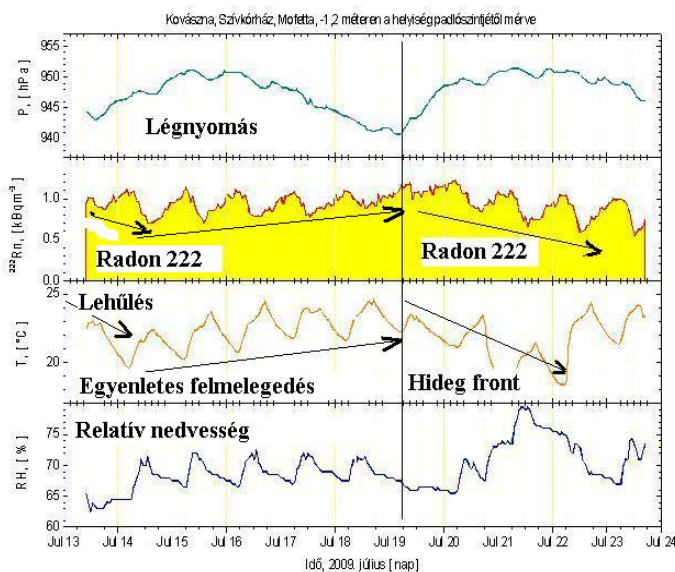
1. ábra. A kovásznai szívkórház amfiteátrumszerű gyógyászati gázfürdője. A CO₂ betáplálása a padló alatt történik egy kültéri mélyfúrásból

Figure 1. The amphitheatric mofetta-pool (Dr. Benedek Géza Cardiology Hospital Covasna) is artificially fed from an outdoor borehole



2. ábra. Alphaguard műszerrel végzett mérés eredménye. Jól követhető a ²²²Rn aktivitáskoncentráció változó tendenciája az időjárás függvényében és a folyamat kb. egy napos tehetetlensége is

Figure 2. Results of measurements with an AlphaGUARD instrument in the mofetta-pool make in evidence the diminution of ²²²Rn activity concentration in correlation with the decrease of external temperature, and the inertia of the system, too.



Miközben a földbe mélyülő medence hatalmas termikus tehetetlensége a mofettás üledék ideális kialakításán munkálkodik, a felső gáztér – a levegő – ennek folyamatos megbontását, oldását, elszállítását végzi. Eközben a függőleges termikus profil erősen befolyásolja a CO₂ levegőhöz viszonyított diffúziós állandóját, de pl. a nedvességtartalom is arányosan alakul. Emiatt a mofettás üledékek kutatásához elengedhetetlenül szükséges egy külső meteorológiai állomás is. A szén-dioxid függőleges eloszlását az idő függvényében és a környezeti hőmérséklet alakulásával párhuzamban regisztrálva azonnal megfigyelhető az egyértelmű összefüggés a kettő közt.

Hideg évszakban, amikor a talajbemélyedés melegebb a külső atmoszféránál, mofetta – gázüledék értelemben – nem jöhet létre benne. Létezik empirikus népi tapasztalat is ezzel kapcsolatban. A régebbi időkben, Kovásznán, „Európa leggazdagabb szén-dioxid feltöréseinek színhelyén” (Hankó 1896) még kézzel ásták a kutakat. Nyáron különösen veszélyes volt a mélyben dolgozni, mert az emanációgáz azonnal „befeküdt” a hűvös üregbe, és színültig töltötte azt. A CO₂ - tartalmú levegőben 5 tf % körül már nehéz a lélegzés, 12%-on kialszik a láng, 40%-os, vagy annál töményebb CO₂ tüdőre szívása pedig azonnali halált okoz (Haldane 1919). Télen a kútásót nem fenyegette veszély, mert a 8-10 C°-on feltörő talajgázt a fagyponthoz alatti, fentről lezúduló és kellő lendületet vevő levegő azonnal kihelyettesítette. A mofetták eme féléves, szezonális periódusán kívül megfigyelhető az effektus finomszerkezete is, ha a gáztérbe automata mérőműszert állítunk.

A szívkörház mofettáját tápláló mélyfúrás ^{222}Rn -t is hoz a felszínre. Méréstechnikai okokból az ebből eredő radioaktivitást használtuk nyomjelzőként arra a tapasztalati tényre alapozva, hogy a CO_2 -lángszintek és a gázüledék függőleges ^{222}Rn -profiljának változásai szinkronban, sőt fázisban vannak (Csige 2009). Függőleges ^{222}Rn profilokat Radamon típusú (Csige, Csegzi 2001) nyomdetektorokkal több rendben is mértünk. A 2. ábrán egy 2009. július 13-24 közt, Alphaguard márkájú műszerrel végzett mérés eredményét láthatjuk. A legfelső görbe a légnyomást, a következő a kBqm^{-3} dimenzióban kifejezett ^{222}Rn -aktivitáskoncentrációt szemlélteti, majd a hőmérséklet és a relatív nedvességtartalom alakulását vizsgálhatjuk. Minden paraméteren megfigyelhető a napi ritmus. A július 19-én érkezett hidegfront és a ^{222}Rn -aktivitáskoncentráció csökkenő tendenciája közti összefüggés (a napi ritmusok hátterén), de a rendszer termikus tehetetlensége is megfigyelhető. Megjegyezzük, hogy a mélyfúrásból $\sim 10\text{ C}^\circ$ -on érkezik a CO_2 a felszínre.

Az igen bonyolult, sokkomponensű diffúziós folyamatban alapjában minden gáz másként viselkedik, ugyanis a diffúziós állandó erősen függ a gázmolekula tömegétől is. Továbbá nemcsak a transzportált tömeggel, hanem a mozgási energiákkal is számolnunk kell a hőmérséklet-gradiensek okán. Emiatt tehát modellkísérletünkben hiába tápláljuk a mofetta üregét éjjel-nappal állandó CO_2 -hozammal, a gázvesztés csak rövid időközökre nézve írható le stacionárius folyamatként. Finomszerkezetére tehát a nem stacionárius diffúzió egyenletének (Fick II. törvénye) szemszögéből is oda kell figyelni. Fejezetet záró konklúzióként megállapíthatjuk: a meteorológiai hatás a mofetták gázvesztésének (output) hozamát modulálja.

Mofetták gáznyerésének (input) geodinamikai eredetű modulációi

A mofettás aureola Kovászna-Hargita megyei vidékén a talajgázok vizes szerkezeteken át törnek a felszínre. A vízkészletek utánpótlása csapadékból valósul meg néhány hetes-hónapos reakcióidőkkel. Már itt is felfedezhetünk egy újabb meteorológiai behatást, de a Kovászna-vidék helyzetét komplikálja a Világ harmadik legenergikusabb szeizmikus övezetének (Gutenberg, Richter 1952); a Vrancea szubdukciós zónának a közelsége. Itt feszül egymásnak három földlemez úgy, hogy a tektonikai stressz iránya ÉNY-DK (Kovásznát a Kárpát-könyök túloldalán fekvő Dumitrești községgel összekötő vonal), az elliptikus epicentrális zóna ezen, erre merőlegesen fekszik. Évente itt $\sim 3,5 \cdot 10^{21}$ erg energia szabadul fel. Eközben (szeizmikus szelvényezések eredményei szerint) a Kárpát-kanyar belső területein (Háromszék, Barcaság) a kéreg annyira töredezett, hogy ez a vidék aszeizmikus. Innen tehát nem pattanhat ki földrengés, annál is inkább, mert a törések frissek, nem tudnak befornni a Vrancea felől érkező mindennapos szeizmikus nyugtalanság miatt. A szénsavas vízzel telt repedésszerkezetek erőteljesen csillapítják a rengéshullámok terjedését. Szeizmikus szelvényezéskor pl. egy Brassó vidékén robbantott földalatti töltet hullámaikat nem sikerült detektálni Kovásznán (Mocanu 1998). Ezzel magyarázható a CO_2 feltörések gazdagsága és az ásványvizek sokfélesége.

A kovásznai szívkörház mofettáját egy 168 m mély fúrásból tápláljuk. A $\sim 25\ 000$ mg/liter szárazanyag-tartalmú vizet, 1,5% metánt, 4,5 ppm He-t, 10 C° -on telített vízgőzt és $\sim 97\%$ arányban, CO_2 -t adó horizont 97-168 m közti mélységintervallumban van. Ide helyeztek be perforált csövet. Oligocén korabeli márgás- és agyagpalák, szürkésfehéres homokkövek repedéseiből táplálkozik a fúrás egy koaxiálisan behelyezett „tubing” segítségével. Furatátmérő 0-97 m-en $\varnothing 140$ mm (eddig nyúl le a tubing), ettől lefelé $\varnothing 90$. A kutat sikerült úgy beállítanunk (akusztikus hangolás módszerével), hogy a megközelítőleg szabályos lefolyású gejzírkitörések 85 másodpercenként kövessék egymást. A mélyben telítettségi értéken oldott CO_2 -mennyiség a felszínen azonnal kibomlik a magas sótartalom miatt. A vizet és az azt felemelő gázkomponenst szétválasztjuk, a gázt a mofettába vezetjük. A kitörési ciklusok folyamatos felügyeletét komputerhez kapcsolt traduktorral oldottuk meg. A szonda gyűrűs terében uralkodó nyomás egy manométeren követhető. A periódusonként felszínre hozott víz- illetve gázmennyiség, sőt a víz össz-ásványi sótartalma, de tetszés szerint pl. a bikarbonát-, vagy a vastartalom is periodikusan ellenőrizhető. Ciklusonként 6-8 liter vizet és 140-150 liter gázt termel a kút. A felsorolt paraméterek folyamatos megfigyelése alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy igenis léteznek mélyszerkezeti modulációk és esetünkben összefüggésben állhatnak a tektonikai stressz változásaival, a Vrancea-vidék szeizmikus eseményeivel.

A vulkáni eredetű Szent Anna tó (Csomád hegység) tövében $85\text{-}120\text{ mW/m}^2$ a geotermikus fluxus (Rădulescu 1983), jelentős H_2S és SO_2 emanáció is kíséri a szén-dioxidot. Kovásznára (amely légvonalban 45 km-re fekszik), ezen utóvulkáni jegyek közül egyik sem jellemző. A szívkörházi mofetta tápforrásán végzett $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^3\text{He}$ stabilizotóp arány-eltolódási mérések (Szántó Zs. 2002. MTA Atomki) is arra a feltételezésre bátorítanak, hogy a Kovászna-közeli CO_2 karbonátok bomlásából származik, nem utóvulkáni eredetű.

A Kárpát-kanyar évi 4-5 mm-t emelkedik, a könyök belső medencéi süllyednek. Ez a folyamat újabb dinamikai jegyeket ad a CO_2 -emanációnak. A közelmúltban, a városban egykoron gondosan feltérképezett (Georgescu 1978), ősidők óta ismert CO_2 feltörési helyek vándorlását tapasztaltuk. A gáz betört olyan kutakba, pincékbe, sőt lakásokba (!) is, ahol eddig nem érezték a jelenlétét. E tényállás miatt Kovászna radontérképe (Csige, Csegzi 2008) is revízióra szorul.

Ami a CO_2 keletkezését illeti alagyűrt üledékes kőzetekből, a hatalmas nyomás hatására, már a Vrancea-övezet szeizmicitásának hipocentrumaiban (70-170 km mélységintervallum) feltételezhetünk gáztermelődést és hozam-

ingadozásokat a tektonikai stressz változásaival összefüggésben, de ezt kimutatni képtelenség a felszínre vezető repedésszerkezet/térfogat integráló hatása miatt. Kisebb mélységintervallumban (31 C°-nál alacsonyabb hőmérsékleten, 73 atm-nál nagyobb nyomáson) azonban létezhet egy olyan övezet, ahol a CO₂ cseppfolyós állapotban található. Ennek a Kárpát-kanyar alacsony geotermikus gradiense is kedvez. Jelen dolgozat szerzőinek véleménye szerint a felszínen tapasztalt gázhozam-ingadozásokat, a Kovászna főterén működő Pokolsár (CO₂-iszapvulkán) ritka, de látványos kitöréseit, sőt az említett CO₂ „vándorlásokat” is – első megközelítésben – számottevő, cseppfolyós CO₂ készletek létével magyarázhatjuk a legplauzibilisebb módon. Cikkünk záró konklúziójaként elmondhatjuk: az atmoszférikus körülmények közt ülepedő, s emiatt erősen meteofüggő CO₂ (mofetták) megfigyelése nem alkalmas a geodinamikai modulációk kutatására. Ezen utóbbihoz kőzet-környezetben (pl. mélyfúráson) végzett geofizikai mérések szükségesek szeizmo-tektonikai és egyéb adatokkal egybevetve.

Irodalom

- Airinei Șt., Pricăjan A., Ștefănescu M., Setel M. 1975: Variația manifestării bioxidului de carbon mofetic de la Băile Pucioasa-Sântimbru și Harghita In: Stud.cerc. geol. geofiz. geogr., Geologie 20, 1, 59-73, București.
- Airinei Șt., Pricăjan A. 1975: Some geological connections between the mineral carbon and thermal waters and the postvolcanic manifestations correlated with the deep geological structure of the East Carpathians territory-Romania In: Stud. tehn., econom, Seria E (Hidrogeologie), XII, 7-15. București.
- Csige I., Csegzi S. 2001: The Radamon radon detector and an example of application In: Radiation Measurements, 34/1-6., 437-440.
- Csige I., Gyila S. 2006: Spatial variation of ²²²Rn activity concentration in dry carbon dioxide spas In: Atomki Annual Report, Debrecen.
- Gutenberg B., Richter G.(1952): Seismicity of the Earth and associated phenomena, Princeton University Press.
- Gyila S. 2006: A mofetták kérdésköre – interdiszciplináris vetületekben In: III. Nemzetközi Tud. Konferencia, konferenciakötet, 71-80. Sapientia Egyetem Csíkszereda.
- Gyila S., Csige I. 2008: Mérési nehézségek a mofetták kutatásában In: X. Bányászati, kohászati és földtani konferencia, EMT-konferenciakötet, Nagyszeben.
- Mészáros E. 2008: Az élet keletkezése az őslégkör összetétele és az éghajlat tükrében In: Magyar Tudomány, 2008/06., 656.

MEGÚJULÓ ENERGIA RÉGIÓK INTÉZMÉNYESÜLÉSE HÁROM EURÓPAI ORSZÁG PÉLDÁJÁN

INSTITUTIONALIZATION OF THE RENEWABLE ENERGY REGIONS TO THE EXAMPLE OF THREE EUROPEAN STATE

Krámos Dániel

Eszterházy Károly Főiskola
danielkramos@gmail.com

Abstract

In regional researches I always have to face the problem of defining the concept, size, institution and the function of the region accurately, due to the fact, that region definitions are widespread and often mentioned. The regional/spatial sciences distinguish many region types, according to severe investigation and assessment methods and models. In the course of research I investigate the theoretical system of the energy regions based on newfangled renewable energy sources. In Hungary the definition hasn't already been officially accepted, and there is no existing energy region system. I present the thesis on the institutionalization by Anssi Paasi and the model of the 33-point-criteria system applied in the German energy regions. In my research we evaluate KÁT report data published by Hungarian Energy and Public Utility Regulatory Authority, thus I assign the settlements constituting energy region theoretically in Hungary. The results could demonstrate those micro-regional and regional level initiations, which started their institutionalization process before the national formal codification of energy region definition.

Keywords: renewable energy, region, institutionalization, Hungarian Energy and Public Utility Regulatory Authority, energy region, MOT report, european models

Kulcsszavak: megújuló energia, régió, intézményesülés, Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal, energia régió, KÁT rendszer, európai modellek

Bevezetés

A területfejlesztés egyik modernizált eszköze a regionális menedzsment. A megújuló energiaforrások vizsgálatának egy új keletű iránya a regionalitás kérdés köre. Erre külföldön már folynak kísérleti kutatások, amely nevezetesen a kutatás egyik fő elméleti háttere is (Süli-Zakar 1994a, 1994b; Nemes Nagy 1997). A regionális vizsgálatoknál mindig problémát okoz a régió fogalmának, méretének, intézményének, funkciójának meghatározása, mivel sokat és sokak által használt definíció. Többféle régiót is megkülönböztet a regionális szakma, melynek vizsgálata, bemutatása számtalan módszertant és modellt követ (Patkós 2010).

A kutatás szempontjából a leglényegesebb definíciók a következők: A „régio” szó napjaink egyik leggyakrabban használt és idézett szava. Minden tudományos és szakmai személynek megvan róla a maga véleménye, értelmezése (Kovács 2001). Az értelmezése igazán sokféle, számtalan hazai és nemzetközi publikációknak készült az értelmezéséről, méretéről, típusairól, és ezekből megállapíthatjuk, hogy nincs és nem is lesz egyértelmű régió-fogalom. Talán az egyik legjobb megfogalmazása: „Meghatározott területi egység, amely nagyban függ a meghatározó személyétől.” (Szabó 2005). A régiót nem lehet leegyszerűsíteni egy adott adminisztratív egységre vagy regionális szintre, egységre anélkül, hogy számításba ne vennénk a tágabb térbeli-társadalmi kapcsolatrendszert, és nem lehet a régiót mélyebben megérteni a történelmi háttér vizsgálata nélkül, ugyanis ha régióról beszélünk, mindenképp figyelembe kell venni a bennük élő közösségeket és társadalmat (Paasi 1986).

A regionális tudományban a régiókat vizsgálva viszont megállapíthatjuk, hogy tanulmányok, a legtöbb vizsgálat szerint a régiókat két szempont szerint osztják fel a kutatások: a komplex régiók vizsgálata és régiók funkció szerinti vizsgálata. A komplex régió egy komplex rendszer, melyet a társadalom, a természet, és a gazdaság működtet. Ez a tércategória elsősorban a közigazgatáshoz kapcsolódó fogalom, amely számos funkcióval van ellátva, komplex egész. A funkcionális régiókat pedig egy-egy bizonyos céllal lett létrehozva vagy felülről, vagy alulról jövő kezdeményezésként. Ilyen például a természetvédelmi kategória a Nemzeti Park, vagy gasztroturisztikai egység a borrégió, borvidék (Probáld 1995). Ehhez a funkcionális régiókhöz kapcsolódnak a megújuló energiát hasznosító régiók.

Megújuló energiaregiók

A megújuló energia régiók kialakítására Magyarországon jelenleg nincs általánosan elfogadott gyakorlat, ha szolgáltatók alapján vizsgáljuk meg, akkor az egyetemes szolgáltatókat láthatjuk, amelyek nagy térségi szintűek. A németországi gyakorlat kidolgozásában a Hessen tartományi gyakorlat volt az elindítója, a Kassel városában működő deENet Egyesület kezdte el. A projekt kidolgozását a német Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Nukleárisbiztonsági Szövetségi Minisztériummal és a Szövetségi Környezetvédelmi Hivatal szakértői jelentéseivel közösen végezték. A kritérium rendszert Cord Hoppenbrock és Beate Fischer 2012-es (Hoppenbrock, Fisher 2012) munkája nyomán készült, akik egy 35 oldalas kiadványban közölték az energia régiók kritérium rendszerét. A szimulációt ez alapján, a modell alapján készül el. A modell 5 főpont szerint, és 33 alpont szerint alakították ki. A

modell szerint egyes alpontokra 3 pont szerezhető, és alakul ki a 99 pont. Az ajánlott értékeknél a következőket határozták meg: ahhoz, hogy valaki az induló 100 százalékos régió címet kívánja viselni, akkor a kritérium pontokból minimum 20-at kell teljesíteni, ha 100 százalékos megújuló energia régió státuszba kíván lépni, akkor minimum 40 pontot kell elérniük.

1. pont: Definíciós jellemzők (méret és intézmény fogalmi rendszer).
2. pont: Célok, szintek (potenciál vizsgálatok).
3. pont: Cselekvés rendszere (pl. adatbázis, pr és marketing terv, konfliktuskezelési terv).
4. pont: Állami szerepvállalás (programok, tervek a megújuló energiaforrásokhoz kapcsolódóan).
5. pont: Egyéb (Pilot-project, Best Practice).

Megfigyelhetjük, hogy a modell sok fontos alap kritériumot alkalmaz, mely Németországban jól alkalmazható. A továbbiakban ezt a modellt próbáljuk alkalmazni az energia régiók kialakulásának feltérképezésére. Mivel Németországban az energiaregió cím elnyeréséhez pályázni kell, nem kutatási eredményként jönnek létre, viszont Magyarországon hasonló intézmény rendszer sincs, adatbázis alapján kell modellezni az energiaregiók kialakulását. A bemutatott településeket az 1. pont második kritériuma alapján elemzem, ugyanis kimondja, hogy nem kötelező külön intézményrendszert felállítani, valamelyik releváns intézményrendszert is érdemes lehet használni. Példaként hozza a LEADER térségeket, mely Magyarországon is területiséget ölt (Ruszkai 2009).

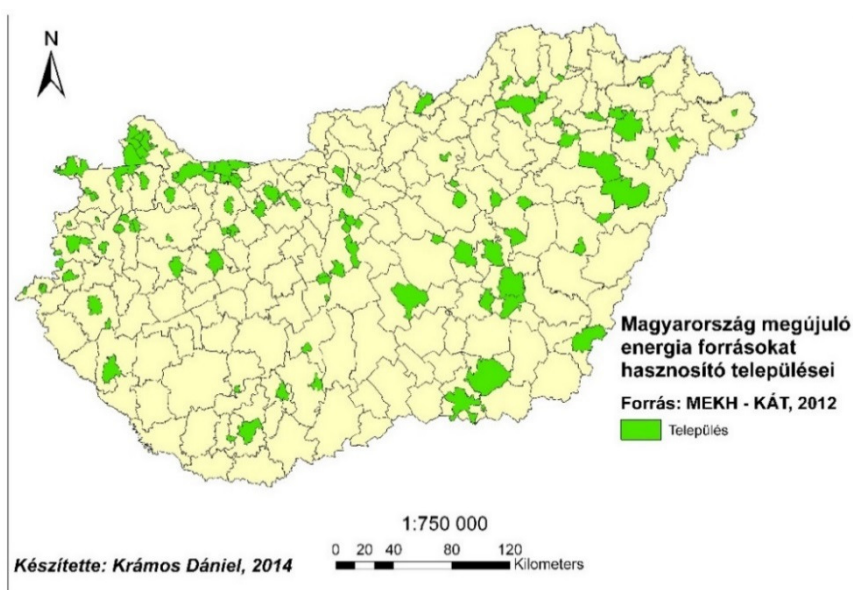
Kutatási eredmények

Az országos rendszerbe juttatott megújuló villamosenergia-termelést a Magyar Energetikai és Közmű-ügyi Hivatal pontosan nyilvántartja, ám a saját célú áramtermelés és a hőenergia inkább csak becsülhető, kiépített adatbázis jelenleg a személyes titoktartás miatt nincs (M. E. K. H. 2012).

A jelentés alapján 110 települést dolgoztunk fel, melyben a fővárosi kerületek közül 4-et külön jelenítettünk meg, így összesen 107 településen található értékesítési pontot. Ezek közül több olyan is található, amelyeken kombinálva megtalálható többféle megújuló energiaforrást hasznosító erőmű.

Ezeket az alábbiakban egyenként ismertetjük, mert nem sok ilyen település van. Az első Kecskemét, ahol három fajta megújuló energiát is hasznosítanak és értékesítenek a KÁT rendszer alapján. Ezek a biogáz, depónia-gáz, szennyvízgáz hasznosító erőművek. Ez az egy település van jelenleg Magyarországon, amely a KÁT rendszer alapján háromféle megújuló erőforrást is hasznosít.

Számos településen kétféle megújuló energiát is hasznosítanak kétféle megújuló energiát hasznosítanak. Ostffyasszonyfán szél-erőmű és biogázt hasznosító erőmű, Ikerváron szél-erőmű és kicsi vízerőmű található. Visontán biomassza tüzelés és hulladékhasznosítás történik az erőműben. Pécsen biomassza és depónia-gáz hasznosítás folyik. Kapuvár a biogáz hasznosítás mellett kicsi vízerőmű működik. Sopronban és Debrecenben depónia- és szennyvízgáz hasznosítás történik. Budapest XXI. kerületében található szennyvíz- és kis teljesítményű vízi erőmű.

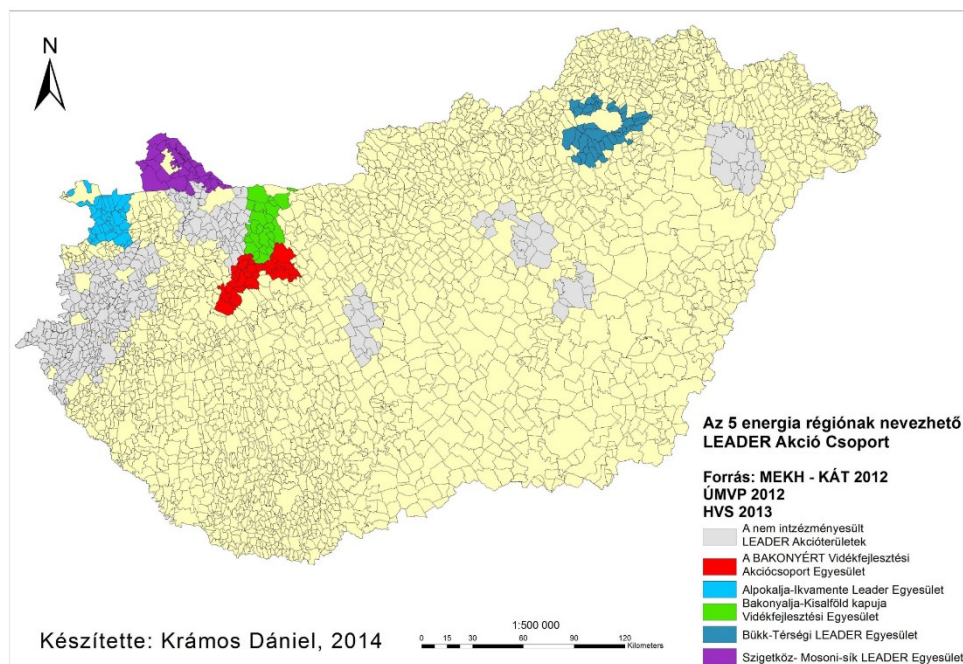


1. ábra. Magyarország megújuló energiaforrást hasznosító települései 2012-ben

Figure 1. The renewable energy resources user settlement in Hungary in 2012

A 78 település 41 HACS-hoz tartozik, ebből viszont vannak olyan akció területek, amelyekhez az ábrázolt települések közül csak 1-2 településen folyik a KÁT rendszerben értékesítés, igazából nem jelent nagy térségi értékesítést. Így összesen 12 térségben végezzük el Helyi Vidékfejlesztési Stratégiák elemzését. A dokumentumelemzést az alábbi tematika alapján végeztem el:

- A dokumentumban van-e bármilyen utalás a megújuló energiával kapcsolatban?
- A helyzetelemzés szakaszban említve van-e a megújuló energiaforrás, mint tényező?
- A jelenleg KÁT rendszerben történő értékesítő település és megújuló energia típust is említik-e a Stratégiában?
- Szerepel-e célkitűzésként a valamilyen megújuló energiaforrás felhasználása?
- A célkitűzés alapján van a térségi szintű fejlesztési elképzelésekhez valamilyen intézkedés, alprogram rendelve?
- Ha van ilyen típusú intézkedés, van-e említve prioritásként élvező, vagy fejlesztendő felhasználó, erőmű vagy programcsoport?



2. ábra. Magyarország energiaregióinak tekinthető Leader térségei

Figure 2. Leader action areas in the context of energy region in Hungary

Azok a csoportok lettek kiemelve, ahol a 6 kérdésből legalább 5-re igen volt a válasz. A második ábrán megfigyelhető, hogy 5 akciócsoport nevezhetné magát a 2012-es adatok alapján a németországi kritériumrendszer szerint alkalmazott energiaregióknak.

Konklúzió

A finn Paasi által megalkotott régiók intézményesülésének elméletével az energia régiók kialakulása vizsgálatával az alábbi összeggést tehetjük:

1. A Paasi elmélet alapján az első szint a területi kiformálódás szakasza. A német energia régiós rendszer, mely elsősorban a „Landkreis” szinten figyelhető meg a legnagyobb mértékben, területi szempontból a járási, kistérségi vagy a LEADER Akció területi esetekben figyelhető meg. Mivel esetünkben LEADER Program Helyi Akció Csoportjairól beszélünk, így minden szervezet teljesítette ezt a kitélt.
2. A szimbolikus forma vizsgálatánál azt állapítottam meg, hogy csak ezzel a fejlesztési törekvés kevés esetben figyelhető meg. Viszont az arculat, a szimbólumrendszer az alábbi szervezeteknél teljesen jól elkülöníthető egyes esetekben.
3. A szervezeti forma kialakulásánál megállapítható, ez egy kiforróban lévő rendszer, így a magyar esetben azokat a lehetőségeket kívántam elemezni, amelyre a németországi példák esetén is említve vannak. Mivel a jogi aktus rendelkezik a LEADER Akció Csoport jogi formájáról, így ezen a szinten szintén teljesen megfelelnek a szervezetek.
4. Az utolsó szint a régió kialakulása, beilleszkedése a regionális rendszerbe és a társadalom regionális tudatába. Itt a megfigyelés tárgya, hogy milyen intézkedéseket, célkitűzéseket, forrásallokálásokat tesznek a szervezetek a

működésért. Így megállapíthatjuk, hogy az intézményesülés tekintetében az alábbi 5 szervezet nevezhető Magyarországon energia régióknak:

- Alpokalja-Ikvamente Leader Egyesület,
- A BAKONYÉRT Vidékfejlesztési Akciócsoport Egyesület,
- Bakonyalja-Kisalföld kapuja Vidékfejlesztési Egyesület,
- Bükk-Térségi LEADER Egyesület,
- Szigetköz- Mosoni-sík LEADER Egyesület.

Összességében megállapítható, hogy a magyar rendszerben is elkezdődött az energia régiók képződése anélkül, hogy a kiépítéséhez intézményesített teendőket és forrás biztosítottak volna. Tekintettel arra, hogy Németországban egész intézményrendszert állítottak fel az energia régiók támogatására, és fejlesztésére, megfontolandó intézmények felállítására nélkül is legalább a források elkülönítése a 2014-2020-as időszakban Magyarország számára.

Köszönetnyilvánítás

„A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

Irodalom

- Hoppenbrock, C. – Fisher, B. 2012: Was ist eine 100ee-Region und wer darf sich so nennen? http://www.100-ee.de/fileadmin/Redaktion/Downloads/Schriftenreihe/2012_12_17_Arbeitspapier_100ee-Kriterien_neu.pdf 2013.11.14
- Kovács T. 2001: A régiók szerepe a területfejlesztésben, a közigazgatásban és a statisztikai információrendszerben. - in: Régió, közigazgatás, önkormányzat. - Budapest. Magyar Közigazgatási Intézet. Szerk.: Szigeti E. pp 107-118
- Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal 2013: Beszámoló a megújuló alapú villamosenergia-termelés, valamint a kötelező átvételi rendszer 2012. évi alakulásáról, Oldalszám: 52 p.
- Nemes Nagy J. 1997: Régiók, regionalizmus. - Educatio 3. pp 407-423
- Paasi, A. 1986: The Institutionalisation of Regions: a theoretical framework for understanding the emergence of regions and the constitution of regional identity. - Fennia. 164. 1. pp. 105-146.
- Patkós Cs. 2010: A régióképződés sajátosságai Magyarországon. - In: A terület- és településfejlesztés alapjai II. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs, pp. 156-183. Szerk.: Süli-Zakar I.
- Probáld F. 1995: A regionális földrajz helye a geográfiában (Háttérnézet). Regionális Tudományi Tanulmányok 2. ELTE TTK Regionális Földrajzi Tanszék, Bp., pp. 34-64.
- Ruszkai CS. 2009: A területiség vizsgálata a LEADER fejlesztési módszertan keretén belül (Building up regional structures in the LEADER Programme – in Hungarian). In: Acta Iuventutis Geographica, Institutium Socio-Geographie Universitatis Debreceniensis, Szerk: Süli-Zakar I, pp. 159-166.
- Süli-Zakar I.(1994a: Debrecen és Kelet-Magyarország. (Egy regionális központ és a regionalizmus országunk keleti részén). - in: Süli-Zakar I. (szerk.) (1994): Tanulmányok Debrecen városföldrajzából. - ELTE Társadalomföldrajzi Tanszék. Debrecen pp 7-72
- Süli-Zakar I. 1994b: Regionalizmus és régió. A középszintű közigazgatás reformja Magyarországon. In.: Tóth J., Mátrai M. (szerk.) (1994)Térszerkezet -Régió - Vonzáskörzet - Kistérség. 2. kötet - Székesfehérvár-Pécs. pp. 14-24
- Szabó P. 2005: Régió: „meghatározott területi egység”, Oldalszám: 7-62. in: Régiók Távolról és közelről. MTA-ELTE-RTK, Budapest. Szerk: Nemes-Nagy József

RONCSOLÁSMENTES KÖRNYEZETDIAGNOSZTIKAI MÓDSZERFEJLESZTÉS

ADVANCED NON-INVASIVE ENVIRONMENTAL DIAGNOSTICS

Plank Zsuzsanna, Kerék Barabara, Taller Gábor, Polgár Dorottya

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet
plank.zsuzsanna@mfgi.hu

Abstract

Soil contamination should be avoided, but if this was the case there are several methods for delineation of its subsurface spread. Recently sophisticated developments have taken place in certain geoelectrical survey technologies that allow direct detection of some contaminants under the surface as well. Also some certain development in CPT technology gives effective tools in order to provide reliable geological information on contaminated sites. This paper aims to present new results on methodological research on the application of advanced geophysics and up to date technologies in environmental diagnostics.

Results of advanced geophysical research on a CH contaminated test area will be presented for the purpose of providing the necessary information for the remediation. Surface geoelectric (resistivity and induced polarization) methods were used to delineate the subsurface contamination zones and point out the sounding points where special CPT measurements were carried out. Also the application of a newly developed FFD (Fuel Florescence Detection) probe was tested. All results were validated by chemical analytics method in a laboratory with accreditation.

Keywords: organic contamination, environmental diagnostics, advanced geoelectric methods

Kulcsszavak: szerves szennyeződés, környezetdiagnosztika, geoelektromos módszerfejlesztés

Bevezetés

Az ipari tevékenységekhez kapcsolódóan gyakori a vizes fázisú és nem-vizes fázisú, szénhidrogén tartalmú szennyezőanyagok jelenléte a felszín alatti környezetben. A felhalmozódás gyakorlatilag ellehetetleníti, vagy rendkívül megdrágítja a szennyezőanyag-eloszlás hagyományos módon történő diagnosztikáját, mert a mélyebb földtani szerkezetek vizsgálatára nem alkalmazható a közvetlen fúrásos feltárás és mintavétel a mélyebb víztartók elszennyeződésének kockázata miatt.

A Magyar Földtani és Geofizikai Intézetben folyó, több évre tervezett kutatási projekt során egy olyan, geofizikai adatok felhasználásán alapuló módszertan kidolgozása folyik, mellyel lehetőség nyílik a szerves szennyezőanyag kimutatására anélkül, hogy felmerülne a szennyeződés függőleges irányú továbbterjedésének veszélye.

A jelen tanulmány a fajlagos ellenállás módszerek alkalmazhatóságának vizsgálatával foglalkozik. Ezek a mérési elrendezések hasznosnak bizonyulnak a szénhidrogénnel szennyezett talajok kutatása során, amennyiben sikerül meghatározni az elektromos vezetőképesség szempontjából a szennyezőanyag és a földtani környezet közti eltérés mértékét és irányát.

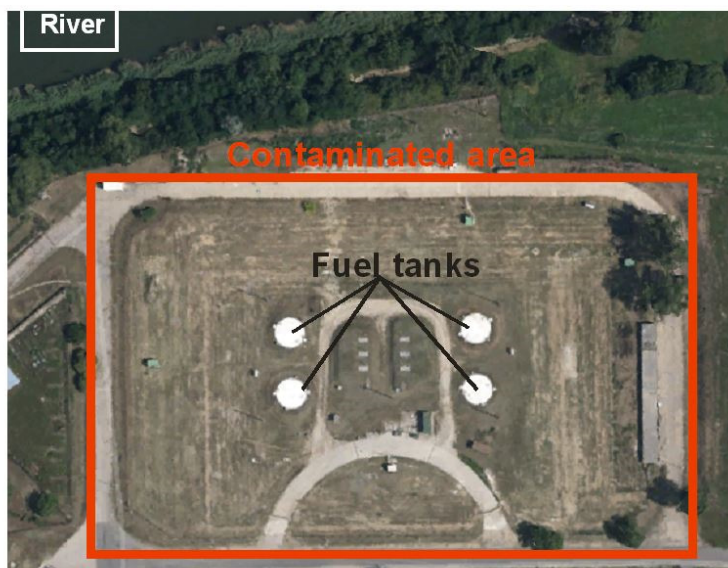
A kutatás végrehajtásához kiválasztunk egy szénhidrogénnel szennyezett mintaterületet, ahol tesztméréseket végzünk.

A mintaterület földtani bemutatása

A kutatások mintaterületének a szolnoki Kilián György Laktanya üzemanyag tárolójának területét és annak környezetét választottuk (1. ábra). A terület a Szolnoki-ártér kistájhoz tartozik, melynek a pannon időszak után rendkívül dinamikus süllyedő felszínét a Tisza és az Északi-középhegységéből érkező mellékfolyói töltötték fel üledékeikkel. A pleisztocén rétegek vastagsága a 400 métert is eléri. A kistáj felszín közeli üledékeinek döntő többsége már a Tiszához kapcsolódó holocén öntésanyag.

1. ábra. A mintaterület (keretben) és környezete

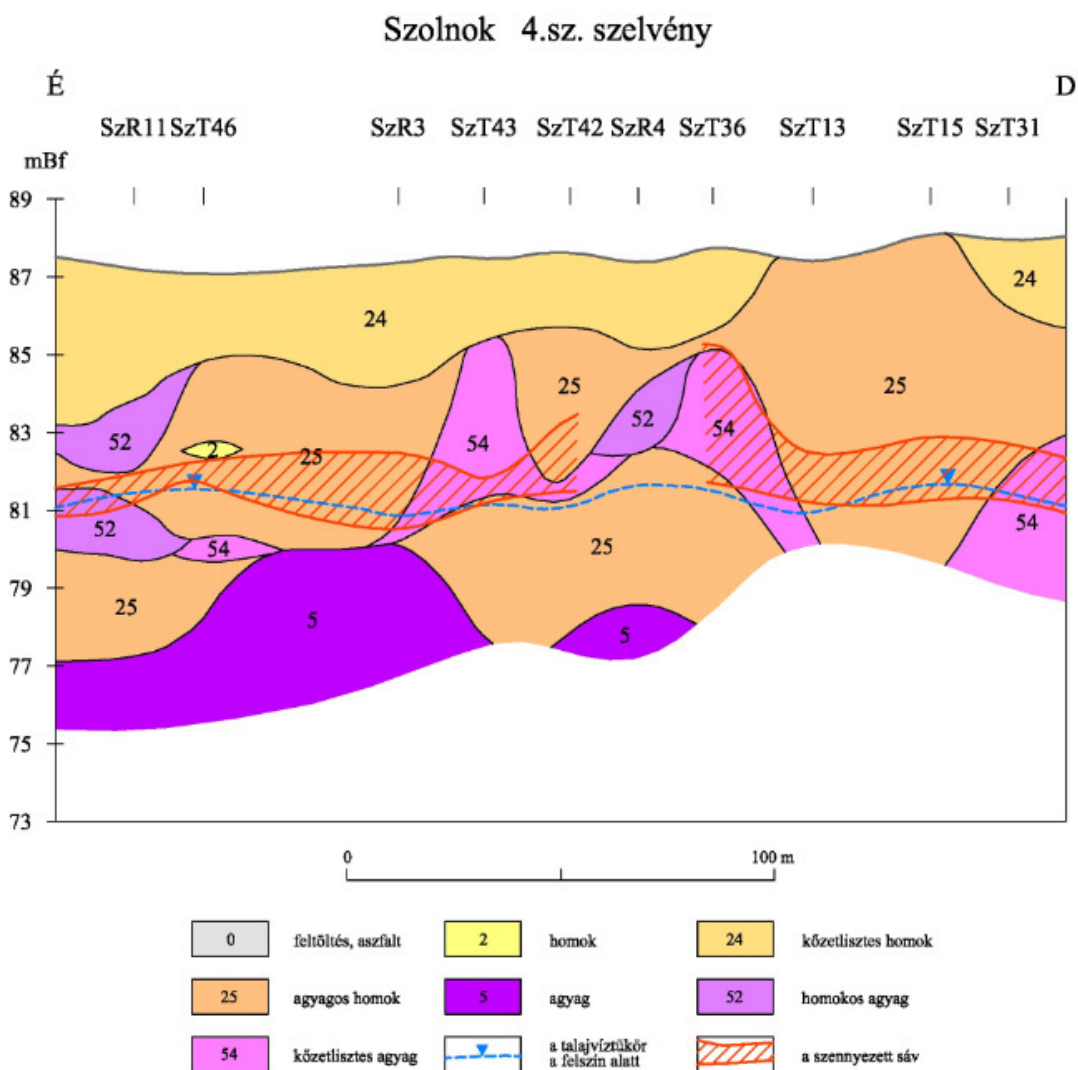
Figure 1. The test area and its surroundings



A vizsgált üzemanyagtelepen, a felszín alatt a Tisza ártéri hordalékai találhatóak, az erre a rétegsorra jellemző kereszt rétegzettséggel. A tartálytelep és a hibás csővezetékek alatt a talajvízszintig kb. 5 m vastagságban mikrorétegzett agyagos kőzetliszt és finom homokos kőzetliszt található. A felszín alatt kb. 5 és 10 m között húzódo talajvíztartó is a fedő összlethez hasonlóan kereszt- és mikrorétegzett. Az Alcsi-Holt-Tisza felől a telep belseje irányában az egykori mederüledékek, kőzetlisztes finom homok, helyenként homok, oldalirányú összefogozással csatlakoznak a finomabb szemű üledékekhez.

A fúrások alsó határát a pleisztocén ártéri agyag alkotja, jellemzően sok ősmaradvánnyal, kagyló és csigaház töredékekkel. Ezen agyag ismert vastagsága a környékbeli téglagyári feltárások alapján 4-5 m. E feküagyag nagy vízzáró képességű, szennyező anyag még depresszionált helyzetben sem képes alá jutni, teljes környezeti biztonságot jelent.

A szennyeződés mélység felé terjedését részint a feküagyag zárja ki, részint az a tény, hogy a terület feláramlási zónában van. A területre jellemző földtani szelvényt mutatja be a 2. ábra.



2. ábra. Földtani szelvény a mintaterületen

Figure 2. Geological section on the test area

Talajszennyeződés a mintaterületen

A vizsgált terület az 1961 óta a Magyar Honvédséghez tartozó laktanya és repülőtér üzemanyagtelepén helyezkedik el. Az Alcsi-Holt-Tisza mentén található terület a repülőtér üzemanyag-ellátásának biztosítása érdekében jelenleg is üzemanyagok tárolására szolgál. Korábban kisebb tartályokban gázolajat is tároltak, a telep rekonstrukcióját követően azonban kizárólag kerozin tárolása történik.

A szénhidrogén-szennyezés forrása az üzemanyagtelepen tártolt és kezelt kerozin és gázolaj származékai, melyeket elsődlegesen a 4 db 200 m³-es állóhengeres és 6 db 50 m³-es fekvő tartályból álló, földalatti tartályparkban tároltak.

Az üzemanyag töltéséhez, lefejtéséhez kapcsolódó tevékenységek miatt, illetve a tartályokon és a felszín alatti csővezetékeken véletlenszerűen kialakuló repedéseken, lyukakon keresztül szivároghatott a tárolt üzemanyag a talajba és talajvízbe. A szennyezés feltárása után 2001 és 2004 között a jelenleg is üzemelő üzemanyagtelep rekonstrukciója során részben eltávolították a felszín alatti hibás csőszakaszokat. A tartályokat duplafalúvá tették, kiemelésükre azonban nem került sor, így a tartályok alatti szennyezett talaj eltávolítása sem történt meg. 1997 és 2004 között kármentesítési munkálatok is történtek a területen, melynek során sikeresen letermelték a talajvíz felszínén úszó szabadfázisú szénhidrogének nagy részét és részben lokalizálták a szennyezett talajvizek elterjedési területét. Az 1. táblázat a szennyeződés típusok vertikális eloszlását foglalja össze.

1. táblázat. Szennyeződéstípusok a mintaterületen

Table 1. Contamination types on the test area

Talajrétegek		Talajszennyezés forrása	Elterjedési terület
			D kármentesítési célállapot határértéket meghaladó koncentráció
Fedőréteg (felszíntől számítva 0-4 m között)	88-84 mBf	BTEX, TPH, egyéb alkil-benzolok	lokális szennyezettség, tartályoktól D, Ny, É irányban
Talajvízszint ingadozási zóna	84-81 mBf	TPH és BTEX (egyéb alkil-benzolok, etil-benzol és xilol)	tartályok körül minden irányban (kivéve ÉK)
Altalaj (felszíntől számítva 7 m alatt)	81 mBf alatt	szennyezés nem detektálható	

Geofizikai mérések a területen

Geoelektromos mérések

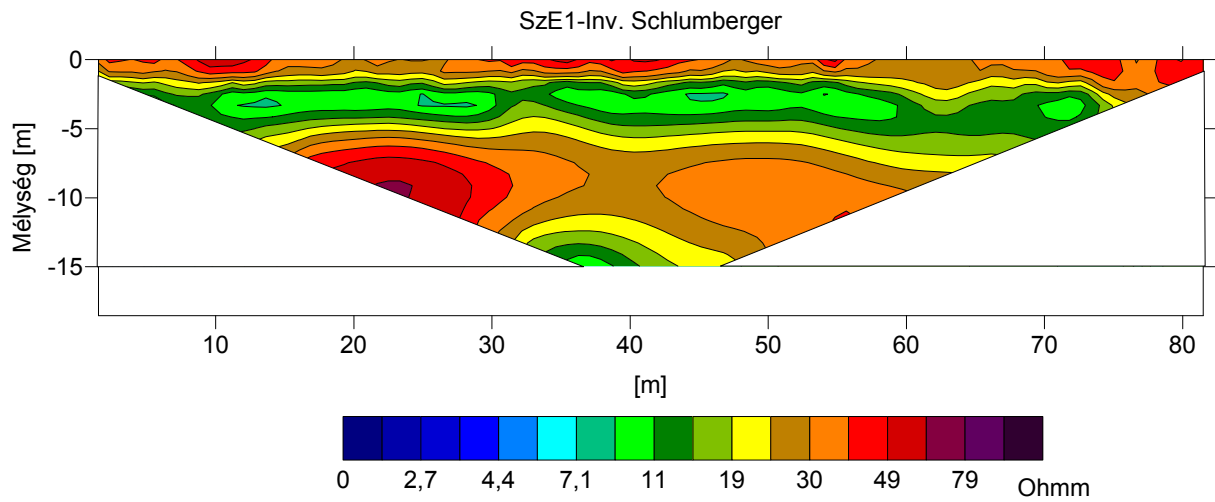
A Magyar Földtani és Geofizikai Intézetben végzett geoelektromos műszer- és módszerfejlesztés eredményeinek felhasználásával gyors, nagy sűrűségű fajlagos ellenállás és gerjesztett polarizáció (GP) mérések elvégzésére volt lehetőség a teszt területen. Nyári, Neduczka (2007) számos, két- és háromdimenziós mérési elrendezés alkalmazhatóságát vizsgálta talajszennyeződések lehatárolása céljából. A módszer szerves szennyeződések lehatárolására is sikeresen alkalmazható (Plank és társai 2011.).

A kutatási területen 2D és 3D fajlagos ellenállás, valamint kétdimenziós GP méréseket végeztünk inverz Schlumberger illetve pole-dipole elrendezésekkel. A 3. ábra egy mintaszelvényt mutat be a területről. A legjellegzetesebb ellenállás kontraszt a talajvízszinthez köthető kb. 7 m mélységben. Fölötte zöld színnel, vagyis a környezetéhez képest kis fajlagos ellenállás értékkel jellemezhető réteg utal a szerves szennyeződéssel terhelt üledékrétegre.

Mérnökgeofizikai szondázások

A szennyezett térrész további kutatásához mérnökgeofizikai szondázási pontokat jelöltünk ki, ahol a hagyományos CPT (cone penetration test) paraméterei mellett természetes gamma, gamma-gamma és neutron porozitás méréseket is végeztünk.

Új elemként jelent meg a terepi méréseknél az FFD (Fuel Florescence Detection) szonda, amivel direkt módon került kimutatásra a szerves szennyeződés jelenléte a szondázási pontokon.



3. ábra. Fajlagos ellenállás szelvény a mintaterületen

Figure 3. Resistivity section on the test area

Összefoglalás

A fent ismertetett kutatás kimondottan a talajban (és nem a talajvízben) feldúsult szerves szennyeződések roncsolásmentes kimutatását célozta. A fajlagos ellenállás, gerjesztett polarizáció és mérnökgeofizikai szondázások együttes alkalmazásával egy módszertant sikerült létrehozni, amivel a szennyezett üledékrétegek megbízhatóan azonosíthatók, a szennyeződés elterjedése lehatárolható.

Köszönetnyilvánítás

A cikk a Magyar-Mexikói TÉT együttműködés során keletkezett eredményeket mutatja be. A kutatás támogatói a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség (NFÜ) és a Mexican National Council for Science and Technology (CONACYT)

Irodalom

- Nyari Zs, Neducza B 2007: Characterization of Contaminated Sites by Resistivity and IP Methods. Presentation and extended abstract, 13th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics Istanbul, A38.
- Plank, Zs., Szűcs, P., Neducza, B., Madarász, T. 2011: Interdisciplinary characterization of subsurface hydrocarbon contamination on a test site in Hungary, Acta Geod. Geoph. Hung., Vol. 46(4), pp. 457–470

LIDÉRCFÉNY: AZ ÓZONLYUKTÓL A PORLADÓ ZÁSZLÓKIG

IGNIS FATUUS: FROM THE OZONE HOLE TO MOULDERING FLAGS

Gherdán Katalin^{1,2}, Weiszburg Tamás³, Bendő Zsolt³, Kristály Ferenc², Váczi Tamás³, Zajzon Norbert²

¹Pásztói Múzeum, gherdankata@hotmail.com

²Miskolci Egyetem,

³Eötvös Loránd Tudományegyetem

“About, about, in reel and rout
The death-fires danced at night;
The water, like a witch's oils,
Burnt green, and blue and white.”

S. T. Coleridge: *The Rime of the Ancient Mariner*

Abstract

Ignis fatui or will-o'-the-wisps are mysterious luminaries seen over swamps, bogs or marshes. Their cold blue flickering flames are special, as they do not harm and will still burn in the rain. It is not a surprise then that in Hungarian folklore they are considered to be due to supernatural creatures (Hoppál 1969). There are also several scientific theories trying to explain their existence. Most of these count on phosphine, formed over marshes and graves, as the driving force of the phenomenon (Garlaschelli, Boschetti 2013, Mills 2000).

But what is in common with ignis fatui and mouldering flags in a museum?

Some years ago in the storage of a Hungarian museum a severe insect infestation occurred. Fumigation was carried out with a phosphine based chemical, MAGTOXIN[®], but the process turned out to be a nightmare: on the surface of copper, and copper-containing artefacts blue, green and white solid crystalline encrustations formed. The basic aim of our research was to identify the corrosion products, understand and describe the environmental chemical and environmental mineralogical processes active in the museum storage during the past five years, and make a restoration programme for the corroded metal objects possible. Until now the following crystalline compounds have been identified on the museum objects: copper phosphates ($\text{Cu}_2[\text{P}_2\text{O}_7] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; $\text{Cu}[\text{HPO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{Cu}_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), ammonium phosphate ($(\text{NH}_4)[\text{H}_2\text{PO}_4]$) and copper ammonium phosphate ($\text{Cu}_3(\text{NH}_4)_2[\text{P}_2\text{O}_7]_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})_{3,2}$).

Keywords: ignis fatuus, phosphine, fumigation, museum, metal corrosion

Kulcsszavak: lidércfény, foszfin, fertőtlenítés, múzeum, fémkorrózió

Lidércfény a népi hitvilágban

A népi hitvilágban számos hiedelem kapcsolódik a természet tárgyaihoz, a növény- és állatvilághoz, az időjáráshoz, az ásványokhoz (Szendrey 1937). A természettel közvetlen kapcsolatban álló ember a jelenségek megfigyelésén túl, a munkatapasztalatok révén (állattenyésztés, növénytermesztés) aktívan is részt vett a természetben lejátszódó folyamatokban, és értelmezni, „magyarázni” is igyekezett a tapasztaltakat. E magyarázatok racionális elemeit gyakran irracionálisak (pl. természetfeletti lények) egészítik ki. A népi természetismeret-ben jól megfér, szorosan össze is fonódik a kétféle tudásanyag (Hoppál 1969).

Lápos, mocsaras, vizenyős területeken, temetőben gyakran tapasztalni titokzatos fényjelenségeket. A hideg kék, zöld lángú tüzeket a népi hitvilág lidércfénynek nevezi, és természetfeletti lényeknek tulajdonítja (Pócs 1980).

Hoppál (1969) a lidérc-hiedelemkört vizsgálva különböző földrajzi területek adatközlőinek szövegeit gyűjtötte össze azokra a kérdésekre, hogy mi a lidérc, mit tud, mit hallott a lidércről, milyen a lidérc? A válaszokban a lidérc leggyakrabban kis, fekete csirke alakjában jelenik meg, aki gazdája minden parancsát teljesíti. „A fekete tyúk tojását három hétig a hóna alatt kell hordani. Amikor abból a csirke kikél, az a lidérc. Aki kiköltötte, az az ember vagy asszony, amit kíván, mindent hord.”¹ A lidérc gyakran az éjszakában hol itt, hol ott fellobbanó fényjelenségként jelenik meg. „A ludverc a berekben jár a víz tetején, hosszú lába van, és világít.” Gyakran nem lehet utolérni, rossz útra csalogatja az őt követőket. „A lámpás elverte az embereket. Még az Ipolyba is belevezette.” „Én is úgy jártam, ez meg olyan, mint a lámpa, csálja az embert ez a lidérc. ... Mentem a birkákhoz, nem tudtam odatalálni. Mint a lámpa, csakhogy ugrál az ember előtt. 17–18 éves lehettem, a Dusnoki határon volt.”

Hála (2001) adatai szerint a lidércfények alkalmanként jó útra is vezettek. Nagygág „aranykövét – lidércz tüzet úzve – egy oláh paraszt, Ormingyán János (a Barcsayak kanásza) fedezte fel, a miért arczképe még a múlt század elején is ott díszlett a bányahivatal főtermében.” Balánbánya ércét is egy pásztor találta meg, akit lángkilobbanás és körülötte szaladó lidérczek vezettek nyomra (Hála 2001).

Tüzesemberként, ember alakú kísértetként is ismerték a lidércet:

„Én még láttam a tüzesembert is. Ez komoly. Szánkáztunk. Olyan nagy hó volt. Szaladtam volna hazafelé. Jézus Mária mi lángol ottan! Még most is borzadok ám. Hát nagy tüzesember. Még először azt hittem tüzet rakott valaki. Megyek közelebb, neki szaladt a hegynek. Arra Odler felé ment. Aki a határt hamisan méregeti, az tüzesen jár.” „Valamikor egy mérnök rosszul

¹ Az idézett, dőlt betűvel szedett megnyilatkozások Hoppál 1969-es munkájából származnak. Az idézetek eredeti forrásai is itt találhatóak.

*végezte a földmérést, s azért agyonverték. Lelke: a lidérc (tüzesember) most itt bolyong, s megkergeti az éjszakai utasokat.”
„Itteng az Alsóréten gyütt fel a gáz, a tüzesember vót.”*

A néphit természetfeletti lényekének rendszerét lényegesen átalakította a keresztény vallás: magába olvasztotta vagy saját lényeivel helyettesítette. *„Lidércztüze, ezekről azt hiszik, hogy a megtisztulást kérő elhunytak lelkei, akikért misét kell mondani.”* Bornemisza Péter Ördögi kísértetek (1578) c. művében, a forgószelemben és a lidércben is az ördög személye jelenik meg: *„Lidertz oerdoegoekroel is czudakat mondhatnec, Es az felekroel/kic oezeuegyec leuen, wra kepeben az Satan hozza iart, es vele/iatzodozot.”*

Lidércfény a tudományban

A lidércfények a természettudósokat sem hagyták hidegen. Egyik legkorábbi írásos említésüket Pliniusnál találjuk, de keletkezésük első, valóban tudományos magyarázatát Volta adta. 1776-ban, a metán felfedezésekor a lidércfények létrejöttét a metán elektromosság hatására bekövetkező gyulladásával magyarázta (Tomlinson 1893, Ciardi 2000). Mitchel (1829) a Franklin Institute lapjában megjelenő cikkében saját tapasztalatairól beszámolván írta, hogy a lángok közelébe jutva egyértelműen látszott, hogy a fényjelenség kigőzölgés („vapour”), anyagát foszfor-hidrogénnek vélte („phosphuretted hydrogene”). Blesson (1832) szintén saját megfigyeléseiről írt: „vasas” mocsaras területen látta először a lángokat, ahol a felszínt irizáló kéreg borította. Napközben buborékokat látott feljönni a felszínre, éjjel pedig kék színű lángokat figyelt meg. Megközelítette ezeket és megpróbált meggyújtani egy papírdarabot a lángjuknál, sikertelenül. A papírt azonban egy viszkózus, nedves réteg borította be. Arra következtetett, hogy a lidércfénynek nincs köze az elektromossághoz, hanem kémiai természetű.

A 18–19. századi fokozott érdeklődés a múlt század végén újra fellángolt.

Mills (1980) brit geológus, elkészítette a saját „mocsarát”, ahol megpróbálta mesterségesen előállítani a lidércfényeket: foszfint injektált metán és szén-dioxid keverékébe. Öngyulladás nem következett be, de hideg lángot elő tudott állítani. Ez azonban nem kék, hanem zöld volt. Ráadásul a reakció erős füstképződéssel járt. 2000-ben megjelent újabb cikkében Mills visszatért a jelenség lehetséges magyarázataihoz. Kifejtette, hogy a mocsárgáz foszfinnal való keveredése során bekövetkező öngyulladása, mint a lidércfények keletkezésének magyarázata, ellen több érv is szól: 1) egy így keletkező láng meleg lenne, míg a szemtanúk szinte kivétel nélkül hideg, kék színű lángról beszélnek, 2) a tiszta foszfin nem oxidálódik vagy gyullad spontán: foszfortartalmú szerves anyag anaerob fermentációja során keletkező foszfin stabil (Devai, Delaune 1995; Glindemann *et al.* 1996), és nyomnyi mennyiségben az atmoszférában is megtalálható (Glindemann *et al.* 1997; Eismann *et al.* 1997). Mills (2000) a kék lángot illékony szerves vegyületek, például metil-foszfin (CH_3PH_2) jelenlétének tulajdonította. Utóbbi vegyület a labor kísérletek szerint öngyulladásra képes (Kosolapoff, Maier 1972), viszont azt, hogy a természetben is előfordul-e egyelőre nem tudjuk (Devai, Delaune 1995). Egyelőre azt sem tudjuk, hogy oxidációja során fényjelenség játszódna-e, bár, ahogy Mills (2000) megjegyzi, a jól világított laboratóriumokban manapság kevés fényjelenséggel járó reakciót észlelnek a kutatók.

Garlaschelli és Boschetti 2013-ban megismételték Mills kísérleteit, és saját kísérleteket is végeztek: foszfint keverték oxigénnel és egy inert gázzal, nitrogénnel. Sikerült halványzöld lángot előállítaniuk. Mindezek alapján a mocsárgázban jelenlévő foszfin kemolumineszcenciájával magyarázzák a lidércfények létrejöttét.

Bár az európai mocsarak nagy részét lecsapolták, lidércfényekkel néha még ma is találkozhatunk. Ilyen fényjelenségeket figyelt meg tavaszi és őszi éjszakákon Żychowski (2014), a Krakkótól nem messze, Niepołomice közelében fekvő második világháborús tömegsír felett. Létrejöttüket foszfin, difoszfin és hidrogén képződésével magyarázza.

Foszfin, metil-bromid, ózon

A foszfin gáz tehát, ha nem is gyakori, de jelen van a természetben.

Mills (2000) kiemeli, hogy a foszfin $0,05 \text{ mg l}^{-1}$ koncentrációban már egy óra elteltével halált okoz, a hírhedt hidrogén cianidnál ($0,12 \text{ mg l}^{-1}$; Kosolapoff, Maier 1972) is veszélyesebb. Vagyis a vidéki embernek jó oka lehetett távol tartani magát azoktól a mocsaraktól, ahol a lidércfények felbukkantak.

A foszfinnak ezt az erősen mérgező hatását ma a mezőgazdaságban, élelmiszer-iparban, sőt, a múzeumi raktárakban is felhasználják biológiai fertőzések felszámolására (omnicid fertőtlenítőszer). Felhasználása az elmúlt két évtizedben ugrásszerűen megnőtt, mivel a korábbi fertőtlenítő szert, a metil-bromidot fokozatosan betiltották. A metil-bromid kiváló hatékonyságú fertőtlenítő szer volt, és széles körű használatát segítette, hogy nem lépett reakcióba a fertőtlenítendő anyagokkal, még a változatos és összetett anyagú múzeumi műtárgyakat is kímélte.

Az 1980-as évek végére azonban kiderült, hogy a metil-bromidnak mégiscsak van egy nemkívánatos mellékhatása: roncsolja az ózonréteget. Ezért az ózon védelmét szolgáló Montreáli Egyezményt aláíró országok vállalták, hogy mind használatát, mind gyártását beszüntetik.

Magyarországon 2005 óta nem használható fel a vegyület. Így amikor egy vidéki múzeumunkban 2007-ben súlyos rovarfertőzést észleltek, a 2008-ban megvalósított fertőtlenítés – először a múzeum történetében – már a

helyettesítő foszfinnal történt. A szer sikeresen kiirtott minden kártevőt, de a beavatkozás a múzeum munkatársai számára is lidércnyomássá vált: a MAGTOXIN® fertőtlenítőszerből felszabaduló foszfin és ammónia reakcióba lépett a réztartalmú műtárgyak anyagával. A raktárban őrzött fém-, és fémtartalmú kompozit (fém+textil, fém+bőr, fém+papír stb.) tárgyak átalakultak. A réz-, bronz-, ezüst- és vastárgyakon szilárd kristályos bevonatok képződtek, a kompozit tárgyak pedig, ahol a textil vagy a papír a fémmel érintkezett, elmállottak.

A jelenség – nemcsak hazánkban – előzmény nélküli volt a múzeumoknál. Jellemzésére, megfékezésére alap- és alkalmazott ásványtani kutatások kezdődtek.

Környezeti foszfátképződés a múzeumban

Kutatásunk célja a műtárgyakon megjelenő korróziós termékek és az azokat létrehozó környezeti kémiai és környezeti ásványtani folyamatok azonosítása, restaurálási program kidolgozásának lehetővé tétele volt.

A korróziós termékeket sztereomikroszkópban szín szerint szeparáltuk, majd röntgen pordiffrakcióval, analitikai pásztázó elektronmikroszkópiával és Raman spektroszkópiával vizsgáltuk.

A műtárgyak felületét öt színben megjelenő (sötétkék, világoskék, zöld, fehér és színtelen/áttetsző), 1–10 µm nagyságú, változatos morfológiájú, több generációs kristályokból álló kristálycsoportok borítják (Gherdán 2014). Az azonosított vegyületek többsége csak mesterségesen ismert, de van még a mesterségesek között is ismeretlennek számító fázis.

A korróziós termékek közt az egyetlen „hagyományos” ásvány a guanóból ismert (Bridge 1973) bifoszfammit ((NH₄)(H₂PO₄)). A műtárgyakon ez *színtelen (áttetsző)* kristályokként jelenik meg. A *fehér* bekéregzések legalább kétfélék: Cu₂[P₂O₇].3H₂O a réz- és ezüstözött réz tárgyakon, míg az ezüsten diffrakciósan a Cu₃(NH₄)₂[P₂O₇]₂.(H₂O)_{3,2} vegyülethez hasonlítanak. A sötétkék kristályok az ezüst és ezüstözött réz tárgyakon jellemzőek, anyaguk Cu[HPO₄].H₂O. A világoskék kristályok diffrakciósan a rézen, ezüstözött rézen és ezüsten a Cu₃[PO₄]₂.3H₂O vegyülethez hasonlítottak, de ezüsten a sötétkék és a fehér fázisok keverékeként is megjelentek.

A múzeumban kialakult rendszerhez hasonló körülmények között képződő kristályos fázisokról keveset tud a szakirodalom, ilyen jellegű és mértékű környezeti ásványképződési folyamatot még sosem írtak le. A foszfinos fertőtlenítés korróziós hatását egyedül kanadai magtárak villanyvezetékeinek károsodása miatt kutatták eddig (Brigham 1998, 1999), de ennek során nem azonosították a keletkezett vegyületeket. A korrózió kialakulásában a réz felületén kialakuló oxid bevonat szerepét tartották meghatározónak. Vékonyréteg-fizikai kutatások (Goncharova *et al.* 2002) viszont feltárták, hogy a foszfin réz általi katalitikus bontásával réz-foszfid alakul ki. Ez szerintünk szintén figyelembe veendő a múzeumi tárgyak restaurálásakor.

A fertőtlenítő szakemberek szerint múzeumi fertőtlenítésekkor a foszfinnak ma nincs igazi alternatívája. Ha ezt elfogadjuk, akkor a fémtárgyakat is őrző múzeumok számára egyedüli megoldás, a szisztematikus kísérletsorozatokon alapuló nemzetközi foszfin-fertőtlenítési protokoll kidolgozása. A protokollnak tartalmaznia kell a legérzékenyebb tárgytípusok listáját (amelyek nem tárolhatók gázosított helyiségekben), valamint az optimális dózisok, meteorológiai paraméterek és szellőztetési eljárások leírását. A protokoll kialakítása komoly tudományos kihívást és felelősséget is jelent. A munkát megkezdtük, jelenleg kísérletet folytatunk egy vidéki múzeum biológiai gyűjteményében, az ottani munkatársak aktív közreműködésével.

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- Blesson, L. 1832: Observations on the Ignis Fatuus, or Will-with-the wisp, Falling Stars and Thunder Storms. The Edinburgh New Philosophical Journal, 14, 90–94.
- Bornemisza P. 1578: Ördögi kísértetek. A kiadást gondozta és jegyzetekkel ellátta Eckhardt Sándor, Budapest, 1955.
- Bridge, P. J. 1973: Guano minerals from Murra-el-elevyn cave Western Australia. Mineralogical Magazine, 39, 467–469.
- Brigham, R. J. 1998: Corrosive effects of phosphine, carbon dioxide, heat and humidity on electronic equipment. 1–43.
- Brigham, R. J. 1999: Corrosive effects of phosphine, carbon dioxide, heat and humidity on electronic equipment: Phase II. 1–40.
- Ciardi, M. 2000: Falling Stars, Instruments and Myths: Volta and the Birth of Modern Meteorology. In: Nuova Voltiana: Studies on Volta and His Times, eds.: Bevilacqua, F., Fregonese, L., 41–51.
- Devai, I., Delaune, R. D. 1995: Evidence for phosphine production and emission from Louisiana and Florida marsh soils. Organic Geochemistry, 23, 277–279.
- Eismann, F., Glindemann, D., Bergmann, A., Kusch, P. 1997: Soils as source and sink of phosphine. Chemosphere, 35, 523–533.
- Garlaschelli, L., Boschetti, P. 2013: On the track of the Will-o'-the-wisp. Apocalyptic Aperiodic, 7–14.
- Gherdán K. 2014: Ásványveszély a múzeumban. Földgömb, 2014 június–július, 62–69.
- Glindemann, D., Bergmann, A., Stottmeister, U., Eismann, F., Gassmann, G. 1997: Tropospheric phosphine and its possible sources. In: Proceedings of EUROTRAC Symposium '96, 2, eds.: Borrell, P. M., Borrell, P., Cvitas, T. and Seiler, W., 147–149.
- Glindemann, D., Stottmeister, U., Bergmann, A. 1996: Free phosphine from the anaerobic biosphere. Environmental Science and Pollution Research, 3, 17–19.
- Goncharova, L. V., Clowes, S. K., Fogg, R. R., Ermakov, A. V., Hinch, B. J. 2002: Phosphine adsorption and the production of phosphide phases on Cu (001). Surface Science, 515, 553–566.
- Hála J., Landgraf I. 2001: Magyarországi bányászmondák. Érc- és Ásványbányászati Múzeumi Füzetek, 22, 1–123.

- Hoppál M. 1969: A magyar lidérc-hiedelemkör szemantikai modellje. *Ethnographia*, 80/3, 402–414.
- Kosolapoff, G. M., Maier, L. 1972: Organic phosphorus compounds, Vol. 1. Wiley-Interscience, 23, 277–279.
- Mills, A. A. 1980: Will-o'-the-wisp. *Chemistry in Britain*, 16, 69–72
- Mills, A. A. 2000: Will-o'-the-wisp revisited. *Weather*, 55, 239–241
- Mitchell, J. 1829: Observations on Ignis Fatuus. *Journal of the Franklin Institute*, 73–75
- Plinius: *Historia Naturalis*. Liber II Cap XXXVII, Teubner, 1933
- Pócs É. 1980: Lidérc, lidércfény. *Magyar Néprajzi Lexikon*, 3, 452–454
- Szendrey Zs. 1937: A növény-, állat- és ásványvilág a varázslatokban. *Ethnographia*, 48, 154–166
- Tomlinson, C. 1893: On Certain Low-lying Meteors. *Knowledge*, XVI, 46–48
- Żychowski, J. 2014: Conditions favouring the occurrence of Ignis Fatuus phenomenon over a mass grave in Niepołomice. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 120, 347–355

A RUDABÁNYAI MEDDŐHÁNYÓK GEOKÉMIAI VIZSGÁLATAI KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A NEUTRÁLIS PH-N LEJÁTSZÓDÓ SZULFID OXIDÁCIÓRA

GEOCHEMICAL CHARACTERISATION OF MINE WASTES FROM RUDABÁNYA, FOCUSING ON SULPHIDE OXIDATION IN NEUTRAL PH

Praviczki Tamás

Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Földtan-Teleptani Intézeti Tanszék
praviczki.tamas@outlook.hu

Abstract

On the studied area there are many waste rocks. It means approximately 80 millions tons waste rocks. These consist of mostly carbonates (limestone, dolomite) with few percentages of sulfide minerals. Oxidation of sulfides are exist. However, the acid is neutralizing without flowing (Mádai et al., 2013).

The aim of this study is defining geochemical model with analytical methods (XRD, XRF, AAS, kalcimeter etc.). I examined the potential danger of mobilization of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd) with sequential extraction. Therefore in this thesis I used static and kinetic tests to describe the geochemical model, and interpretate results.

Keywords: ARD, NRD, Rudabánya, sulphide, static tests, waste rock

Kulcsszavak ARD, NRD, Rudabánya, szulfid, statikus teszt, meddőhányó

Bevezetés

Egy nyitott felszíni környezetben a könnyen oxidálódó vastartalmú szulfidok, mint például a pirit, pirrotin, markazit, kalkopirit és arzenopirit, oxidációja, vagyis savtermelése akkor is bekövetkezik, ha a környezetében jelentős mennyiségű semlegesítő ásvány van jelen. Az ásványok és kőzetek savképzésével (későbbiekben ARD) foglalkozó, bányászati hulladékokra vonatkozó előírások (pl. GARD Guide) szerint, ha a szulfid oxidáció során keletkező sav mennyiségéhez képest jelentős mennyiségű savlekötő képességű ásvány van jelen egyidejűleg, akkor a bányászati hulladék nem tekintendő savképzőnek, amelyet NRD (Neutral Rock Drainage) néven tart számon a szakirodalom. Az európai szabványok az ARD és NRD közötti határt ott húzzák meg, ha a hulladék savlekötő képessége háromszorosan meghaladja a savtermelő képességet (2009/359/EK határozat).

Ha a meddő ilyen arányban nem tartalmaz sav semlegesítő ásványt, akkor további vizsgálatok szükségesek, ami leggyakrabban kinetikus tesztekkel jelentenek. Az elégséges savlekötő ásvány jelenléte ugyanakkor nem jelenti azt, hogy a környezetből egyes fémek, melyek még magas pH mellett is oldatban maradnak (Pb, Zn, Ni, Cd, Cu), ne szennyeznék a környezetet (Mádai et al., 2013). A vizsgálatokhoz adott lelőhelyről származó karbonát-, és szulfid-gazdag mintaanyagot vizsgáltam. A vizsgált terület a rudabányai ércesedés területe volt. Innen az ércbánya külfejtés körül elhelyezkedő nagyobb meddőhányókból származó mintákon végeztem statikus teszt vizsgálatokat és ásványtani megfigyeléseket. Itt a minták döntően karbonátban gazdagok, a szulfidásványok megjelenése változékony és jóval kisebb. Ugyanakkor a rudabányai karbonátos vasérctelep esetében felléphetne egy speciális probléma: ha a karbonát ásvány sziderit, akkor a karbonát oldódás során keletkező Fe^{2+} ion oxidációja révén keletkező Fe^{3+} igen hatékony oxidálószerként lesz jelen, ami további szulfid oxidációt produkálhat.

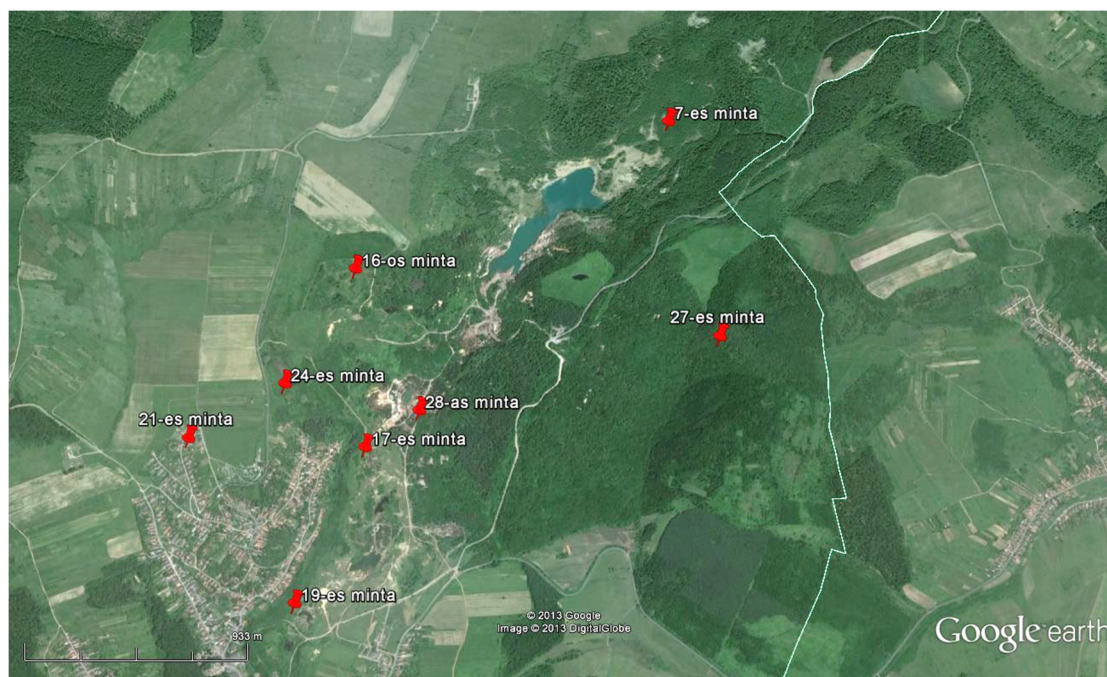
Rudabánya mérsékelten hűvös-száraz éghajlati területen fekszik. Az évi átlagos középhőmérséklet 9-10 °C. Az átlagos éves csapadékösszeg 550-600 mm. A legtöbb csapadék a május-július közötti időszakban hullik, a legkevesebb pedig január-március között (OMSZ adatai szerint).

A vizsgált terület, valamint a minták elhelyezkedését 1. ábra szemlélteti.

A terület földtani leírása

A rudabányai vasérces összlet az Aggtelek-Rudabányai-hegység földtani képződményei közé sorolható. Az Aggtelek-Rudabányai-hegység kis kiterjedése ellenére Magyarország legbonyolultabb területe. Rétegtanilag azért, mert több kifejlődési terület rétegsorai építik fel, tektonikailag pedig azért, mert ezek a kőzetsorozatokat egymás mellett-fölött egyaránt előfordulnak, valamint gyűrt, pikkelyes és vetős szerkezettel is találkozhatunk. A területet földtani értelemben Aggteleki-, és Rudabányai-hegységre oszthatjuk, melyek nem azonosak a földrajzi értelemben vett Aggteleki-karszttal és Rudabányai-hegységgel (Less et al., 2006).

A terület nagytektonikai helyzetét tekintve a Belső-Nyugati-Kárpátok része. Az Aggtelek-Rudabányai-egységet D-i vergenciájú takarók építik fel, amelyek rétegsorát túlnyomóan triász képződmények alkotják (Budai et al., 2011). Az Aggteleki-hegység a Gömör-Tornai Karszt részeként a Szlovák-karszt folytatását képezte, míg a Rudabányai-hegység a Darnó-zónába becsípődött tömeg: csak a késő-oligocén – kora-miocén folyamán, DDNy-i irányból került az Aggteleki-hegység mellé a Darnó-zóna 50 km balos vízszintes elmozdulási rendszere mentén, a Bükk-hegység előtt tolóva (Less, 2007).



1. ábra. A vizsgált területen (Rudabánya) elhelyezkedő mintavételezési pontok. Forrás: Google Earth

Figure 1. Sampling on the studied area (Rudabánya). Source: Google Earth

Mivel kialakulása során az Aggtelek-Rudabányai-hegység bonyolult fejlődésen ment keresztül, szükséges megkülönböztetni a jelenlegi tektonikai egységeket az eredeti üledékképződési térségektől, és a bennük képződött rétegsoroktól (Less 1992).

Így fácies területnek, vagy kifejlődési területnek nevezzük az eredeti üledék képződési térségeket és sorozatnak vagy rétegsornak a bennük felhalmozódott kőzet együtttest. Ezzel szemben takaróról, illetve „autochton”-ról beszélünk, ha takarós területen található tektonikai egységről van szó. Az „autochton”-t bezáró idézőjelek azt jelentik jelen esetben, hogy adott területen található legmélyebb helyzetű tektonikai egységről van szó, de annak igazi autochton voltára nincs bizonyíték. Olyan területen, ahol a takarós szerkezet nincs bizonyítva, tektonikai értelemben vett egységről beszélünk (Less 1992).

Az ércesedés jellemzése

A legújabb geológiai modell szerint (Földessy 2011) az alábbi ércesedési sorrend állítható fel:

1. (Pb-Zn): az ismerten legkorábbról származó sztratiform Pb-Zn dúsulás az alsó-triász karbonátjaiból ismertek.
2. (Fe): a metasomatikus sziderit ásványképződés fiatalabb, mint a középső triász dolomitja.
3. (Pb-Zn-Ag): barit, galenit, szfalerit lencseszerű dúsulása.
4. (Cu): a sziderit ércettest, és a breccsás dolomit felülírták a korábbi pirit-kalkopirit-bornit ásványképződést a teljes nyírési zóna mentén.
5. (Cu-Ag): a sziliko-szulfosó dúsulás párhuzamosan fut az ÉK-DNY irányú fiatal vetőmozgásokkal.

2006-ban a Miskolci Egyetemen új kutatási projekt keretében Pb, Zn, Ag és Cu dúsulások felkutatása került előtérbe a vasércettest és környezetének lehatárolásában. Legfrissebb tanulmányok szerint (Földessy et al. 2010, Németh et al. 2013) a szinszediment, sztratiform, üledékes-exhalációs Pb-Zn-barit dúsulás a Színi Márgában található meg, majd a későbbi metasomatózis hatására dúsul a sziderites érc a korai-középső triászban, a Szinpetri Mészköben, valamint a Gutensteini Dolomitban és Bódvaszilás Homokkőben egyaránt. Az alsó-, és középső-triász képződményei a rudabányai vonulatra jellemző, nagyobb fedőterhelés nélküli, torlódásos szerkezeti igénybevétel hatására egyedi módon viselkedtek (Szakáll 2011).

Pantó (1957) szerint a kibányászott sziderit főleg az alsó-anizuszi dolomitból származik. Ugyan ezt szideritnek nevezi, valójában a sziderit mellett megtalálható az ankerit, kalcit, barit, kvarc, pirit, kalkopirit, hematit, galenit, valamint tetraedit is.

A paleogén ércesedés főleg pirites érkitöltések, majd később Pb-, Zn-, Ag-, Cu-dúsulások is megjelennek a barit mellett a kőzetrésekben (Bodor et al. 2013)

Alsó triáosztól a felső krétaig bezárólag nem csak szerkezeti változások érik az ércettesteket, hanem anyaguk is jelentősen átalakul. Az ércképződés termális, de már nem érchozó utóműködése révén másodlagos ércfajtákat

hozott létre anélkül, hogy a teljes fémtartalmat növelte volna, még hozzá úgy, hogy a meddő anyagát kioldja (Szakáll 2011).

A harmadidőszaki felszíni-felszínközeli üledékekben a sziderit szivacsos szerkezetű szferosziderit padok, vagy gömbös-gumós konkréciók alakjában jelenik meg. A pannon üledékes szferoszideritbe zárt törmelékanyagban a kvarc, a földpátok és esetenként az agyagásványok uralkodnak (Pantó 1956).

Kőzetek savképzésének problematikája

A kőzetek savképzése (ARD - Acid Rock Drainage) azt jelenti, hogy a bányászat során keletkező meddőhányó anyagában lévő, a kitermelt kőzetet alkotó vastartalmú szulfid ásványok felszíni körülmények között instabillá válnak, így elkezdődik az oxidáció folyamata, amely során komoly környezetföldani problémát idézhetnek elő, amennyiben a savtermelő potenciál meghaladja a semlegesítési potenciál értékét. A kémiai bontódás során sav keletkezik, amely hozzájárul a vizes közeg pH értékének lecsökkenéséhez, ezáltal nehézfémek mobilizálódásához, valamint a felszín alatti vizeink szennyezéséhez. Azonban előállhat olyan eset, amikor a meddőhányó anyagát alkotó egyes ásványok, illetve azok bontódása lehetővé teszi a keletkező sav semlegesítődését, szulfát ásványok keletkezése mellett. Az oldódott nehézfém ionok (Zn, Pb, Mn, Cu, As, Cd, stb.) mobilizálódásának kérdését ez önmagában nem oldja meg. Jelen tanulmány esetében (Rudabánya és térsége) ARD jelenségről nem beszélhetünk, mert a jelen lévő karbonátok semlegesítő képessége jelentősen meghaladja a keletkező sav mennyiségét. Emiatt jelen esetben NRD-ről lehet szó. A mobilizálódott nehézfémek – főként a Cu, Zn és Pb – csak neutrális, vagy kissé bázikus pH értéken, 7,5–8 fölött válnak ki, szilárd fázist alkotva, míg a Cd esetében 9–9,5 fölötti érték szükséges (Atlas of Eh-pH diagram). Legáltalánosabb eljárás bányászati hulladékok vizsgálatánál, hogy statikus tesztekkel osztályozzuk környezetföldtani szempontból a meddőhányók anyagát, majd ez alapján javaslatot teszünk, vagy nem teszünk további vizsgálatok elvégzésére, amely minden esetben kinetikus tesztek (terepi, és/vagy laboratóriumi) jelent.

A fentiek alapján két csoportját határozzák meg a kőzetek savasodásának. Az első esetben savas közegben lejátszódó szulfid oxidációról beszélünk (ARD), második esetben kvázi neutrális pH-n lejátszódó szulfid oxidációról (Neutral Rock Drainage - NRD). A két problémakör közti határt pH 6–6,5-nél húzzák meg (GARD Guide). Alatta ARD-ről, felette pedig NRD-ről beszélhetünk.

Vizsgálati módszerek

Az alábbiakban azok a vizsgálati módszerek kerülnek bemutatásra, amelyek a kőzetek savképzési-, illetve a savsemlegesítési-potenciál meghatározására szükségesek CEN15875 európai szabványnak megfelelően, amelyből meghatározható a savképzés lehetséges végkimenetele (ABA teszt - Acid Base Accounting). Ezen vizsgálatokon felül egyéb vizsgálatokra is sor került, amelyek pontosításra adnak lehetőséget. Két csoportra bonthatók az említett eljárások: statikus és kinetikus tesztre.

Statikus tesztek

Az Eh és pH mérése Mettler Toledo SevenGo pro típusú, SG8-as verziójú hordozható/kézi műszerrel történt. Az alábbi eljárás szerint végeztem a méréseimet, amely Sobek (1978) javaslatán alapul, amelyet pedig Page (1982) módosított, az angolszász irodalom egyöntetűen elfogadja.

A teljes karbonáttartalom meghatározásához Scheibler-féle kalcimétert használtam fel. A berendezés működtetéséhez 18–19 térfogat %-os sósav oldatot, illetve analitikai mérlegben bemért minták anyagát használtam. A mérés pontosságát szignifikánsan definiálta ásványtanilag tiszta kalciton mért teljes karbonáttartalom mérése, amely alapján kijelenthettem, a mérőberendezés megfelelően pontos a későbbi mérési kiértékeléseimhez.

A röntgen-pordiffrakciós mérés Bruker D8 Advance X-ray Powder Diffractometer (Cu-K α forrású, 40kV 40mA, Bragg-Brentano) típusú mérőberendezéssel történt.

Elektronmikroszondás mérésekre a szöveti feltártság megvizsgálása céljából volt szükségem. Szulfidoxidáció és kísérőjelenségeinek igazolása lehetséges az eredmények ismeretében.

Teljes kén tartalom meghatározása a Miskolci Egyetem Kémia Intézetén belül történt. A mérés alapvető célja szilárd minta S tartalmának meghatározása égetést követően jodometriásan, amely alapján később számolhatok savtermelő képességet. A minta kén tartalomtól függően megválasztott mennyiségét az én esetemben hozzávetőlegesen 0,01 g mázatlan porcelán csónakba kimértem, amit oxigén áramban a berendezésben kiégettünk. A keletkező SO₂-t keményítőt tartalmazó vizes oldatban elnyelettük (1), mennyiségét pedig jó mérőoldattal titrálva határoztunk meg, gravimetriásan. A jó mérőoldat pontos koncentrációját ismert koncentrációjú tioszulfát mérőoldat segítségével két párhuzamos titrálást végezve határoztunk meg (2).

A mérés során lejátszódó reakció az alábbi:



A jóoldat pontos koncentrációjának meghatározásakor lejátszódó folyamat:



Értelmezés – ABA-teszt

Az ABA-teszt elvégzése lehetőséget biztosít a számunkra a meddőhányók anyagának savtermelő, illetve semlegesítő képességének meghatározásához, illetőleg ezek alapján értelmezési lehetőség áll rendelkezésre a kapott eredmények alapján. Az ABA teszt elvégzéséhez kellett ismernem a fent bemutatott mérési módszerek alapján a teljes karbonát-tartalmat, teljes kéntartalmat, illetve ezekből kiindulva meghatároznom titrálással a semlegesítő potenciált (CEN15975).

Savképző potenciál meghatározása

Fontos kiemelnem, a savtermelő képesség kalkulációja úgy tekint a teljes kén-tartalomra, mint ha az mind piritből származna. Később látni fogjuk, ez nem igaz minden esetben.

Ebben az esetben (3) H^+ tartalommal fejezzük ki mol/kg-ban:

$$AP = 0,625 * w(S) \quad (3)$$

ahol:

0,625: faktor

w(S): kéntartalom a szárazanyagban [mol/kg]

Semlegesítési potenciál meghatározása

Első esetben (4) H^+ tartalmat határozzunk meg mol/kg-ban (CaCO_3 ekvivalencia) kifejezve:

$$NP = \frac{[c(\text{HCl}) \times V_A(\text{HCl}) - c(\text{NaOH}) \times V_B(\text{NaOH})]}{M_d} \quad (4)$$

ahol:

c(HCl): sósav koncentrációja mol/l-ben kifejezve

$V_A(\text{HCl})$: hozzáadott sósav mennyisége ml-ben kifejezve

c(NaOH): NaOH koncentrációja mol/l-ben kifejezve

$V_B(\text{NaOH})$: fogyott NaOH ml-ben kifejezve

M_d : minta anyagának tömege g-ban kifejezve

Kinetikus teszt – Szekvenciális kioldási eljárás

A szekvenciális kioldások lényege, hogy különböző oldószerekkel oldjuk a vizsgálni kívánt mintát, lépcsőzetesen, egyre jobban bontva, degradálva a mintát. Tudjuk, milyen ásványfázisok oldódhatnak a különböző fokozatokon, így a teljes fémtartalmat külön fázisokra tudjuk tagolni. Ezen kívül lehetőségünk nyílik a fémek kioldásának időbeli lefolyásának vizsgálatára is (Tessier et al. 1979).

Több ajánlás is ismeretes a szekvenciális kioldás lépcsőire vonatkozóan (Hall és társai 1995; Dold és társa 2000, 2002). Jelen diplomamunkában az alábbi szekvenciákat alkalmaztam. Ennek oka az, hogy a természetben ezek a folyamatok mehetnek végbe leggyakrabban, a reziduális fázis nem bomlik belátható időn belül.

1. Vízoldható frakció
2. Kicserélhető frakció
3. Kötött karbonátok bontása
4. Másodlagos szulfidok fázisa
5. Elsődleges szulfidok bontása

A vízoldható frakció főleg másodlagos szulfátok oldását eredményezheti, mint például *kalkantit* ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), *gipsz* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), *pickeringit* ($\text{MgAl}_2(\text{SO}_4) \cdot 22\text{H}_2\text{O}$) (Dold 1999). Tessier (1979) szerint 1 g porított mintát 50 ml desztillált vízzel kell összeönteni és keverni 1 órán át.

A kicserélhető frakció olyan *vermikulit* típusú ásványokat foglal magában, amelyek tartalmaznak adszorbeált, vagy *kicserélhető* ionokat (Dold et al. 2001; Gatehouse et al. 1977).

A kötött karbonátok bontása a *karbonátos* ásványok lebontását eredményezi (kalcit, dolomit, sziderit).

Másodlagos szulfidok kioldása során szerves, illetve *másodlagos Cu-szulfidok* bontása következik be: *kovellin* (CuS), *kalkozin* (Cu_2S), *djureleit* ($\text{Cu}_{31}\text{S}_{16}$) és *digenit* (Cu_9S_5) (Sondag 1981; Dold 2001).

Az **elsődleges szulfidok** népes csoportja, mint a pirit (FeS_2), *kalkopirit* (CuFeS_2), *bornit* (Cu_5FeS_4), *szfalerit* (ZnS), *galenit* (PbS), *molibdenit* (MoS_2), *tetraedrit* ($[\text{Cu,Fe}]_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$), *cinnabarit* (HgS), *auripigment* (As_2S_3), *antimonit* (Sb_2S_3) kerülnek utoljára oldásba.

Az ajánlások szerint a sort reziduális bontással lehet befejezni. Oldószere a HF, amely gyakorlatilag már mindent lebontana, beleértve a szilikátokat, kvarcot és cirkont is (Dold 2000; Hall 1995), azonban jelen tanulmány szempontjából nem lett volna sem releváns, valamint a körülmények sem voltak adottak a bontás kivitelezéséhez. A konkrét fázisokhoz köthető nyomelemek meghatározása atomabszorpciós spektroszkópiával (AAS) történt a következő elemekre vonatkozóan: réz, cink, ólom, kadmium.

Eredmények

1. táblázat. rudabányai meddőhányó minták közettani, geokémiai jellemzői. Összesítő táblázat. Teljes S%=Szulfid S%+Szulfát S%. A teljes kén-tartalom számításának alapja a jodometrikus meghatározási módszer

Table 1. Geochemical and petrological parameters of samples of studied waste rocks. Summary table. Total S%=sulphide%+sulphate%. Total S-content based on iodometric analysis

Minta	Makroszkópos leírás	CaCO ₃ %	Teljes S %	Pirit S %	Szulfid S %	Szulfát S %
7	Limonitos barnavasérc, sötétszürke mészkő, breccsás, ércnyomos homokkő, durvakristályos barna pátvasérc	68.21	0.53	n.a.	0.53	0.00
16	Szürke márga és okkersárga breccsás mészkő	37.56	1.22	0.57	0.62	0.60
17	Szürke dolomit, világosszürke durvakristályos mészkő és kevés barna pátvasérc	62.88	0.03	0.03	0.03	n.a.
19	Részben oxidált világosbarna pátvasérc és szürkésbarna mészkő	51.75	1.15	0.30	0.30	0.85
21	Világosszürke márga, világosbarna durvakristályos pátvasérc, rétegzett barna-fehér foltos mészkő	49.05	1.23	0.57	0.80	0.43
24	Világosszürke márga, barna durvakristályos pátvasérc pirithintéssel, sötétszürke dolomit, szürke breccsás mészkő	57.63	1.22	n.a.	0.54	0.68
27	Sötétszürke töredezett dolomit, durvakristályos pátvasérc táblás barit kristályokkal	9.26	5.82	n.a.	0.21	5.61
28	Barnásszürke, helyenként breccsás mészkő limonitos repedésekkel	22.39	4.6	n.a.	0.46	4.14

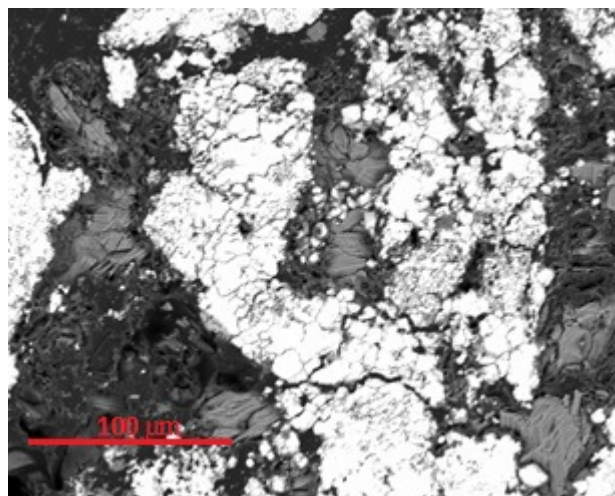
A típusminták közül azokban, ahol a pirittartalom jelentős, gipsz, anhidrit is kimutatható. A legtöbb gipsz abban a mintában volt, amelyik igen magas pirittartalommal rendelkezett (2. táblázat).

A meddőhányó mintákból egyedül a 16-osban volt jelentősebb (2,5%) pirittartalom és e mintában lehetett találni jelentősebb mennyiségű másodlagos szulfátot (gipsz, rozenit), viszont röntgennel kimutatható mennyiségben ez nem tartalmaz vasoxi-hidroxidot a többi mintával ellentétben. A 16-os mintában tehát aktív szulfid oxidáció folyik neutrális-körűli pH mellett. Ezt igazolta a minta elektronmikroszkópos vizsgálata is, mivel a töredezett, oxidálódott pirit közvetlen környezetében fennőtt gipsz kristályokat lehetett kimutatni (2. ábra).

A fenti táblázatból az is leolvasható, hogy a minta teljes kéntartalma nem kizárólagosan savtermelő ásványokhoz kötődik, hanem például barithoz is, amely környezetásványtani szempontból inertnek tekinthető. Így tehát az NP/AP kiszámításánál figyelembe kell vennem az XRD eredményeit is, hiszen az európai szabvány a minta teljes kéntartalmát savképző ásvány (pirit) jelenlétéhez köti, amely torzított eredményre vezetne (3-4. ábrák). Látható tehát, hogy a vizsgált meddőhányók felületi mintáinak vizsgálata során egyik sem tekinthető savképzőnek.

2. ábra. Töredezett, oxidálódott piritkristály a környezetében fennőtt gipszkristályokkal. 16-os minta, visszaszórt elektronképe. Bizonyítéka annak, hogy a szulfid oxidációja zajlik a neutrális pH ellenére

Figure 2. Damaged, oxidated pyrite with gypsum. Reflected electron-analysis of sample 16. Evidence of sulphide oxidation. However, the value of pH is neutral



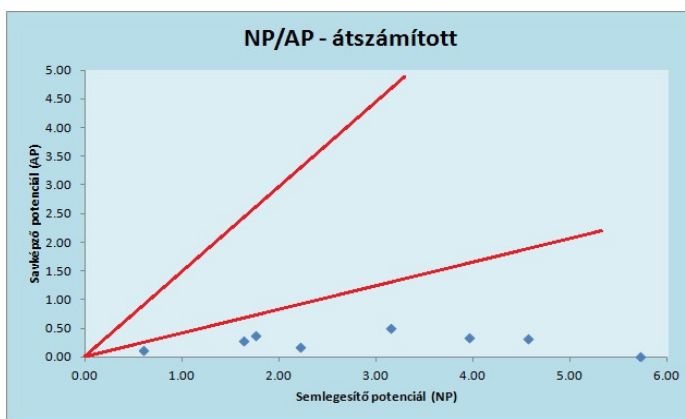
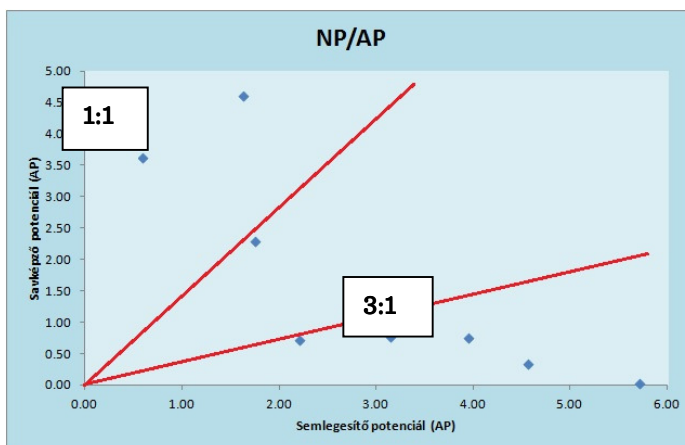
2. táblázat. Meddőhányó minták ásványtani elemzése. A kapott értékek %-ban értendők. Indikáció azt jelenti, hogy valószínűleg megtalálható az adott mintában, azonban ezzel a módszerrel kimutatási határérték felett nem kimutatható

Table 2. Mineralogical analysis of waste rocks. It means % value. Ind.= Indication. Probably one of phases is exist in the sample

	Ásványnev	Képlet	19	17	16	7	28	27	24	21
Karbonát-tartalmú ásványok	Ankerit	$\text{Ca}(\text{Fe}^{+2};\text{Mg})(\text{CO}_3)_2$	ind.	10,4	26,5	46,6	10,0		3,5	10,8
	Kalcit	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$	11,0	33,3	6,3	21,5	5,4	7,9	9,5	18,8
	Dolomit	$\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$	60,5	31,7	49,4	16,3	23,4	6,6	50,4	41,1
	Magnezit	$\text{Mg}(\text{CO}_3)$							7,5	
	Malachit	$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$						2,3		
	Sziderit	$\text{Fe}(\text{CO}_3)$			3,0	7,0	14,5	0,8	4,1	5,3
Kén-tartalmú ásványok	Barit	BaSO_4	10,7		0,7		25,2	47,3	9,1	3,5
	Kalkopirit	CuFeS_2	0,2			1,6	1,1	0,7	1,4	0,2
	Gipsz	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$			5,9					
	Markazit	FeS_2	4,0							1,2
	Pirit	FeS_2		1,0	2,5					
	Rozenit	$\text{FeSO}_4(\text{H}_2\text{O})_4$			0,6					
	Szfalerit	$\text{Zn}_{0,776}\text{Fe}_{0,224}\text{S}$			0,4	1,3				
	Tetraedrit	$\text{Cu}_{11,4}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$							1,1	0,4
	Hematit	Fe_2O_3								5,2
	Albit	$\text{Na}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_8$		6,5	ind.				1,8	
	Goethit	$\text{FeO}(\text{OH})$	8,6	12,1			7,9	9,9	5,5	6,7
	Kvarc	SiO_2	5,0	5,1	4,7	5,7	11,6	24,5	6,2	6,8
	Kaolinit	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$				ind.	1,0			
	Karbonát-tartalmú ásványok		71,5	75,4	85,2	91,4	53,3	17,6	75,0	76,0
	Kén-tartalmú ásványok		14,9	1,0	10,1	2,9	26,3	48	11,6	10,5
	Szulfid ásványok		4,2	1,0	3,5	2,9	1,1	0,7	2,5	1,8

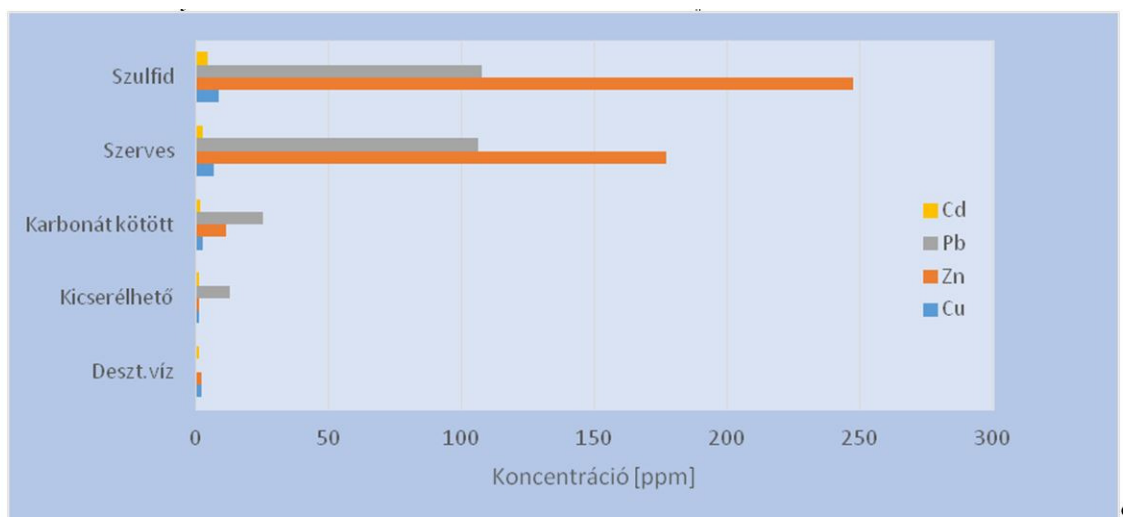
3-4. ábrák. A savtermelő (AP) és semlegesítő képesség (NP) arányának megoszlása a minták alapján. Feltüntetve az osztályozás alapját szolgáló határok, amelyek alapján minősítjük a bányászati hulladékokat savképzés függvényében. 1:1 arányt jelző határtól balra esik a savképző tartomány; 1:1 és 3:1 határvonalak között a savtermelés talán előfordulhat; 3:1 arány alatti terület nem savtermelő zóna

Figures 3-4. Distribution of Acid potential (AP) and Neutralization potential (NP). We can see border lines of classification of acid generation



A nehézfémek mobilizációjának kérdését a fenti eredmények önmagában még nem képesek megoldani. Ennek az az oka, hogy a savképző, valamint a semlegesítő ásványok egyaránt tartalmazhatnak mobilizálódásra alkalmas nehézfémeket (Balistreri et al. 1999).

Az 5. ábra szemlélteti azonban, hogy a vizsgált nehézfémek döntő súlyban a szerves (és ezáltal a másodlagos réz-szulfátok fázisa) és a szulfid bontási szakaszokban jelennek meg. Kijelenthető, hogy felszíni körülmények között ezen elemek nem mobilizálódnak.



5. ábra. 1 nap utáni mintavételezés eredményei a 7-es minta oldatából

Figure 5. sampling of results after 1 day from sample 7

Összegzés

I. A rudabányai mintákon végzett vizsgálatok rámutatnak arra, hogy a szabvány szerinti statikus tesztek eredményeit mennyire körültekintően kell kezelni. Az EN 15875 szabvány a teljes kéntartalommal számol, illetve a szabványban ismertetett módszer alapján határozza meg a minta savtermelő, illetve savlekötő képességét. A rudabányai vizsgált minták esetében ez gyakran vezet a helyzet túlértékeléséhez, mivel a típusmintákban is, de különösen a meddőhányó mintáknál a kéntartalom döntő része gyakran a barit-tartalomhoz kötődik, ami ARD szempontjából inert ásványnak tekinthető, így kőzetsavasodást nem okoz. Ebben a karbonát-gazdag környezetben savképző másodlagos szulfátok jelenlétével nem kell számolni, mert az oldódás következtében savtermelő szulfátok (jarosit) erősen savas környezetben képződnek, mely jelen esetben nem áll fenn, így a savképző potenciált a vastartalmú szulfid ásványokhoz (pirit, kalkopirit, pirrotin) kötött kéntartalommal kell számolni.

II. Hasonlóan kérdéses a karbonát-tartalom alapján meghatározott savlekötő képesség is. A szabvány a gyorsan reagáló kalcium karbonát meghatározására épít, míg esetünkben a karbonátok többségét a lassabban reagáló, több kationt tartalmazó karbonátok – dolomit, ankerit, Mg-sziderit – adják. A szabvány szerint meghatározott semlegesítő képesség így kevesebb lesz, mint a valóságos, bár a meddőhányó minták esetében még ekkor sem várható olyan mértékű savképződés, ami helyben nem kötődik meg.

III. Elmondható, hogy környezetföldtani szempontból a meddőhányók nem jelentenek potenciális veszélyt kőzetsavasodás tekintetében a közeljövőben (3. táblázat).

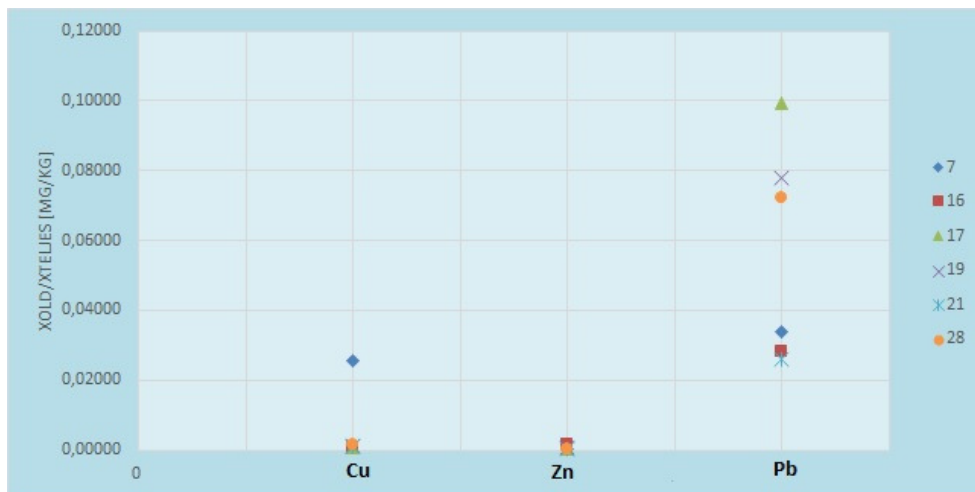
3. táblázat. Fizikai-kémiai paraméterek, valamint számított NP/AP arány a vizsgált mintákban. a=vizes oldatban mért; b=szárazanyagban mért; c=számított. A CaCO₃ ekvivalencia kalciméteres mérés alapján

Table 3. Physical-chemical parameters, measured NP/AP rate. a=measured in aqueous solution, b=measured in solid phase, c=calculated. CaCO₃ means of calcimeter analysis

Minta	wCaCO ₃ [%] ^b	pH ^a	szulfid S [%] ^a	S [%] ^b	NP/AP ^c
7	77,0	8,19	0,53	1,2	4,56
16	64,7	7,32	0,62	0,2	1,75
17	62,9	8,13	0,03	1,7	5,71
19	51,1	8,27	0,30	2,2	2,21
21	50,1	7,94	0,80	6,7	3,14
24	60,2	7,97	0,54	1,6	3,95
27	9,5	8,21	0,21	6	0,60
28	23,0	7,80	0,46	7	1,63

IV. A kinetikus teszt képes volt választ adni olyan kérdésre, miszerint a neutrális pH és rövidtávú semlegesítés ellenére várható-e egyes nehézfémek (Cu, Zn, Pb, Cd) mobilizálódása. Az eredmények azt mutatják, igen, de azok a szulfid fázishoz kapcsolódnak. A teszt alkalmasnak bizonyult a kérdés tisztázásában, a különböző fázisok jól elkülöníthetőek egymástól (5. ábra). Ez környezetföldtani szempontból jó tendencia, mivel a csapadékvízzel csupán minimális kioldás következik be. A szulfid bomlási sebessége pedig erősen korlátolt neutrális pH-n.

V. A következő ábra (6. ábra) a vizsgált nehézfémek oldatba kerülésének affinitását mutatja be. Specifikusan csak adott nehézfémek hajlandóságát jelzi, ha nem vesszük figyelembe a kalcit mennyiségét (Armienta et al. 2012). Megállapítható, hogy az ólom a mintáimban erős affinitást mutatnak oldatba történő oldódásra, különösen a 17-es, 19-es, és 28-as minták esetében. A 17-es és 19-es minták egyébként is hektikus képet festettek a cink, ólom és kadmium esetében egyaránt, így indokolt volna ezen meddőhányók anyagának szélesebb körű vizsgálata, mint például mélyebb rétegekből is mintavételezni (2-3 méter mélységig), illetve a kioldás időtartamának kiszélesítése, annak gyakoribb mintavételezése.



6. ábra. A réz, cink és ólom oldatba kerülésének affinitása

Figure 6. Affinity of mobilization of Cu, Zn and Pb

Irodalom

- Armenta, M.A., Villasenor, G., Cruz, O., Cenicerros, N., Aguayo, A., Morton, O. 2012: Geochemical processes and mobilization of toxic metals and metalloids in an As-rich base metal waste pile in Zimapán, Central Mexico. Elsevier, Applied Geochemistry Vol. 27, 2225-2237.
- Balistreri, L.S., Box, S.E., Ikramuddin, M., 1999. Assessing the influence of reacting pyrite and carbonate minerals on the geochemistry of drainage in the Coeur d'Alene mining district. Environ. Sci. Technol. 33, 3347-3353.
- Bodor, S., Földessy, J., Kristály, F., Zajzon, N. 2013: Diagenesis and ore forming processes in the Bódvaszilas Sandstone of the rudabánya ore deposit, NE Hungary. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 8, 4, 147-153.
- Dold, B., Fontobé, L. 2000: Element cycling and secondary mineralogy in porphyry copper tailings as a function of climate, primary mineralogy, and mineral processing. Journal of Geochemical Exploration Vol. 74., 3-55.
- Dold, B., Fontboté, L. 2002: A mineralogical and geochemical study of element mobility in sulphide mine tailings of Fe oxide Cu-Au deposits from the Punta del Cobre belt, northern Chile. Chemical Geology Vol. 189., 135-163.
- Földessy, J., Németh, N. & Gerges, A. 2010: Preliminary results of the re-exploration of the Rudabánya base metal ore deposit. Bulletin of the Hungarian Geological Society, 140, 3, 281-292.
- Földessy, J. 2011: Rudabánya, Hungary - new ore exploration in an old terrain. European Geologists, 32, 33-37.
- Hall, G. E. M., J. E. Vaive, R. Beer, M. Hoashi (1995): Selective leaches revisited, with emphasis on the amorphous Fe oxyhydroxide phase extraction. Journal of Geochemical Exploration 56., 59-78.
- Harangi, Sz. (2013): Magmás kőzetek és folyamatok – gyakorlati ismeretek magmás kőzetek vizsgálatához. Egyetemi jegyzet. ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszék, Budapest. pp.: 375-377.
- Less, Gy. 2007: Magyarország földtana. Egyetemi jegyzet, Miskolc. 15-20.
- Less, Gy., Budai, T., Pelikán, P. 1992: A Bükk hegység földtana : Magyarázó a Bükk-hegység földtani térképéhez (1:50000). Lille Flandres-Artois Kiadó, Budapest.
- Mádai F., Móricz F., Walder I., Embile R., Praviczki T. 2013: Ércbányászati meddőhányók vizsgálata - Szulfid oxidáció neutrális körülmények között. Műszaki Földtudományi Közlemények, 84. kötet, 2., 53-73.
- Mádai, F. 2012: Bányászati hulladékok minősítése a Bányászati Hulladék Irányelv alapján. Hulladékonline elektronikus folyóirat, 3. évfolyam 1. szám.
- Németh, N., Földessy, J., Kupi, L., Iglesias, Jesus García 2013: Zn-Pb mineralization types in the Rudabánya ore bearing complex. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 8, 1, 47-58.
- Pantó, E., Pantó, G., Podányi, T., Moser, K. 1957: Rudabánya ércbányászata. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Szakáll, S. 2001: Rudabánya ásványai. Kőország Kiadó, Budapest. 13-48; 61-78.

Egyéb felhasznált irodalom

- Atlas of Eh-pH diagrams 2005: Intercomparison of thermodynamic databases. Geological Survey of Japan Open File Report No.419
- Acid Base Accounting (ABA) Test Procedures: <http://technology.infomine.com/enviromine/ard/acid-base%20accounting/acidbase.htm>
- European Committee for Standardisation: EN 15875 (2008): Characterization of waste – Static test for determination of acid potential and neutralisation potential of sulfidic waste.
<http://www.gardguide.com> (2013.04.10.)
http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/ (2013. 12. 20.)
<http://folyoirat.hulladekonline.hu/files/187/> (2013. 04. 08.)

ESETTANULMÁNY A KÖRNYEZETTUDATOSSÁGRÓL

CASE STUDY ABOUT ENVIRONMENTAL AWARENESS

Vigh Melinda, Soós Lenke

*Babes-Bolyai Tudományegyetem
vmelindap@yahoo.com*

Abstract

The definition of the contemporary environment implies that man and his activity is its centre. The term "anthropical environment", used in this purpose does not cover the entire real system. The contemporary environment must be tackled in an inter- and transdisciplinary way for a real awareness. The base of this awareness is education. Even though not contested, its approaches, points of view and methods vary a lot. The instruction – education process is based on responsibility awareness towards environment and environment protection. This thing induces requirements and also respect towards the environment man is living in. Environment awareness includes cognitive, sentimental and practical expressions that have as purpose the environment's ecological sustainability and protection from the man, community and society's point of view. The environment education must be very important in teenagers' education. The young generation has to receive, understand and value the environment awareness as an essential component of environment sustainability. These ideas were at the base of a research made with the help of some 5th degree students from the Cluj schools. The main purpose of this research was the investigation of students' opinions, customs and knowledge about environment awareness. The questionnaire regarded environment protection, air, water and soil pollution, energy saving, waste collection, etc. The answers were evaluated using statistical methods.

Keywords: environmental awareness, environmental education, questionnaire, schools from Cluj, student, informed

Kulcsszavak: környezettudatosság, környezeti nevelés, kérdőív, kolozsvári iskolák, tanulók, tájékozottság

Környezet, társadalom, oktatás

Az környezet az az léttér, amelyben az ember létezik és kifejti hatását. Ennek a nagyon bonyolult rendszernek három alapvető összetevője van: élettelen, élő és emberi. Ezek mennyisége és minősége változik a társadalom fejlődésével, a különböző erőforrások felhasználásának függvényében. A környezet összetevői szorosan kapcsolódnak egymáshoz, összefüggnek. Az egy elemet erő káros tényező kihat az egészre és így magára az emberre is.

A környezeti nevelés fontos feladata nem vitatható. Ennek jelentőségét a szakemberek, a pedagógusok, de a társadalom is különböző nézőpontból közelíti meg. A környezetvédelmen keresztül az utódokért való felelősségérzet tudatban való kialakítása motiválja az oktatási-nevelési folyamat ezen irányú kibontakoztatását. Egy olyan ember megformálását célozza meg, aki képes ésszerű döntéshozatalra és felelősségvállalásra. A jelen társadalom legfontosabb célrendszerei között vannak a következők: tapasztalatokra alapozzon, korszerű ismeretrendszert közvetítsen, a természet értékeit tudatosítsa, érzelmi kötődést alakítson ki, környezettudatos gondolkodást formáljon.

Olyan ifjúságra van szükség, akiben tudatosodik, hogy az örökségüket, ismerni és védeni kell, mert az szennyezett környezet és a kihasznált Föld a pusztulás felé halad. A fenntartható fejlődés biztosítása kiaknázásra vár, amely a természet és a társadalom összefüggésében, önszabályozásában gyökerezik, amelyet egy kiegyensúlyozott társadalom alapozhat meg.

A környezettudatosság, a környezetvédelem többkomponensű áttörésének egyik tényezője. A jelen időszakban, mint pozitív értéktöltet van jelen és áthatja a környezethez, környezetvédelemhez való viszonyulást. A környezettudatosság olyan kognitív, érzelmi, gyakorlati megnyilvánulásokat összegez, amelynek célrendszere az ökológiai fenntarthatóság és a környezet védelme, az egyén, a közösség, a társadalom tükrében.

A folyamatosan változó szemléletmód a reflektív gondolkodást, a gyakorlati képzést helyezi előtérbe, amely új módszertani kultúra megformálását feltételezi. Ezért a szülőktől és a pedagógusoktól állandóan adaptáló fejlődést követel, az ifjúságtól pedig nyitott interaktív partnerkapcsolatot vár. Meghatározó jellegű a széleskörű látásmód kialakítása, a környezeti érzékenység megformálása, a megoldási készségek begyakorlása.

A környezettudatosság háromkomponensű attitűd: kognitív, affektív, hajlandóság (Nistor 2010). Összefonódásuk a cselekvésig terjed, amely lokális és globális környezeti problémákat befolyásol. A szociodemográfiai változók a következőkkel közvetlenül érintik környezettudatosság formálását: az életkor haladásával csökken a környezetvédelmi attitűd, a nemmel kapcsolatos kutatások nem szignifikánsak, az iskolázottságnak pozitív hatásköre van, a gazdasági fejlődés meghatározó jellegű, a lakóhelyhez kötődő környezeti problémák meghatározóak.

A környezettudatosság vizsgálatára, mérésére szerteágazó skálarendszert dolgoztak ki, amelyek a környezettel kapcsolatos ismeretek, cselekvések, érzelmek, világnézetszerű megnyilvánulások irányzataira vonatkoznak.

Célkitűzések

A kutatás célja háromirányú volt. Alapvetően a környezettudatos attitűd megformálása, az V. osztályos tanulók körében. Továbbá a földrajzi burok összetevőinek állapotával, a gazdálkodással, a környezetvédelemmel kapcsolatos ismeretek felmérése. Harmadszor a mindennapi életben és az iskolában végbemenő tevékenységek a témákkal kapcsolatosan.

Módszer

A kutatás a kolozsvári V. osztályos tanulók környezettudatosságát igyekszik feltérképezni, nyolc iskolában, ahol egyedüli vagy közös magyar nyelvű oktatás folyik. Előbbiek központi iskolák, utóbbiak a lakónegyedekben vannak. Az osztályok létszáma 11 és 36 tanuló között mozog, összesen 201-en feleltek a kérdésekre. A kérdőív 21 pontot foglal magába, ahol a tanulók adott kérdésre a válaszokból egyet kell kiválogassanak, vagy saját véleményét kell elmondjanak egy megadott kérdésre.

A kérdések kilenc téma köré összpontosulnak: az emberiség jövője, a levegő, víz és talaj állapota, a biológiai sokféleség, a hulladék- és energiagazdálkodás, az egészséges táplálkozás és a környezetvédelem. Ide kapcsolódnak az egyéni véleménynyilvánítások, valamint az ehhez tartozó iskolai és általános tevékenységek.

Az eredmények statisztikai módszerrel voltak feldolgozva és elbírálva.

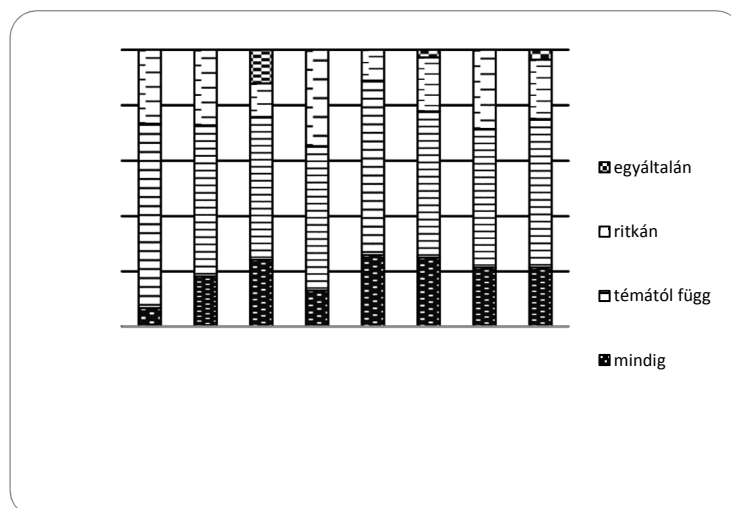
Mivel a kérdőív nagyon terjedelmes, ebben a dolgozatban az alapvető témákkal közvetlenül kapcsolatos válaszok vannak elemezve.

Környezettudatosság a kolozsvári iskolákban

A bevezető kérdés arról érdeklődött, hogy a tanulókat milyen mértékben érdekli a környezeti témakör. Négy válasz közül kellett választani. A 201 tanulóból 42 mindig, 110 a témától függően, 43 ritkán és 6 egyáltalán nem érdeklődik a környezet iránt.

Kimagasló azok aránya (55%) akiket akkor érdekli a környezet, ha érdekes a téma. Ez azt jelenti, hogy a gyerekeket rá kell vezetni, érdekelté kell tenni, meg kell győzni a környezettel való foglalkozás érdekességéről, hasznosságáról, szükségességéről. Ebből következik, hogy a környezettudatosság az oktatás és a nevelés függvénye. Függ a tanórák témájától, megszervezésétől, a megfelelő módszerek alkalmazásától. Ugyanakkor nagy jelentősége van az iskolán kívüli - a természetben történő - tevékenységeknek, ahol a gyerek közvetlenül érintkezik a környezettel.

A mindig és ritkán érdeklődők aránya azonos (21%), míg 3%-ot egyáltalán nem érdekli a környezet. Habár ez utóbbi kevés, mégis fel kell figyelni rá és külön módszerekkel rá lehet vezetni a tanulókat, hogy tudatosítsák a téma egyéni és közösségi fontosságát.



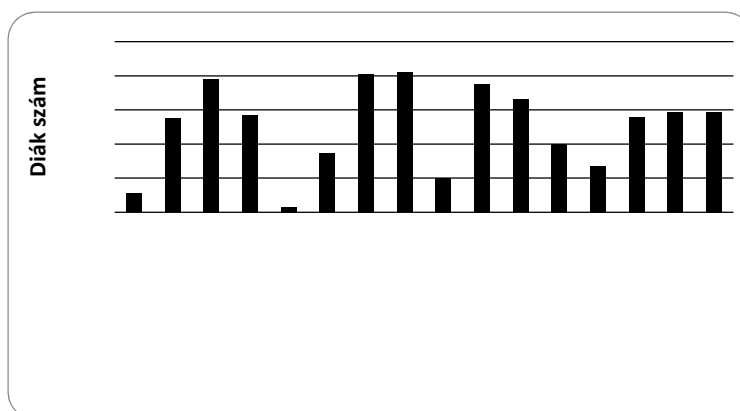
1. ábra. Érdeklődsz a környezettel kapcsolatos témák iránt?

Figure 1. Are you interested in environmental issues towards?

Az iskolák között nem nagyok az eltérések. Nem lehet lényeges különbségeket megállapítani a magyar és vegyes, valamint a központi és lakónegyedi iskolák között. A „mindig” felelet legkisebb arányai egy magyar és egy vegyes iskolában vannak. A „ritkán” felelet legtöbbször négy magyar és két vegyes iskolában hangzott el. Meg kell jegyezni, hogy „egyáltalán” vélemények csak három magyar iskolában voltak.

Alaptémák iránti érdeklődés

A fentebb említett kilenc témával kapcsolatban négyféle véleményt lehetett megfogalmazni. Az alaptémák első csoportja a földrajzi burok összetevőinek állapotáról szólt. Habár a feleletek arányaikban hasonlóak. A legtöbb tanulót érdeklí és nagyon érdeklí a geoszisztéma összetevőinek állapota. Lényeges a kevésbé érdeklődők száma is. Mind a négy esetben aránylag kevés diák nem érdeklődik egyáltalán a téma iránt.

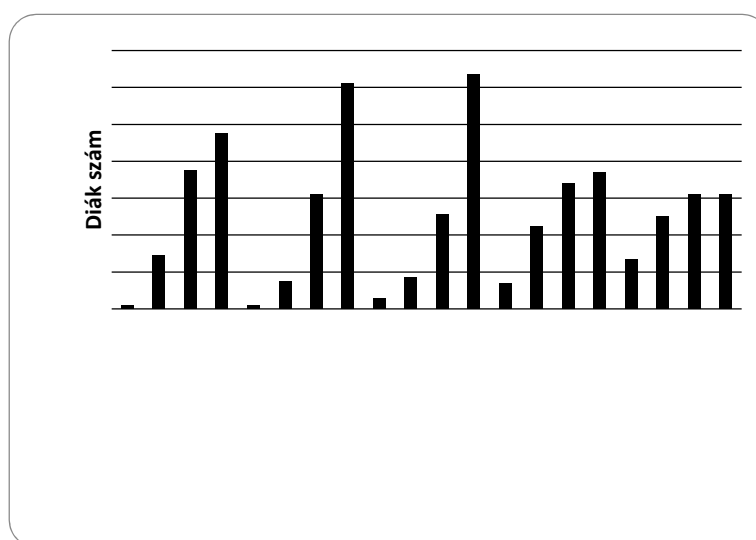


2. ábra. Mennyire érdekelnek az alábbi témakörök? (1)

Figure 2. How interested in these topics? (1)

Különbségeket is fel lehet fedezni. A légkör és a víz állapota iránt nagyobb az érdeklődés, mint a talaj és az élővilág irányába. Az „érdekel” jelző nagyobb a „nagyon érdekeltnél” a légkör és a talaj esetében. E két maximális értékelés egyforma a víznél és a biológiánál. A differenciálódások arra következtetnek, hogy a légkör és a víz állapota iránt bővebbek az ismeretek és az érdeklődés, mint a másik két összetevőnél.

A második alaptéma csoport öt irányba osztozik. A hasonlóságok között meg kell jegyezni, hogy mindegyiknél a legmagasabb értékelés dominál és a minimálist a legkevesebb diák választotta. Az „érdekel” minősítés mind az öt témánál a második helyen van. A két maximális értékelés összege lényegesen meghaladja a másik két minimális minősítést. Ez arra utal, hogy a hallgatók túlnyomó többsége érdekelt a témák irányába.



3. ábra. Mennyire érdekelnek az alábbi témakörök? (2)

Figure 3. How interested in these topics? (2)

A különbségek nagyon nagyok az „érdekel” és „nagyon érdekel” között az egészséges táplálkozásnál és a környezetvédelemnél, míg jelentéktelenek az emberiség jövőjével, az energia- és a hulladékgazdálkodással kapcsolatban. E két gazdálkodástípus több tanulót egyáltalán nem érdeklí, mint a másik három téma.

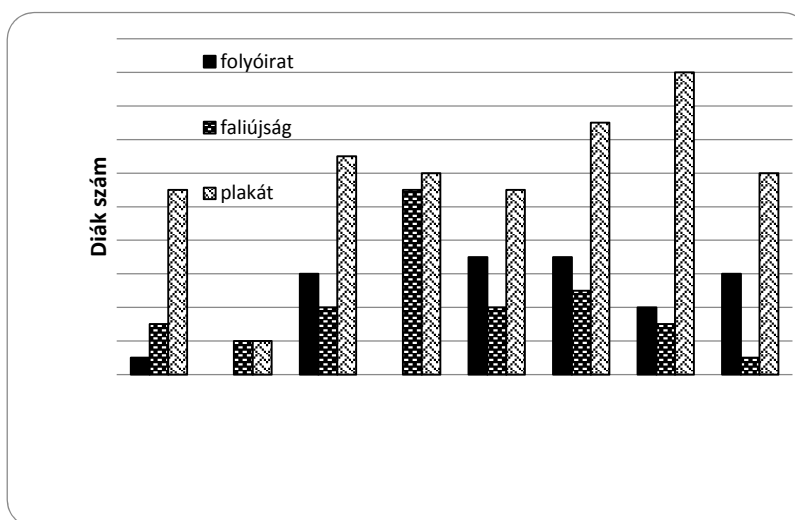
A tanulók tájékozottsága

A kérdőív 21 pontjából az egyik utolsó arról érdeklődik, mennyire ismerik a tanulók az iskola által nyújtott tájékoztatói lehetőségeket a környezet irányába. Az első megállapítás, hogy, habár az iskolák ismertetik a témát, néha elég sok tanuló tájékozatlan.

Örvendetes, hogy hat iskola diákjai ismerik a környezettel kapcsolatos folyóiratot. Legtöbben az időnként megjelenő plakátokra figyeltek fel, talán azért mert újdonságnak számítanak adott pillanatban. Szintén hat iskolában vannak tanulók, akik nem hallottak/láttak ilyen anyagokat, habár ezek léteznek. Tájékozatlanságuk felhívja a figyelmet a környezettudatosságra való nevelés fontosságára.

Következtetések

A környezet a Föld legbonyolultabb és legérzékenyebb rendszere. A társadalom, egyénenként és egészében is, tudatában kell legyen, hogy saját életterét és energiaforrását veszélyezteti a környezet tönkretételével. A környezettudatosságra való nevelés az ifjúság körében az iskolákban a legfontosabb. A jövő nemzedéke hivatott szemléletmódot változtatni, áttöréseket megvalósítani a környezetvédelem terén. A kolozsvári iskolákban elvégzett felmérés kimutatja a tanulók attitűdjét, tájékozottságát, hozzáértését ehhez a témához. A felmérés következtetése, hogy a tanulók túlnyomó többsége ismeri és érdekelt a környezet irányába.



4. ábra. Ismersz valamilyen környezetes témájú ismertetőt az iskolában?

Figure 4. Do you know some guide at your school in environmental theme?

Irodalom

Hines J. M., Hungerford H. M., Tomera A. N. 1986: Analysis and synthesis of research on responsible pro-environmental behavior: a metaanalysis. The Journal of Environmental Education, 18/2.

Kerényi A. Általános környezetvédelem, Mozaik Oktatási Stúdió, Debrecen.

Nistor L. 2010: Környezettudatosság - elméleti megközelítések, empirikus vizsgálatok. Presa Universitară Clujeană kiadó, Kolozsvár.

Rebreanu V. 2007: Câteva aspecte privind crearea unei conștiințe de mediu. Environment & Progress, 10, Kolozsvár.

Tóth M. 2002: Mediul înconjurător în educație. Stúdió kiadó, Kolozsvár.

<http://www.szervez.uni-miskolc.hu/blaci/blaci/otka/terv.htm>

<http://reconnect2009.files.wordpress.com/2013/01/mikes-gyorsjelentes-2012junius15>

VALÓSZÍNŰSÉGI IDŐJÁRÁSI ELŐREJELZÉSEK A MINDENNAPI ÉLETBEN: LEHETETLEN KÜLDETÉS?

PROBABILISTIC WEATHER FORECASTS FOR EVERYDAY LIFE: MISSION IMPOSSIBLE?

Buránszkiné Sallai Márta

*Országos Meteorológiai Szolgálat, sallai.m@met.hu,
Eszterházy Károly Főiskola, Neveléstudományi Doktori Iskola*

Abstract

One of the main obstacles for the effective use of weather forecasts and warnings is the objective uncertainty in forecasts, which can be traced back to the chaotic behaviour of the atmosphere, the compromises in forecasting models related to input data acquired from meteorological measurements, and the mathematical equations describing weather processes. The science of meteorology manages this problem with the technique of ensemble forecasts, the results of which get to the users in the form of probabilistic forecasts. In the following paper I will at first demonstrate the results of the latest developments relating to this subject at the Hungarian Meteorological Service, then the methods meteorology uses to communicate the uncertainties inherent in forecasts. After that I will explain the psychological aspects of the subject which can be experienced in everyday life. I will present examples of how people interpret the uncertainty formulated in forecasts based on my own experiences and research articles in professional literature. I will also demonstrate the typical distortion mechanics (heuristics) in the formation of probability judgements which impede appropriate decision making. Finally, I will present some examples of how can alternative decision theory be applied in the communication of weather forecasts in order to improve the effectiveness of the information suggested by the prognosis.

Keywords: meteorology, weather, probabilistic forecast, decision making, communication

Kulcsszavak: meteorológia, időjárás, valószínűségi előrejelzés, döntés, kommunikáció

Bevezetés

Az időjárás előrejelzés területén sok éven keresztül végzett munkám során azt tapasztaltam, hogy a meteorológiai előrejelzések és veszélyjelzések hatékony alkalmazásának egyik fő akadálya a tárgybeli ismeretek hiánya mellett az előrejelzésekben rejlő objektív bizonytalanság kezelése, ami a légkör kaotikus viselkedésére, az előrejelzési modellekben a meteorológiai mérésekből adódó kiindulási értékekkel és a folyamatokat leíró matematikai egyenletekkel kapcsolatos kompromisszumokra vezethető vissza. A meteorológia tudománya az ensemble (együttes) előrejelzések technikájával kezeli ezt a problémát. A módszer lényege, hogy az előrejelzési modellt nem egyszer futtatják le, hanem a kezdeti értékeket kicsit módosítva (perturbálva) egyszerre sok (az Európai Középtávú Előrejelző Központban 51 db.) előrejelzést futtatnak. A kapott előrejelzési értékek az időjárás helyzet függvényében különböznek, de törvényszerű az, hogy ahogy az időben haladunk előre, az értékek szórása, így a bizonytalanság egyre nagyobb lesz. Ezt a bizonytalanságot százalékkal is meg lehet adni, de az időjárás jelentésekben gyakran verbális címkékkel jelölik a meteorológusok. A helyzet tehát az, hogy a meteorológiai előrejelzések sztochasztikusak, de a bennük rejlő bizonytalansággal mind az utca embere, mind a döntéshozó szervek nehezen birkóznak meg.

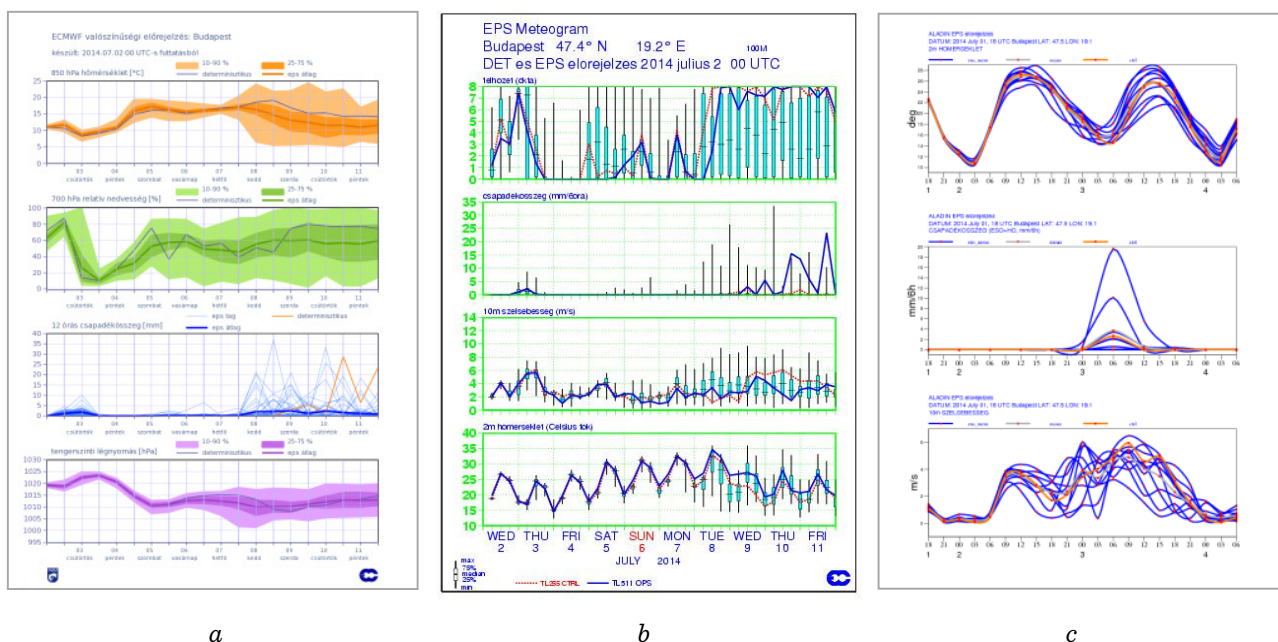
Valószínűségi előrejelzések a meteorológiában

„1972-ben Edward Lorenz a figyelemfelkeltő „Kivált-e egy brazil pillangó szárnycsapása tornádót Texasban?” címmel tartott előadást. Bár a kérdésre nem adott egyértelmű választ, azt azonban hangsúlyozta, hogy amennyiben a válasz igen, akkor egy lepke szárnybillentése ugyanígy meg is akadályozhatja egy tornádó kialakulását. Lorenz metaforikus gondolatfelvetése pillangóhatás néven vált világszerte közismertté és a meteorológusok számára a meteorológiai prognosztikának azt a bizonytalanságát szimbolizálja, hogy két időjárás helyzet, amely mindössze egyetlen pillangó közvetlen hatásában különbözik egymástól, elegendően hosszú idő elteltével akár egy tornádó megjelenésével eltérő állapotba fejlődhet.” (Götz 2004). A meteorológiában a bizonytalanság objektív előrejelzésének lehetőségét az ún. ensemble (együttes) előrejelzések módszere teremtette meg. Bár bevezetése az operatív gyakorlatba a számítástechnika fejlődésével csak 1992 végére vált lehetővé, elméleti alapját Lorenz évtizedekkel korábban felvázolta.

A számszerű előrejelzések alapjait a légkör hidro-termodinamikai egyenletrendszeri jelentik, amelyek megoldása számos nehézségbe ütközik. Először is ezeket az egyenletrendszereket nem tudjuk teljesen pontosan megoldani, azokon különböző közelítéseket kell alkalmaznunk. A legfőbb gond azonban az, hogy a számszerű előrejelző modellek legfontosabb részét, a modell kiindulási állapotát sem tudjuk pontosan meghatározni. Ennek oka elsősorban abban rejlik, hogy a rendelkezésre álló információk száma (elsősorban a ritka mérőhálózat következtében) kisebb, mint a modellváltozókra vonatkozó rácsponti értékek száma. Az adathiány, a hibás vagy nem reprezentatív adatok alkalmazása, a kerekítések és közelítések már igen jelentős bizonytalanságot okoznak a kiindulási mezőkben, az ebből fakadó hibák pedig az előrejelzési idő növekedésével egyre csak nőnek. Ezekre a problémákra jelent megoldást az ensemble előrejelzések használata, melynek lényege abban áll, hogy szimulálják a

kezdeti (analízis) hibákat, és ezáltal módosítják a kezdeti mezőket. Amennyiben a módosítások után az egyes futtatások között az eltérések többé-kevésbé kicsik maradnak, nagy az előrejelzés megbízhatósága, ha ugyanakkor az eltérések nagyok (vagyis az eredmények teljesen széttartóvá válnak), akkor az előrejelzés kevésbé megbízható.

A Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központjában (ECMWF) 1992. november 24-én készült el az első operatív ensemble előrejelzés. Napjainkban naponta kétszer 51 eltérő kezdeti állapotból indított 15 napos időtartamú előrejelzés készül. Emellett hetente kétszer 32 napos, valamint havonta egyszer évszakos valószínűségi modell fut. (www.met.hu). Az időjárás ultra-rövidtávú és rövidtávú előrejelzéséhez a Meteo France és a közép-európai meteorológiai szolgálatok együttműködésében kifejlesztett ALADIN/AROME időjárás-előrejelző modellesalád biztosítja az alapot, ezek a modellek az Országos Meteorológiai Szolgálat szuperszámítógépén is operatívan futnak. Az ALADIN modellre egy valószínűségi, 11 tagú ensemble rendszer is épül, amely segítségével számszerűsíteni tudjuk rövidtávú előrejelzéseink bizonytalanságát a legvalószínűbb érték előrejelzése mellett. A közelmúltban megkezdődött a nemhidrosztatikus AROME modellre épülő ensemble rendszer fejlesztése is, melytől a különösen nehezen előrejelezhető kis-skálájú (pl. konvektív) folyamatok valószínűségi alapú leírásában várhatunk jelentős javulást. Az 1. ábra néhány példát mutat be a valószínűségi előrejelzések eredményeinek interpretálására:



1. ábra. Ensemble előrejelzések outputjai (a, b: ECMWF, c: ALADIN)

Figure 1. Ensemble forecasts outputs (a, b: ECMWF, c: ALADIN)

Természetesen nemcsak a számítógép készít valószínűségi előrejelzéseket a meteorológiában. Az előrejelző a prognózisát készítve, az időjárási adatokat, a rendelkezésre álló modellek eredményeit mérlegelve, szintén valószínűségi döntést végez. Ahogy a valószínűségi modell eredményeit grafikusán szemléltetni lehet, úgy a verbális eszközök is megvannak arra, hogy a szóban vagy írásban megfogalmazott időjárás előrejelzésekben rejlő bizonytalanságot az előrejelző kifejezze (pl. lesz 100%; várható 70–95%; valószínű 50–70%; előfordulhat, kialakulhat 20–30%; lehet 10–20%; nem valószínű 0–10%; nem várható 0–5%; nem lesz 0%).

Mi a probléma a valószínűségi előrejelzések értelmezésével?

Az előbbiekben bemutatottam, hogy a meteorológiának megvannak az adekvát eszközei és módszerei, hogy az előrejelzésekben rejlő objektív bizonytalanságot modellezzék és szemléltessék. De miért nem terjedt el széles körben, a mindennapi életben is ennek használata? Miért nem tudják az emberek értelmezni, kezelni ezt a bizonytalanságot és a megfelelő döntéseket meghozni? Írásomban most a valószínűségi előrejelzések elfogadásának és használatának a hétköznapi életben tapasztalható pszichológiai aspektusait fejtem ki, rámutatva a legnagyobb problémákra, amelyek az alábbi témakörök köré csoportosíthatók.

Ismeretek hiánya: A közoktatásban sok más mellett nem tananyag, hogy hogyan kell a prognózisokat értelmezni, a fentebb felsorolt valószínűségi kifejezéseket érteni. Ez nemcsak hazánkban van így, hanem pl. a valószínűségi előrejelzések használatában nálunk jóval előrébb járó Angliában is. Peachey és társai (2013) a Manchesteri Egyetemen végzett kísérlet során 92 egyetemistát kérdeztek meg arról, hogy hogyan értelmezik azt, ha egy prognózisban az áll, a holnapi nap az eső valószínűsége 60%. Csupán 4% adott rá helyes, olyasmit tartalmazó választ, hogy ha a holnap 10 alkalommal történne meg, akkor abból 6 alkalommal esős lenne.

Az ember determinisztikus gép: Az ember determinisztikus gép egy sztochasztikus világban – mondja a döntéselmélet egyik nagy alakja, Amos Nathan Tversky. Természetes válasza az igen, vagy nem. A bizonytalanság fenntartása, az ítéletalkotásnak a bizonytalanság szintjét jelölő módja az ember számára nem természetes és az ebből eredő nehézségek mindenütt éreztetik a hatásukat, ahol az ember szembekerül a bizonytalansággal.

A valószínűségi döntéshozatal szabályai és ezek felrúgása

Lehet-e bármely kritériumot használni a döntés helyességének megítélésére? Az első módszert erre Daniel Bernoulli adta a világnak 1738-ban. A holland polihisztor az alábbi egyszerű egyenletet állította fel: Esemény várható értéke = (esemény esélye) x (esemény értéke). Vagyis cselekedeteink várható értéke két egyszerű dolog szorzata: az esélye annak, hogy ezzel a cselekedettel nyerünk valamit, és a nyert dolog értéke számunkra. Sokáig erre alapozták a racionális döntéselméletet.

Thomas Bayes angol püspök a matematikai statisztika egyik megalapítója új elmélettel ajándékozta meg a világot, amelynek a lényege az, hogy a kezdeti, merőben szubjektív bizonytalanságnak az új információk alapján történő optimális felül bírálását az ún. Bayes tétel felhasználásával végzi. Pszichológiai kutatásban ez azt a problémát érinti, hogy miképpen oldják fel az ember eredendő bizonytalanságát egy-egy kérdés alkalmával az új információk. E módszerek alapján elvileg mindig jó döntéseket tudnánk hozni. Csakhogy az a baj, hogy egyrészt jellemzően rosszul határozzuk meg a valószínűségeket, másrészt problémáink vannak az értékek meghatározásával.

A 70-es években Tversky és Kahneman célzottan foglalkozott a valószínűségi ítéletek kialakításának mechanizmusával és leírtak egy sor tipikus torzítási mechanizmust (heurisztikát), amelyek a döntéseinket befolyásolják. Ezek közül a három legfontosabbat emlitem és példával mutatom be, hogyan befolyásolják ezek az időjárás előrejelzések értelmezését.

A reprezentativitási heurisztika: Sok valószínűségi probléma olyan kérdésekre vonatkozik, amikor valamely egyed, esemény, osztály (A) egy nagyobb osztályhoz (B) való tartozásának valószínűségét kell megbecsülnünk. A reprezentativitáson alapuló heurisztika alapozza meg a jóslás pontossága és megbízhatósága iránti érzéketlenséget, ami abban mutatkozik meg, hogy egy adott minta reprezentációját hogyan használjuk fel a jövőbeni események értékelésére vonatkozólag. Mi ennek a jelentősége az időjárás kommunikációjában? A reprezentativitáson alapuló ítéletek az érvényesség illúziójával rendelkeznek, az így kialakult előítéletek rendkívül szívósak lehetnek. Ez a fajta előítélet számtalanszor tapasztalható a meteorológiai szolgáltató megválasztásakor, az egyes szolgáltatók által kiadott prognózisok megítélésekor.

A hozzáférhetőségi heurisztika: Ez a heurisztika arra vonatkozik, hogy egyes helyzetekben az események bekövetkezésének valószínűségét az emberek aszerint ítélik meg, hogy mennyire könnyen tudnak az adott eseményekre példákat felidézni. Ha megkérdezzük az utca emberét, valószínűleg mindenki azt fogja állítani, hogy az utóbbi időkben a zivatarok gyakorisága lényegesen megnőtt. Ezt a meteorológiai statisztika nem támasztja alá (bár arra utaló jelek vannak, hogy közülük több a heves zivatar, ami a klímaváltozás következményének tudható be). Miért érzik mégis ezt az emberek? A válasz egyszerű: a nyári zivataros félévben a bulvársajtót, a kereskedelmi televíziók híradóit megtöltik a viharokról szóló amatőr videók, tudósítások.

A rögzítési és kiigazítási heurisztika: Ennek a heurisztikának az a lényege, hogy az ítéletalkotó a feladat elvégzése során megragad valamilyen kezdő értéket, ebből indul ki és ehhez igazítja hozzá későbbi becsléseit, még akkor is, ha az érték irreleváns a vizsgált probléma szempontjából. A 70%-os valószínűséggel kialakuló zivatarok veszélyét az emberek sokkal nagyobbra értékelik, ha az előző napokban heves zivatarokat éltek át, mint hosszú, nyugalmas periódus után.

Van kiút?

A válasz: igen. Több lehetőség, egyben feladat vár ránk, hogy általánosan elfogadottá és használhatóvá tegyük a valószínűségi előrejelzéseket. Az egyik a valószínűségi előrejelzésekkel kapcsolatos hiányos ismeretek pótlása. A másik, hogy felhívjuk a figyelmet a fentebb említett torzítási mechanizmusok létezésére, hogy ezeket az akarunktól független hibákat a későbbiekben ne kövessük el. Harmadrészt a helyes kommunikációs technikák megválasztása. Ez egyrészt állhat az alternatív döntéselmélet helyes alkalmazásából az időjárás előrejelzések kommunikációjában. Egy ilyen jelenség pl. a keretezési hatás, amely azt írja le, hogy a megfogalmazással hogyan lehet manipulálni az embereket. Ha az előrejelző azt látja, hogy a másik fél egy bizonytalan, ámde potenciálisan nagy veszélyt hordozó időjárás szituációban vonakodik a döntést meghozni, akkor próbálja meg arra irányítani a figyelmet, hogy a védekezéssel elhárított kár és az időben meghozott döntés mekkora gyakorlati és eszmei nyereséget eredményez, ha az időjárás helyzet valóban bekövetkezik. A másik példa a megbánási elmélet alkalmazása, amely egészen egyszerű és az egészen hétköznapi időjárás jelentésekben is megvalósítható. Ha az időjós azt mondja a kamera előtt: „eső lesz”, sokkal kisebb hatást vált ki, mint ez a kijelentés: „ha nem viszünk ernyőt, bőrig ázunk”. Végül meg kell említeni, hogy az utóbbi években komoly kutatások folytak azzal kapcsolatban, hogy a valószínűségi előrejelzések outputjait hogyan lehet a mindennapok embere számára érthetővé, érzékelhetővé tenni. Ezek felhasználásával a Meteorológiai Világszervezet útmutatót készített, hogy segítse a valószínűségi előrejelzések használatának elterjedését (WMO 2008).

Irodalom

- Charles A. Doswell III., 2004: Weather Forecasting by Humans—Heuristics and Decision Making, Forecasters Forum. American Meteorological 19, 1115-1126.
- Engländer, T., 1999: Viaskodás a bizonytalannal. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Faragó K., 2002: A döntéshozatal pszichológiája. In: Zoltánné Paprika Zita (szerk): Döntéselmélet. Budapest. Alinea Kiadó. 2002.
- Faragó K., Móra L. X., 2006: A kalibráció kognitív megközelítése. Magyar Pszichológiai Szemle. 2006, 61, 3, 469-493.
- Götz G., 2004: Káosz a légkörben. Természet Világa 135. évfolyam, 11. szám, 2004.
- Peachey, J.A., D.M. Schultz, R.E. Morss, P.J. Roebber, and R. Wood, 2013: How forecasts expressing uncertainty are perceived by UK students. *Weather*, 68, 176-181.
- WMO (World Meteorological Organization), 2008: Guidelines on communicating forecast uncertainty. Technical document PWS-18 WMO/TD 1422; www.wmo.int.

EUMETSAT CLIMA-SAF SIS ADATOK ÉS FELSZÍNEN MÉRT GLOBÁLSUGÁRZÁS ÉRTÉKEK ÖSSZEHOSONLÍTÁSA

COMPARISON OF EUMETSAT CLIMA-SAF SIS DATA
WITH GROUND BASED GLOBAL RADIATION MEASUREMENTS

Dobi Ildikó¹, Kerényi Judit¹, Rusznyák Renáta², Molnár Zsófia¹

¹Országos Meteorológiai Szolgálat, dobi.i@met.hu.

²Eötvös Loránd Tudományegyetem

Abstract

Comparison of global radiation coming from satellites opposed to the surface measurements on different places are essential to study the larger macro scale processes, distributions and climate trends. Surface Incoming Shortwave Radiation (SIS) are prepared by the EUMETSAT Climate SAF Working Group. The first generation METEOSAT with MVIRI sensor detected data from 1983 to 2005, and NOAA-CLARA dataset measured by AVHRR sensor are available between 1982 and 2009. Monthly surface global radiation data for eight OMSZ stations were used for this study. Eger subregion was one of the studied sample area. A brief review of the literature summarizes the earlier results on this field. Initial results of monthly verifications are presented for the time period between January 2001 and December 2005. The study shows that differences between NOAA and MFG in summer are larger, than the rest of the seasons. MFG mostly overestimates, NOAA usually underestimates the surface measurements.

Keywords: global radiation, SIS data verification

Kulcsszavak: globálsugárzás, SIS adatok verifikációja

Globálsugárzás adatok

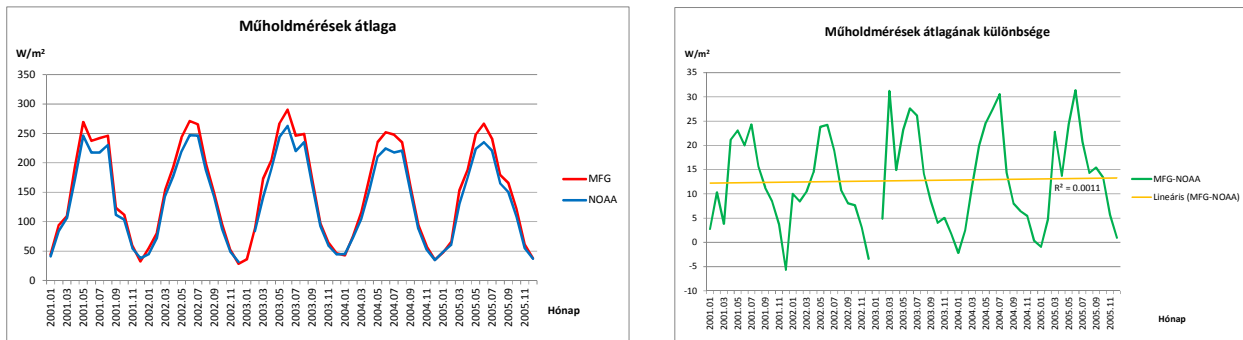
Az EUMETSAT (Meteorológiai Műholdak Hasznosításának Európai Szervezete) Éghajlat-megfigyelő Munkacsoportjának (CM-SAF) célja hosszú, ellenőrzött műholdas adatsorok és produktumok előállítását, melyek alkalmasak az éghajlat elemzésére és felhasználhatók klímaváltozással kapcsolatos kutatásokra.

A produktumok egyik csoportját a különféle sugárzási komponensek alkotják, melyek közül a felszínre érkező rövidhullámú sugárzást (SIS) használtuk a felszíni globálsugárzás vizsgálatához. Jelen feldolgozáshoz az első generációs Meteoros (MFG) geostacionárius műhold, MVIRI szenzor méréseiből előállított havi értékeket használtuk fel, melyek felbontása 3*3 km, a teljes adatsor 23 év hosszúságú (1983.01-2005.12). A poláris műholdak adatai szintén elérhetők a CM-SF adatbázisában. A NOAA-METOP műhold AVHRR szenzor SIS adatai 25 km*25 km-es rácsponti értékek, melyek jelenleg 1982.01-2009.12 között állnak rendelkezésre. A felszínre beérkező rövidhullámú fluxus (SIS) előállításához a 0,2-4,0 µm légköri átbocsátási tényezőt és a műhold által közvetlenül mért visszaverődés értékét használja fel az algoritmus. Az átbocsátási tényező számított adat, amely az albedót, a sugárzási modellen keresztül az aeroszol optikai mélységet, az ózon és a vízgőz mennyiségét is figyelembe veszi (Sancho et al, 2013).

Az OMSZ mérőhálózatában Magyarország negyven városában végez nemzetközi előírásoknak megfelelő módon, rendszeresen kalibrált műszerekkel sugárzásméréseket. Ezek közül az összehasonlításhoz a nyolc legmegbízhatóbb állomás (Debrecen, Szeged, Eger, Kecskemét K-pusztá, Budapest-Lőrinc, Nagykanizsa, Győr, Baja) adatait használtuk fel. Olyan időszakot választottunk, amelyhez mindhárom adatsor egyaránt rendelkezésre állt, vagyis 2001.01-2005.12 között végeztük el az elemzéseket.

Műholdas mérések összehasonlítása

Elsőként megvizsgáltuk a két műhold méréseinek egymáshoz viszonyított értékeit. A vizsgált időszakban a geostacionárius műhold átlagosan nagyobb értékeket regisztrált az állomásokra az év nagy részében, mint a kvázipoláris hold (1.a. ábra). A műholdak összehasonlításához az állomások értékeinek átlagát számoltuk ki az egyes hónapokra a különböző műholdak eredményei alapján, majd ezeknek a különbségét vettük. A vizsgált időszakban a különbség alakulásában kirajzolódik egy csekély mértékű növekvő trend (1.b. ábra), amelyben télen kisebb, nyáron nagyobb és időben növekvő mértékű a különbség.



1. ábra. A műholdak havi sugárzás (SIS) idősorai a 2001-2005 közötti időszakban (a), valamint a két műholdas mérés különbsége (b)

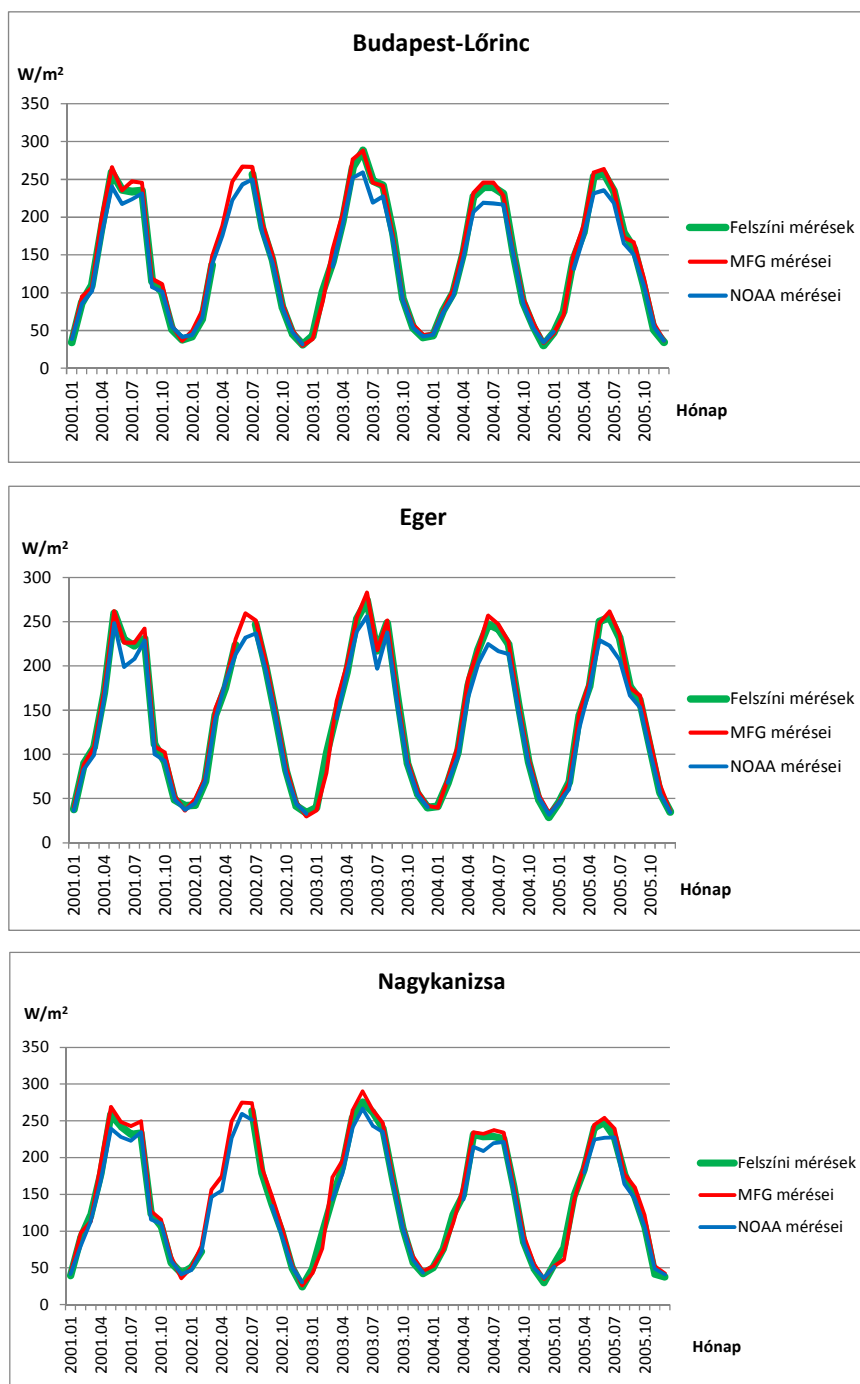
Figure 1. Monthly time series of SIS data between 2001.01-2005.12 (a), and their differences (b)

Műholdas adatok validálása felszíni mérésekkel

Ezt követően a műholdas méréseket összevetettük a felszíni mérésekkel. Az adott időszakban a geostacionárius műhold legtöbbször felülbecsli, a kvázipoláris műhold pedig alulbecsli a felszíni sugárzásmennyiséget. Az eltérések éven belüli eloszlása sem egyenletes. A legnagyobb eltérés nyáron, június-július hónapban jelentkezett, a legkisebb december-január környékén. A legnagyobb különbség a műholdas méréseknél az Egerre vonatkozó adatok között található, a két érték közti különbség $38,7 \text{ W/m}^2$ volt (2005. júniusban). A legkisebb eltérések a nagykanizsai és a győri adatsorban találhatóak, mindössze $0,01 \text{ W/m}^2$, az első eset egy 2001. márciusi mérésből származik, a második pedig 2004. február hónapjának sugárzásméréséből. Szintén elhanyagolható a mérési különbség 2004. januárban, Kecskemét K-Puszta sugárzásértékénél ($0,02 \text{ W/m}^2$). Az adatok feldolgozása után megállapítható, hogy az összes mérést figyelembe véve mind a nyolc állomásra (összesen 376 esetben) mért magasabb értéket a Meteosat, mint a NOAA, 29 esetben azonban a relációjel megfordult.

A műholdas sugárzásmérések felülről detektált, adott területre vett átlagértéket ad meg, ezért jellegében eltér a felszín közelében mért, diszkrét pontszerű megfigyelésektől. Az adatok vizsgálatából megállapítható, hogy a különböző műholdak által mért és a felszínen megfigyelt értékek hasonlósága az év nagy részében (nyár kivételével) mutatkozik meg. Jellemzően a geostacionárius műhold mért adatai nagyobbak, a NOAA műholdé pedig kisebbek a felszíni adatoknál, ezeknél az eltérés gyakran 10 W/m^2 -nél kisebb mértékű. Ezt illusztrálja a 2. ábra.

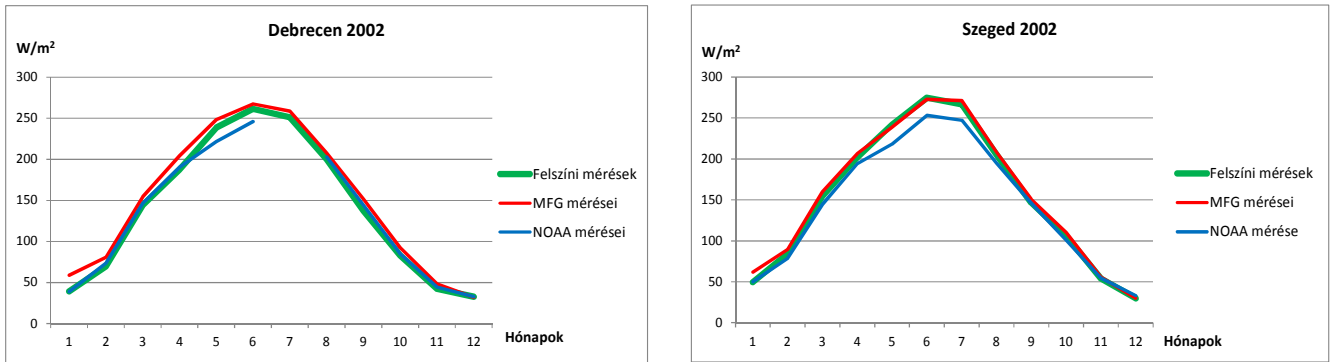
A vizsgált adatoknál a NOAA adatsora több helyen hiányos, az MFG adatai ezzel szemben hiánytalanok. A felszíni mérések között is előfordul olyan hónap, amelyről nincs információnk, a hiányok figyelembe vételével három állomást: Budapest-Lőrincet, Egert és Nagykanizsát elemeztük. A mérések során a legnagyobb eltérések a nyári hónapokra adódtak, ekkor rendszerint a Meteosat műholdja mérte a legnagyobb értéket, a NOAA műhold a legalacsonyabbat, a felszíni mérés eredménye pedig a kettő között helyezkedik el a felhozott példák alapján, és ezek mind a nyolc állomásra nézve hasonlóan alakultak. A legnagyobb különbség a MFG és a felszíni értékek között $31,96 \text{ W/m}^2$, ez a 2003. év márciusában adódott, ekkor volt a legnagyobb különbség a nyolc állomásra vett eltérések átlagában is ($22,24 \text{ W/m}^2$), a leggyakoribb magas értékek átlagosan 10 és 20 W/m^2 között ingadoztak. A NOAA műhold és a felszíni értékek között nagyobbak az eltérések a nyári időszakban, mint az MFG-hez viszonyított eltérés. 2005 júniusában Baján $32,48 \text{ W/m}^2$ -rel kevesebb sugárzást mért a kvázipoláris műhold, mint a felszíni sugárzásmérő. A mért értékek $269,84$ és $237,36 \text{ W/m}^2$ voltak. A legnagyobb átlagos eltérés is szintén ekkor a legnagyobb: $26,65 \text{ W/m}^2$. A vizsgált időszak nyári hónapjaiban az átlagos eltérés a legtöbb esetben meghaladta a 20 W/m^2 értéket. A NOAA Kecskeméten $16,24 \text{ W/m}^2$ -rel nagyobb értéket regisztrált 2003. augusztusban, mint a felszíni állomás. Ez a legnagyobb eltérés azoknál az adatoknál, amelyek esetében a kvázipoláris műhold mért nagyobb értéket. 2001 és 2005 között mindössze 94 alkalommal adott magasabb értéket a műhold a 8 állomásra, szemben a 229 esettel, amikor ennek értéke a felszínen regisztrált érték alatt volt.



2. ábra. A különböző sugázmérések idősorai Budapest-Lőrincen, Egerben és Nagykanizsán

Figure 2. Time series of global radiation measurements for Budapest-Lorinc, Eger and Nagykanizsa

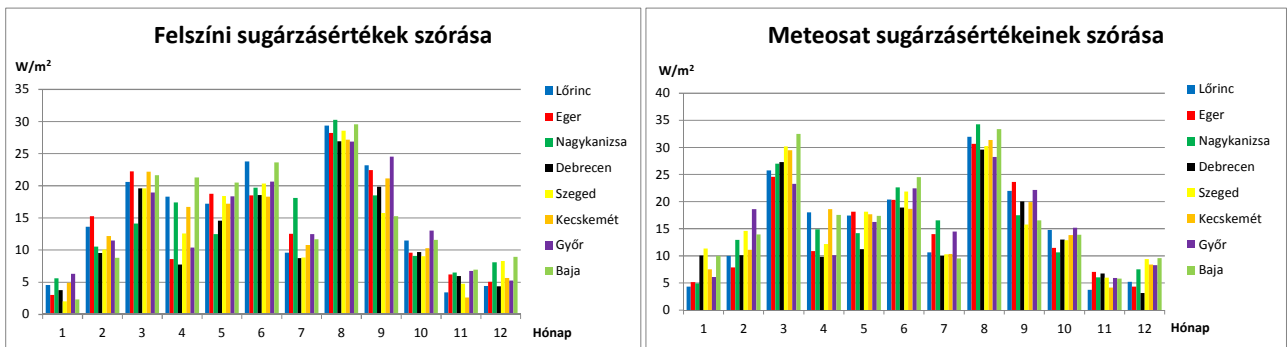
Az éven belüli sugázmérések eloszlása a következő ábrából (3. ábra) jobban kivehető. Példaként a debreceni és a szegedi mérések 2002-es alakulását mutatjuk be. Ezeknek a felszíni és Meteosat adatsorai hiánytalanok. Debrecen 2002-es sugázmennyiségének eloszlásában jól követhető az MFG magasabb, illetve a NOAA alacsonyabb mérései nyáron. Ezen állomás esetében a kvázipoláris műhold egészen a 4. hónapig, majd a 8. hónaptól ismét nagyobb értékeket mért a felszíni állomások értékeinél, az alacsonyabb értékek kifejezetten a késő tavaszi, nyári hónapokra koncentrálnak. Szegednél már a jellemző futás látszik, amikor a NOAA csak a téli hónapokban mér nagyobb értékeket. A Meteosat és a felszíni mérések viszont végig közel haladnak egymáshoz, és nyáron el is távolodnak a NOAA értékgörbétől.



3. ábra. Párhuzamos sugárzásmérések Debrecenben és Szegeden 2002-ben

Figure 3. Parallel radiation measurements in Debrecen and Szeged (2002)

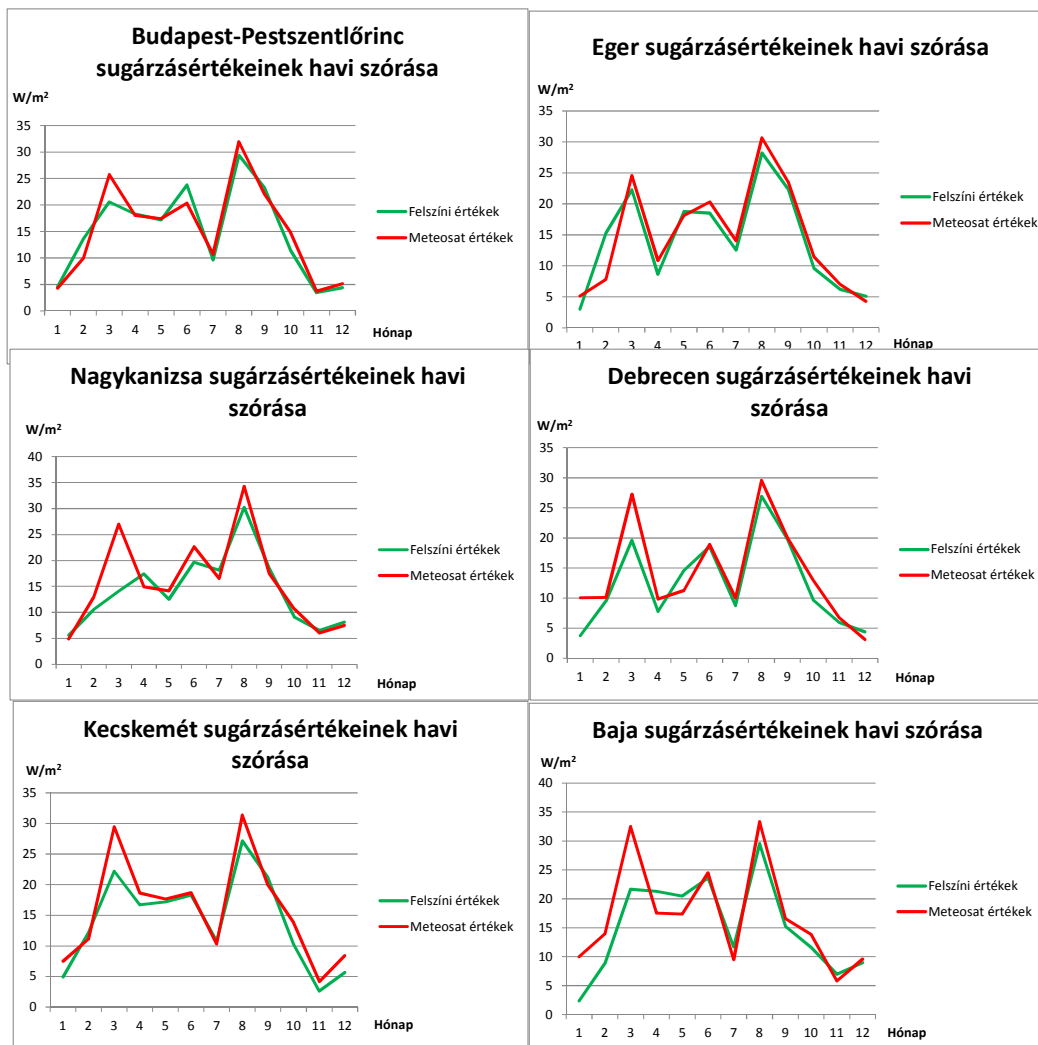
A további elemzésekhez a Meteosat műhold adatokat választottuk, mert az ismertetett elemzések szerint jobban megközelítik a vizsgált időszakban a felszíni méréseket és hiánytalan az adatsora. A felszíni sugárzási értékek szórását a 4.a. ábra illusztrálja. A szórás értékei a különböző állomások esetében a januári, augusztusi és október-decemberi hónapokban hasonló, néhány W/m^2 -es eltérésekkel, még júliusban is, itt azonban a nagykanizsai érték elkülönül a többitől, magasabb szórásértékeket mutatva. Ennél az állomásnál a március és május hónap szórása a legkisebb az összes állomás között. Egy másik szembetűnő eset, a Baja szórását jellemző oszlop. Itt a január, február, szeptember hónapokban a legalacsonyabb szórású állomások közé tartozik, míg márciustól egészen augusztusig a legnagyobb szórásúak között van, ezen belül is az április, május és június értékei a legmagasabb értékeket mutatják.



4. ábra. A felszíni (a) és a Meteosat (b) sugárzásmérések értékeinek szórása a 8 állomásra

Figure 4. Variations of surface and Meteosat radiation data for 8 stations

A 4. b. ábra a Meteosat sugárzásértékeinek szórását mutatja be szintén a 8 állomásra, mind a 12 hónapra külön megvizsgálva. Itt a nagykanizsai érték a 7-8. hónapokban magasabb értékeket vesz fel, mint a többi állomás szórása, legalacsonyabb értékű az 1. és 10. hónapokban. A debreceni érték itt is ugyanúgy, mint a felszíni értékek között, a 4. és 12. hónapokban mutatja a legkisebb értékeket, azonban a műhold szórásértékeinél májusban is a legalacsonyabb, és júniusban szintén az alacsony értékűek között van. Baja, hasonlóan a felszíni szórásértékekhez, itt is bizonyos hónapokra a legalacsonyabb, másokra pedig a legmagasabb értékeket adja. Kiemelkedő a márciusi, júniusi, augusztusi és decemberi magas érték és a júliusi és szeptemberi alacsony érték.

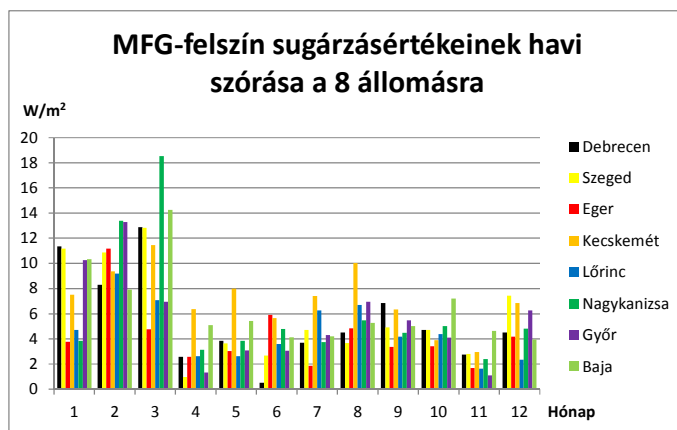


5. ábra. Sugárzásértékek havi szórása állomásonként

Figure 5. Monthly variances of global radiation by stations

A műholdas és felszíni adatok szórásait állomásonként is megvizsgáltuk (5. ábra). A szórások maximuma minden esetben augusztusban adódott, a másodmaximum pedig márciusban. Nyilvánvalóan a felszíni mérések pontossága nagyobb, ezzel összefüggésben lehet, hogy – néhány kivételtől eltekintve – a műholdas adatok változékonysága bizonyult nagyobbaknak. Az Egerre vonatkozó szórás adatok mutatják a legnagyobb hasonlóságot a vizsgált állomások közül. A szórásgörbék szinte minden hónapban együtt haladnak, néhány W/m^2 eltéréssel, a februári adatok szórásában azonban jelentős a különbség. Ekkor a felszíni értékek szórása $7 W/m^2$ -rel is meghaladja a műholdas értékek szórását.

A Meteosat és a felszíni sugárzásérték különbségének szórását a 6. ábra mutatja. A legnagyobb eltérést Nagykanizsánál, a legkisebb Debrecennél adódott.



6. ábra. Az MFG műholdas és a felszínen mért sugárzás eltéréseinek havi szórása a 8 állomásra

Figure 6. Differences between MFG and surface measurement for the 8 stations

Összefoglalás

A vizsgálatok során elsőként a geostacionárius és a kvázipoláris műholdak sugárzásmennyiség méréseit hasonlítottuk össze a 2001. január és 2005. december közötti időszakra vonatkozóan. A műholdmérések összehasonlítása alapján megállapítottuk, hogy a legnagyobb eltérések a vizsgált évek nyári időszakában fordultak elő, ekkor a Meteosat havi sugárzásmennyiség mérései néhányszor tízes nagyságrenddel felülmúlták a NOAA által regisztrált sugárzásmennyiséget. A geostacionárius műhold az évek legnagyobb részében magasabb globálisugárzás mennyiséget mért, mint a kvázipoláris műhold, azonban a Meteosat mérései alapján a téli hónapokban a kiválasztott állomásokra kevesebb sugárzás jutott, mint amennyit a NOAA detektált. Az eltérés a műholdak mért értékei között az idő folyamán némileg nőtt. A műholdas és felszíni mérések összehasonlítása alapján a Meteosat rendszerint több, a NOAA pedig kevesebb sugárzásmennyiséget regisztrált a felszíni állomásokra, mint amennyi a felszínen mért sugárzásérték volt. A felszíni és műholdas sugárzásértékek eltéréseinek időbeli változásainak vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy a NOAA műhold eltérése a vizsgált időintervallumban nagyobb mértékben növekszi, mint a Meteosat eltérése. Az egyértelmű növekedés azonban nem állapítható meg a felhasznált adatsor rövidege miatt. A szórások változása éves menetet mutat, a műholdas mérések szórás jellemzően nagyobb, mint a felszín közeli méréseké.

Köszönetnyilvánítás: A kutatást részben a TÁMOP-4.2.2-11/1/KONV-2012-0016 támogatta.

Irodalom

- Sancho J., M.C. Sánchez, C. Jiménez, 2013: Comparison of ground based global radiation measurements from AEMET radiation network with SIS (surface incoming shortwave radiation) from climate monitoring-SAF, on EUMETSAT conference, 2010 Cordoba, Spain.
- Meteosat (MVIRI) Solar Surface Irradiance and effective Cloud Albedo Climate Data Sets, Product User Manual. EUMETSAT Satellite Application Facility on Climate Monitoring, 2013.
- Pátkainé Rusznyák Renáta, 2014: EUMETSAT CM-SAF sugárzás produktumok validálása felszíni globálisugárzás adatokkal (BSc szakdolgozat).

CSAPADÉKINDEXEK VÁRHATÓ TRENDJEI KÖZÉP-KELET-EURÓPÁBAN AZ ENSEMBLES SZIMULÁCIÓK KORRIGÁLT NAPI CSAPADÉKÖSSZEGEI ALAPJÁN

PROJECTED TRENDS OF PRECIPITATION INDICES IN CENTRAL/EASTERN EUROPE USING BIAS-CORRECTED DAILY PRECIPITATION OF THE ENSEMBLES SIMULATIONS

Kis Anna, Pongrácz Rita

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék;
kisanna@nimbus.elte.hu

Abstract

Climate change does not only mean higher temperature values, but more frequent and more intense extreme weather events as well. In this study precipitation tendencies and extreme precipitation are analysed for Central/Eastern Europe (43.625–50.625°N; 13.875–26.375°E), for 1951–2100. We used daily outputs of 11 regional climate model simulations from the ENSEMBLES project with 25 km horizontal resolution for the A1B emission scenario. In order to eliminate the systematic errors of the model simulations, a percentile-based bias-correction method was applied; for which the E-OBS database (1951–2000) served as reference. After the correction precipitation-related indices and the 10-year return period of daily precipitation were calculated for nine subregions in the selected domain. Our results suggest that in winter and autumn more precipitation days and more extreme precipitation are likely to occur, mainly in the northern regions, while in summer drier conditions are estimated, especially in the southern parts of the selected domain. Precipitation intensity is projected to increase in all seasons.

Keywords: precipitation-related indices, return period, extreme precipitation, bias-correction, climate change, regional climate models

Kulcsszavak: csapadékindexek, visszatérési idő, extrém csapadéktevékenység, hibakorrekció, éghajlatváltozás, regionális klímamodellek

Bevezetés

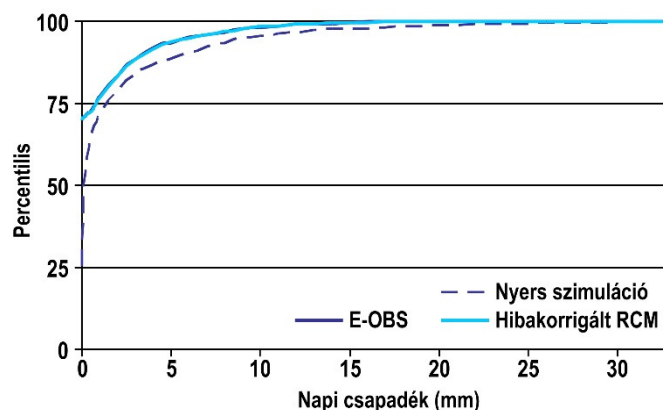
A Föld éghajlata állandóan változik természetes folyamatok hatására, ám a XX. század közepe óta eddig nem tapasztalt gyorsasággal növekszik a globális átlaghőmérséklet – amelyért nagyrészt az antropogén tevékenység felelős. Az éghajlatváltozás azonban nem csupán magasabb hőmérsékleti értékekkel jár: napjainkban egyre gyakoribbá válnak a szélsőséges időjárási események (heves záporok, zivatarok, tartós aszályok, hóhullámok) is (IPCC 2011), amelyek számos környezeti-, gazdasági-, természeti- és egészségügyi kárt okozhatnak. Annak érdekében, hogy az elkövetkező évtizedekben megfelelő alkalmazkodási stratégiákat dolgozhassunk ki, rendkívül fontos, hogy minél pontosabban becsüljük a jövőben várható trendeket. Dolgozatunkban a csapadékot vizsgáljuk, amelynek túlzott hiánya vagy többlete jelentős károkat okozhat aszályok, árvizek, belvizek formájában. Kutatásunk során a napi csapadék visszatérési idejét, valamint csapadékindexeket elemzünk az 1951–2100 időszakra vonatkozóan a Kárpát-medence régiójára fókuszálva.

Felhasznált adatok és alkalmazott módszerek

A csapadéktendenciák elemzéséhez 11, az ENSEMBLES projekt (van der Linden, Mitchell 2009) keretében előállított regionális klímamodellek napi csapadékmérőit használtuk fel. Nyolc regionális klímamodell (RCM; ALADIN, CLM, HadRM3Q, HIRHAM, RACMO, RCA3, RegCM, REMO) szerepel vizsgálatunkban. Ezek közül két RCM-et több globális modellel (GCM) is meghajtottak, így valójában 11 szimuláció állt rendelkezésünkre. A modellek egységesen 25 km-es horizontális rácsfelbontással rendelkeznek és a közepesnek tekinthető A1B szcenáriót (Nakicenovic, Swart 2000) alkalmazzák. A kezdeti- és peremfeltételeket három különböző GCM szolgáltatta: a német ECHAM, a brit HadCM és a francia ARPEGE.

1. ábra. A megfigyelt adatsor, a nyers és a korrigált szimulációk empirikus eloszlásfüggvényei, 1951–2000 (RACMO modell januári szimulációja alapján, 47,625°N; 19,125°E)

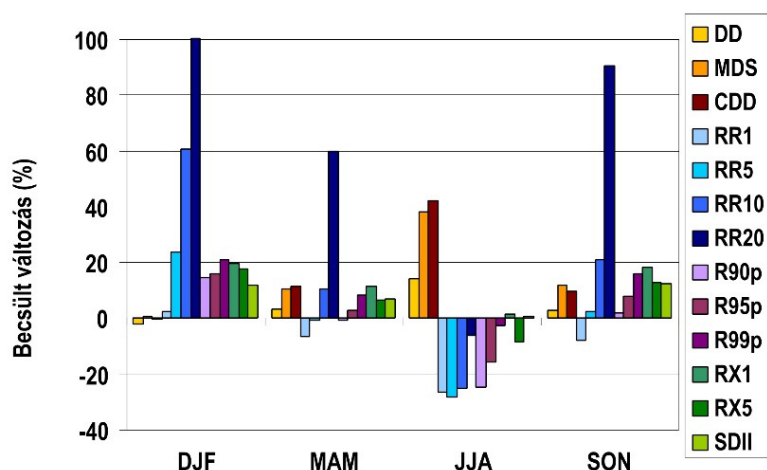
Figure 1. Empirical distribution functions of the observed data, the raw and the bias-corrected simulations, 1951–2000 (based on RACMO simulation for January at grid cell 47,625°N; 19,125°E)



Mivel az éghajlat egy rendkívül összetett rendszer, az RCM-szimulációk outputjai gyakran eltérnek a mérésektől: Magyarországon nyáron felül-, a többi évszakban pedig alulbecslés tapasztalható (Pongrácz et al. 2011). Annak érdekében, hogy ezeket az eltéréseket kiküszöböljük, elsőként hibakorrekciót (Formayer, Haas 2009) végeztünk el a modellekből kapott éghajlati mezősorokon. Referenciaként az állomási mérések felhasználásával készült E-OBS adatbázis (Haylock et al. 2008) szolgált (1951–2000). Mivel két adathalmaz statisztikai szempontból közel egyezőnek tekinthető, ha eloszlásuk megegyezik, a modelloutputok eloszlásfüggvényét az E-OBS eloszlásfüggvényéhez igazítottuk (1. ábra). Az igazítás ún. multiplikatív korrekciós faktorok alkalmazásával történt havonta, rácspontonként és modellenként. A korrekció elvégzése után a modelleredmények által kirajzolt eloszlásfüggvény már az E-OBS eloszlásfüggvényéhez illeszkedik.

Eredmények

A hibakorrekció elvégzése után kiszámítottuk a napi csapadék 10-éves visszatérési idejét és a csapadékindexek várható változását a 2021–2050 és a 2071–2100 időszakokra, Közép-Kelet-Európa (43,625–50,625°N; 13,875–26,375°E) térségére. A szárazságra három indexet (DD: száraz napok száma; MDS: egymást követő száraz napok átlagos száma; CDD: egymást követő száraz napok maximális száma), és a csapadék intenzitására vonatkozóan is három indexet (RX1 és RX5: egy, illetve öt nap alatt lehullott maximális csapadékmennyiség; SDII: csapadékos napokon lehullott átlagos csapadékmennyiség) vizsgáltunk. Ezeken kívül további négy, egy-egy küszöbérték meghaladásával kapcsolatos indexet: RR1, RR5, RR10 és RR20 (az 1, 5, 10 és 20 mm-nél nagyobb csapadéku napok száma), valamint a napi csapadék 90., 95. és 99. percentiliséit (R90p, R95p, R99p) is meghatároztuk. A 2. ábrán mutatjuk be a csapadékindexek XXI. század végére becsült változásait a teljes vizsgált területre vonatkozóan. A szimulációk szerint a jövőben szárazabb nyarakra számíthatunk majd: a DD 14%-kal, az MDS 38%-kal, a CDD 42%-kal fog átlagosan növekedni térségünkben.

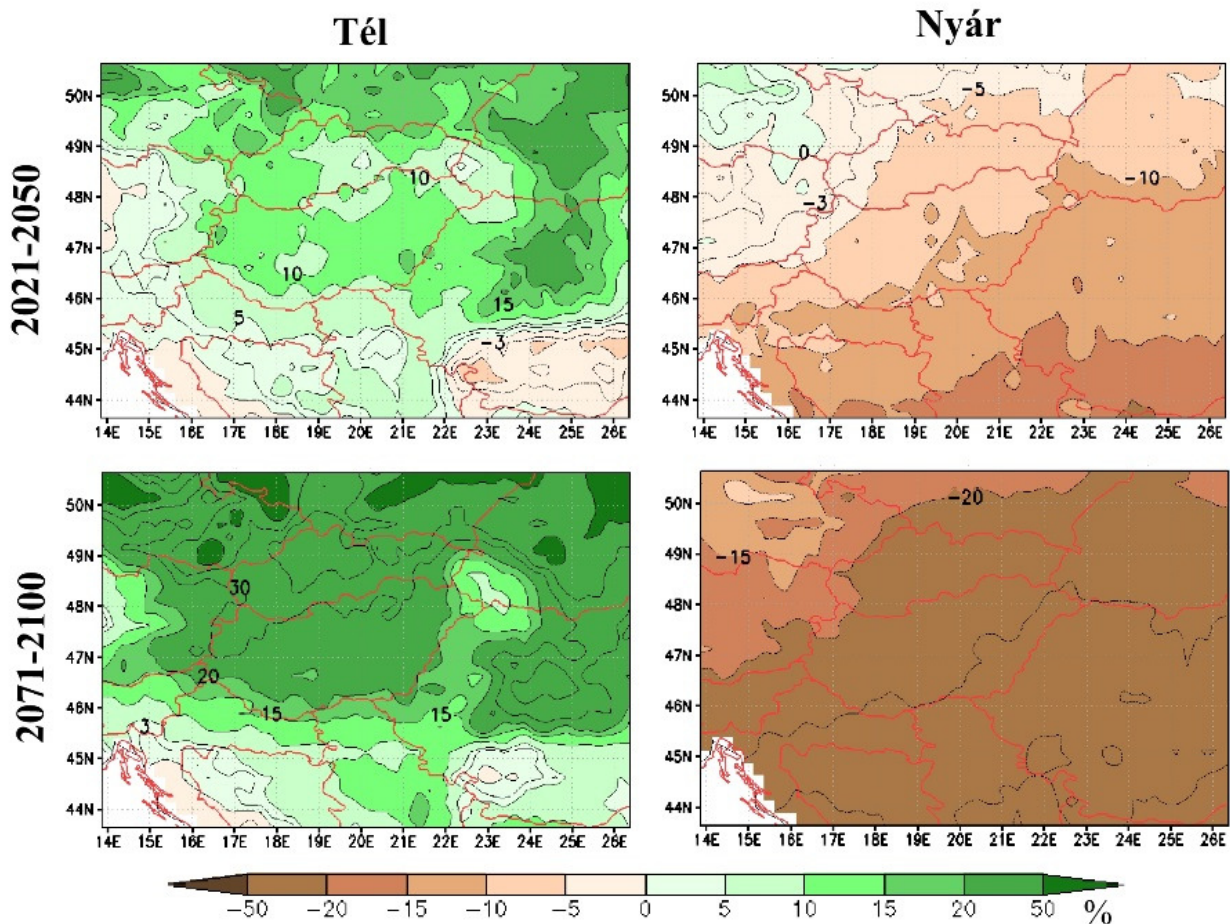


2. ábra. A vizsgált csapadékindexek 2071–2100 időszakra várható átlagos évszakos változása a teljes vizsgált területen [referencia időszak: 1961–1990]

Figure 2. Estimated average seasonal changes of the selected precipitation indices for 2071–2100 in the entire domain [reference period: 1961–1990]

Az átmeneti évszakokban szintén szárazabb éghajlati viszonyok valószínűsíthetők (CDD esetén 10–11%-os növekedés), míg télen a teljes terület átlagát tekintve nem várható jelentős módosulás. Az RR1 és az RR5 értékei a tél kivételével minden évszakban csökkenni fognak. Az extrém csapadéktevékenység azonban (RR10, RR20, R90p, R95p, R99p) várhatóan növekedni fog, elsősorban télen és ősszel (RR10 átlagos növekedése télen 61%), míg nyáron, a délebbi területeken csökkenés valószínűsíthető (az átlagos csökkenés a teljes területen 25%). Tehát a XXI. század végére intenzívebb csapadéktevékenység várható, hiszen kevesebb napon nagyobb mennyiségű csapadék fog egyszerre lehullani. Ezt alátámasztja az SDII várható változása is: minden évszakban növekedés becsülhető, akárcsak az RX1 értékeiben. Az RX5 szintén növekedni fog, csupán nyáron valószínűsíthető csökkenés. A változások térbeli szerkezetét tekintve arra a megállapításra juthatunk, hogy a vizsgált terület északi régióiban az éghajlat nedvesebbé, míg délen szárazabbá fog válni a modellszimulációk szerint.

Az RR5 ($R_{nap} \geq 5$ mm) és az RX5 ($R_{max,5nap}$) várható változását részletesebben is bemutatjuk két évszakra (tél és nyár) vonatkozóan (rendre a 3. és a 4. ábrán). A 11 hibakorrigált szimuláció szerint a XXI. század végére egyértelműen markánsabb változások várhatók, mint a század közepére.



3. ábra. Kompozit térkép az RR5 index télen és nyáron várható relatív változásáról [%]

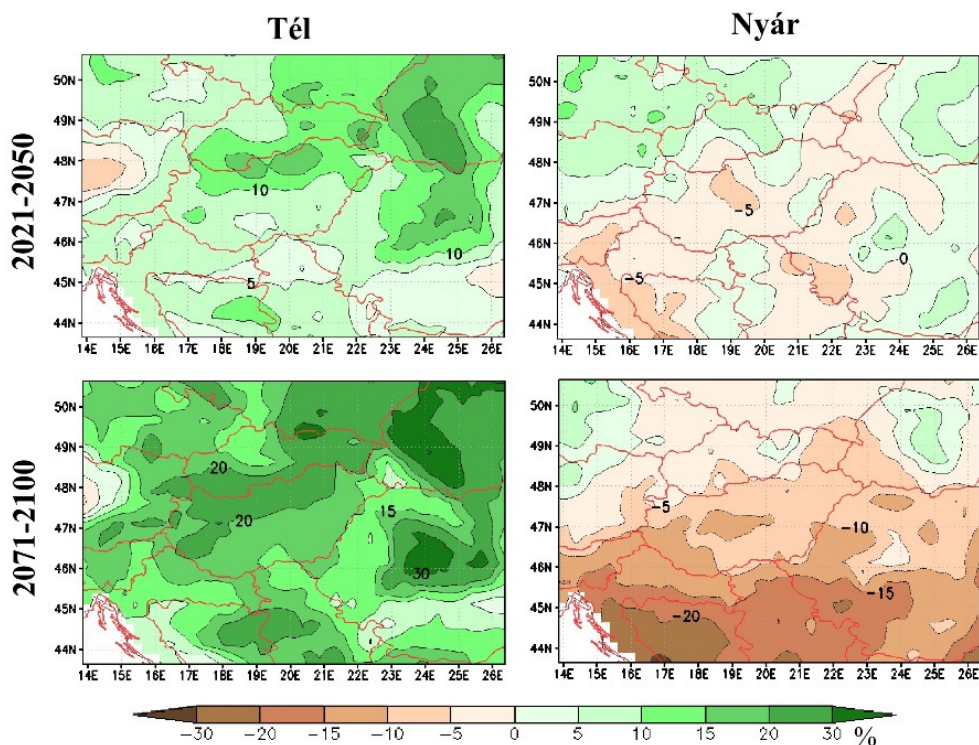
2021–2050-re és 2071–2100-ra a 11 RCM-szimuláció meghajtott GCM-enként súlyozott átlaga alapján [referencia időszak: 1961–1990]

Figure 3. Composite maps of the projected changes [%] of RR5 in summer and winter, for 2021–2050 and 2071–2100 based on driving GCM-weighted 11 RCM-simulations [reference period: 1961–1990]

Az 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok száma télen várhatóan több lesz térségünkben (2021–2050-re átlagosan 9%-kal, 2071–2100-ra átlagosan 24%-kal), elsősorban az északi régiókban, Magyarországon és Románia középső részén (3. ábra). Nyáron azonban jelentősebb csökkenés valószínűsíthető az RR5 értékeiben (a becsült átlagos változás a teljes területen 2021–2050-re –9%, 2071–2100-ra –28%). Ebben az évszakban jól megfigyelhető az ÉNy-DK tengely menti gradiens: a várható átlagos változás a század végére DK-Csehországban, Magyarországon és Romániában rendre –15%, –28% és –36%.

Az öt nap alatt lehullott maximális csapadékmennyiség is hasonló szerkezetű változásokat mutat (4. ábra), mint az RR5 várható változására vonatkozó térképek. Télen növekedést becsülnek a modellek (a XXI. század végére átlagosan 18%-ot), amely várhatóan a legnagyobb (20–30%) mértékű hazánk északi részén, Románia középső területein és DNy-Ukrajnában lesz. Nyáron a közelebbi jövőben K-Ausztriában, Szlovákiában, Románia keleti felén, valamint DNy-Ukrajnában is az RX5 növekedése várható, ám 2071–2100-ra már csökkenő tendencia dominál a teljes vizsgált területen (átlagosan –9%), Csehország és Ukrajna egyes részeit kivéve.

A 2. ábrán láthattuk, hogy a csapadék intenzitására utaló indexek várhatóan minden évszakban növekedni fognak. Az RX5 értékeiben azonban nyáron csökkenés valószínűsíthető, hiszen a csapadéktevékenység ebben az évszakban elsősorban konvektív eseményekhez kötődik, amelyek jellemzően rövid életűek, nem maradnak fenn több napon keresztül.



4. ábra. Kompozit térkép az RX5 index télen és nyáron várható relatív változásáról (%)

2021–2050-re és 2071–2100-ra a 11 RCM-szimuláció meghajtott GCM-enként súlyozott becslései alapján (referencia időszak: 1961–1990)

Figure 4. Composite maps of the projected changes (%) of RX5 in summer and winter, for 2021–2050 and 2071–2100 based on driving GCM-weighted 11 RCM-simulations (reference period: 1961–1990)

Összefoglalás

Különböző csapadékindexeket vizsgáltunk az 1951–2100 időszakra, Közép-Kelet-Európa térségére vonatkozóan. A szimulációk mérésektől vett eltéréseinek mérséklése érdekében elsőként percentilis-alapú hibakorrekciót hajtottunk végre a nyers modelloutputokon. Eredményeink szerint hazánkban és a környező országokban a XXI. század végén gyakoribb lesz az extrém csapadéktevékenység, elsősorban télen és ősszel az északi régiókban. A jövőben nyáron szárazabb éghajlati viszonyok valószínűsíthetők, amely a vizsgált terület déli részén lesz a legjelentősebb a modellbecslések szerint. A csapadék intenzitása várhatóan minden évszakban növekedni fog.

Köszönetnyilvánítás. Kutatásainkat támogatta az OTKA K-78125 számú pályázata, valamint a FuturICT.hu TÁMOP 4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013 kutatási pályázat. A felhasznált RCM-szimulációkat az ENSEMBLES projekt (<http://ensembles-eu.metoffice.com>, 505539) keretében állították elő, melyet az EU FP6 program támogatott. Az E-OBS adatbázis alapját képező állomási adatokat az ECA&D projekt (<http://eca.knmi.nl>) bocsátotta rendelkezésre.

Irodalom

- Formayer, H., Haas, P. 2009: Correction of RegCM3 model output data using a rank matching approach applied on various meteorological parameters. In: Deliverable D3.2 RCM output localization methods (BOKU-contribution, FP 6 CECILIA project) 11p.
- Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M. 2008: A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *J. Geophys. Res.*, 113, 12p. D20119, doi:10.1029/2008JD010201.
- IPCC 2011: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Dahe, Q., Dokken, D.J., Plattner, G-K., Ebi, K.L., Allen, S.K., Mastandrea, M.D., Tignor, M., Mach, K.J., Midgley, P.M. eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 582p.
- Linden, van, der, P., Mitchell, J.F.B. 2009: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. 164p.
- Nakicenovic, N., Swart, R., eds., 2000: Emissions Scenarios. A special reports of IPCC Working Group III. Cambridge University Press, UK. 570p.
- Pongrácz R., Bartholy J., Miklós E. 2011: Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 9, 387–398.

KÍSÉRLET A VÁROSI SZÉLMEZŐ MODELLEZÉSÉRE DEBRECENI MINTATERÜLETEN

TEST TO MODELLING URBAN WIND FIELD IN DEBRECEN

László Elemér, Bíróné Kircsi Andrea

Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszék
laszlo.elemer@science.unideb.hu

Abstract

Characterising the wind field of a city is extremely difficult because the surface is very complex due to the presence of buildings and other obstacles. Numerical methods use simplified building models to determine the average pattern of the wind field, however, such models can be used generally in the case of small parts of the city. One of the most widespread method is the CFD model, e.g. OpenFOAM, URBANWIND. For our study a dynamic model developed for city environment was applied. Models were calculated for the area of the Campus at Egyetem tér in the northern part of Debrecen using the ENVI-met model. The wind field among the buildings was drawn assuming winds of known velocity from four major directions. Results may give the basis of future air quality or energetic analyses.

Keywords: urban windfield, ENVIMET model, Debrecen

Kulcsszavak: városi szélmező, ENVIMET, Debrecen

Bevezetés

A városi környezet vizsgálata, azon belül a klimatikus jellemzők számszerűsítése napjainkban népszerű kutatási terület. Az empirikus, leíró jellegű kutatások (Szegedi et al. 2013) egy-egy paraméter, például a hőmérsékleti mező térképezésével kívánja feltárni a városban megjelenő klímajelenségeket. Jelenlegi feladatunk, hogy beépített területen tegyünk kísérletet a szélmező tulajdonságainak feltárására. Tapasztalat, hogy a városi változatos felszíni tulajdonságok számos térskálán képesek kimutatható eltérést produkálni a városon kívüli területekhez képest. Persze még egy kisebb város mikro-, mezoléptékű klimatológiai folyamatainak vizsgálata sem könnyű feladat, hiszen gyakran a pontszerű mérések térbeli kiterjesztheségét a domborzat mellett az épületek és főként a fásszerű növényzet által befolyásolt felszíni érdesség részletes leírása szab korlátot (Gál T., Unger J. 2006). Az érdességet gyakran nem számszerűsítik, leírása gyakran a domborzattal együttesen, felületmodellel történik. Egy síkvidéki város esetén, mint amilyen Debrecen is, a domborzat elhanyagolható hatással van a légmozgásokra. Az épületek összefüggő tetőszintje és magas növények által alkotott, az alkalmazott felbontásnak megfelelő területre átlagolt „felületet” használhatjuk a légmozgások feltérképezése során. Ebben a megközelítésben az épületek közötti terek, az utcák eliminálódnak, melyek nyilván hatással vannak a talajközeli légmozgások irányára, sebességére.

El kell fogadnunk, a városi környezet numerikus módszerekkel történő modellezése több szempontból is korlátokba ütközik. A felszín-növény-légkör kapcsolatrendszer szimulálása nem csak a természetes, hanem az épített környezetben egy CFD elven működő modell esetén elsősorban a térbeli korlátok miatt nehéz. A jelenleg használható, kifejezetten városi környezetre fejlesztett CFD numerikus modellek pl. OpenFOAM, URBANWIND, ENVI-met csak mikroléptékű megközelítést képesek alkalmazni (Bruse, M., And Fleer, H. 1998; Bruse, M. 2004), azaz csupán egy – egy épület közvetlen környezetére koncentrálnak. Természetesen a mikroléptékű elemzésre tervezett modellek a környezetet egyszerűsítve kezelik, az épületek és a növények itt is gyakran kockákból épülnek. Belátható, hogy még egy kisebb város teljes területének modellezésére sem vállalkozhatunk. A minden részletre kiterjedő, aprólékos megközelítés nagy területre alkalmazva olyan hatalmas számítási igényt generál, amely komoly kihívást jelent, a modern szuperszámítógépek, a HPC technika számára is. A modellezhető terület nagyságát tehát érdemes úgy megválasztani, hogy a numerikus modell eredményei mégis alkalmasak legyenek olyan várostervezési döntések meghozatalára, amely a kutatások gyakorlati felhasználhatóságát alapozzák meg (Erell et al. 2011).

A városi szélmező feltárásának igénye felmerülhet új, magas épületek statikai tervezésekor a szélnyomás nagyságrendjének becsléséhez, vagy a levegőminőséget meghatározó szennyező anyagok légköri terjedésének modellezésekor. A szélesebb eloszlása az épületek között meghatározó transzmissziós tényező. A városi épített környezetben a lakosság energiaigénye és felhasználása jelentős. Felmerülhet, hogy a villamosenergia-igény egy részét a felhasználókhöz közel termeljük meg és megújuló energiaforrások segítségével fedezzük. A szélenergia lehetséges hasznosíthatóságát városi környezetben csak úgy ítéltük meg, ha a szélpotenciál feltárása megtörténik. Az alkalmazható háztartási méretű szélgenerátorok és a telephely körülmények kiválasztása igényli a légmozgások tulajdonságainak részletes ismeretét.

Az itt bemutatásra kerülő modellvizsgálataink a Debreceni Egyetem, Egyetem téri campus területére készültek azzal az alapvető céllal, hogy feltárjuk az épületek közötti, növények által befolyásolt áramlási képet, és szélenergia potenciált.

Anyag és módszer

ENVI-met modellt a mainzi egyetemen fejlesztették kifejezetten városi levegőkörnyezet elemzéséhez. A háromdimenziós nem-hidrosztatikus modell segítségével a felszín-növény-légkör rendszer kölcsönhatásai szimulálhatók főként az épített környezet mikroklimájának feltárására. A prognosztikus modell a termodinamika és folyadékok áramlását leíró alapvető fizikai dinamikai összefüggések megoldásán alapul. Vízszintes felbontása 0,5-10 m közötti, míg az tipikus időkeret 24 és 48 óra közötti, maximálisan 10 másodperces lépésközzel futtatható. Ez a felbontás lehetővé teszi, hogy a kis skálájú légköri folyamatokat le tudja írni egyes épületek, felületek és növények között (Bruse, M., Fleer, H. 1998).

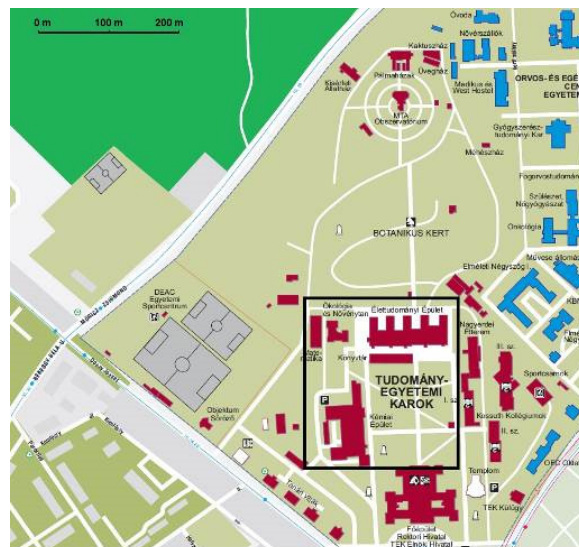
A sugárzási bevétel napi alakulása mellett képes a növények által befolyásolt látens és szenzibilis hőfluxus és ennek megfelelően a várható hőmérséklet térbeli eloszlásának megrajzolására. A bioklimatológiai paraméterek számítása mellett a légköri gázok diszperziójának leírására megfelelő. Fontos alkalmazási területe a városi termikus- és szélkomfort előrejelzése a dinamikai kormányzó erőik figyelembe vételével (Huttner et al. 2009; Szűcs 2013).

Az ENVI-met a szélmező modellezésére a háromdimenziós Navier-Stokes egyenleteket használja, amelyet az un. Boussinesq közelítéssel nem-hidrosztatikus formában old meg az épületek és a növényzeti elemek sűrűdést növelő hatását figyelembe véve. A modell támogatja a valós idejű áramlásszámítást, ami azt jelenti, hogy az áramlási mezőt úgy kezeli, mint egy normális prognosztikai változót és számítja azt minden egyes lépésközben.

Eredmények

A modell adaptációjához mintaterületünket Debrecen város északi részén, a Nagyerdő közelében található Egyetem téri campuson jelöltük ki (1. ábra). Az alaptérképet 1:10000 méretarányban digitalizáltuk. A 3D modellben xyz irányban egységesen 3m x 3m x 3m méretű grideket alkalmaztunk. Horizontálisan 255 x 255 m nagyságú területen az épületek főként lapos tetővel rendelkeznek, így azok egyszerűsített virtuális modellje nagyon közel állt a valósághoz. Vertikálisan 30 szintre végeztünk számításokat. A legmagasabb épület elérte a 27 m magasságot, ezért a modell legfelső szintjének meg kellett közelíteni a 90 m magasságot. Az épületek magassági adatai az eredeti építészeti tervekből származnak, míg az épületek közötti területek növényzet leírását az ENVI-met modellbe beépített növényzeti kategóriák alapján helyszíni szemlével térképeztünk.

A helyszín választásánál szempont volt, hogy a határon viszonylag homogén felületek legyenek. Nyugati irányban a sportpályák rövid fűvű gyepel, a területtől északra a Botanikus kert magas fákkal volt jellemezve a modellben. Az áramlási modellek érzékenyek a magterületet övező határok tulajdonságaira, így ajánlásra minden irányban 5 üres gridet illesztettünk.



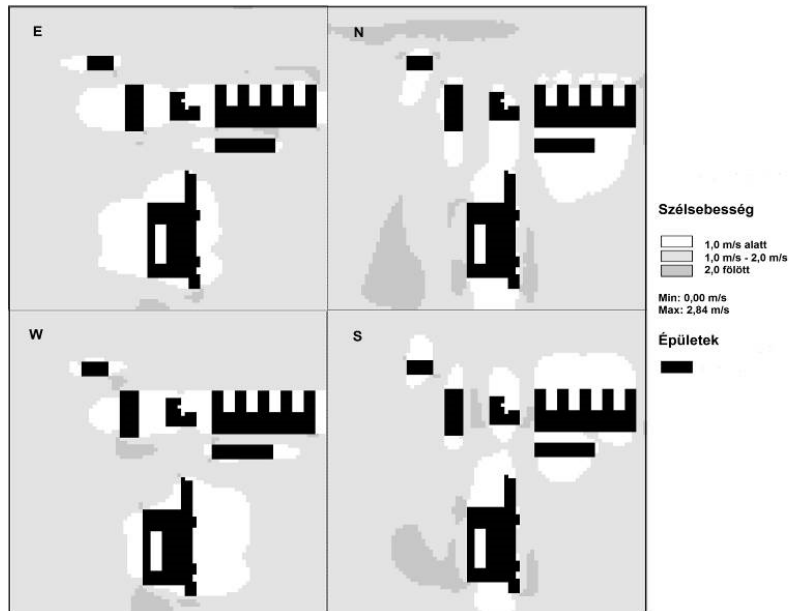
1. ábra. A modellezett mintaterület elhelyezkedése Debrecenben

Figure 1. Location of the modelled area in Debrecen

A modell az őszi napfordulón, 2013. szeptember 23-án 6:00 órától kezdődően óránkénti átlagolással állította elő az épületek közötti szélmezőt. A modellfuttatások időigénye miatt első lépésben a négy fő égtáj felől fújó szeleket modelleztünk. Először az átlagos szélviszonyok jellemzéséhez 10 m magasságban 3 m/s sebességgel számoltunk, majd 6 m/s-ra növeltük a megfújás sebességét.

A 2. ábrán mutatjuk be, hogy a szélesebbesség hogyan változik a magas épületek között. Alapvetően a megfújás irányától függően az épületek közvetlen közelében a szélesebbesség jelentősen módosul. A sebességcsökkenés elérheti a 100%-ot is, azaz a 3 m/s szél akár szélcsendig legyengül. A maximális szélesebbességű pontoknál az eredeti sebesség alig 5%-kal mérséklődött. A szélesebbesség területi eloszlására leginkább az épületek tájolása és magassága van hatással. Ennek megfelelően a legmagasabb Kémia épület vett részt a szélesebbesség gyengítésében, különösen keleti és azzal ellentétes nyugati irányú szél esetén. A szél mérséklődése keleti irányú szelek esetén a legnagyobb területű, hiszen ekkor az épületek közötti kisebb erdős területek jelentősen növelik az érdességet.

A légmozgások változása 10m magasságban 6 m/s sebességű megfújás esetén még szembeötlőbb (3. ábra). A szél gyengülése az épületek közvetlen közelében markáns. Érdekes, hogy a 3. ábrán a maximális szélesebbesség mindössze 4,59 m/s, ami a kiindulási sebesség 76%-a.



2. ábra. A szélesebbesség eloszlása 3 m/s beáramlás esetén a modellezett területen

Figure 2. Distribution of wind speed on modelled area by 3 m/s inflow



3. ábra. A szélesebbesség eloszlása 6 m/s befújás esetén a modellezett területen

Figure 3. Distribution of wind speed on modelled area by 6 m/s inflow

Meg kell jegyeznünk, hogy az Egyetem téri Campus épületeinek tájolása elég szabályos, így a 0° és 180°, illetve a 90° és 270° irányú szél sokszor az épületekkel párhuzamos, vagy arra merőleges. 6 m/s esetén láthatóvá válnak azok az utak, épületek közötti folyosók, ahol kedvező irányú megfűjásnál szélesatorna jelenség kialakulhat. Ilyen az Élettudományi épület és a Kenézy Könyvtár közötti járda keleti és nyugati irányú szelek esetén. Míg a Kémia épület előtti útszakaszon főként észak és déli irányú szél okoz hasonló szélesség eloszlást.

Következtetések

Az ENVI-met modell adaptálásra tett kísérletünk az épületek közötti légmozgások feltérképezésére alapvetően sikeres volt, de további verifikációkat kell végeznünk a kapott eredmények reális voltának bizonyításához. Az eredményeink azt mutatják, hogy a komplex városi környezet a szélesség jelentős gyengítésében játszik szerepet. Mindenképpen részletes mikroklimatológiai elemzés után vállalkozhatunk arra, hogy javaslatot tegyünk az itt található szélpotenciál kihasználására, vagy a használható szélgenerátorok körére.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését a DEnzero Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0041 számú projekt és a HPC-NVL Szuperszámítógép, a nemzeti virtuális laboratórium TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0010 számú projekt támogatta. A projektek az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósulnak meg.

Irodalom

- Szegedi S., Toth T., Kapocska L., Gyarmati R. 2013: Examinations on the meteorological factors of urban heat island development in small and medium-sized towns in Hungary. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 8, No. 2, p. 209 – 214.
- Bruse, M. 2004: NVI-met website (<http://www.envimet.com>) Letöltve: 2012. 10.10.
- Bruse, M., Fleer, H., 1998: Simulating surface-lant-air interactions inside urban environments with a three-dimensional numerical model. Environmental Modelling and Software 13, 373-384p.
- Erell, E., Pearlmutter, D. and Williamson T., 2011: Urban Microclimate. Designing the Spaces between Buildings. Earthscan, London. 266 pp.
- Gál, T és Unger, J. 2006: Detection of ventilation paths using high-resolution roughness parameter mapping un a large urban area. Building and Environment 41. 198-206.
- Huttner, S., Bruse, M., Dostal, P. and Katzschner, A. 2009: Strategies for mitigating thermal heat stress in Central European cities: The project KLIMES. In: Proceeding of Seventh International Conference on Urban Climate. 29 June-3July 2009, Yokohama, Japan. (http://www.envi-met.com/documents/papers/ICUC7_KLIMES.pdf) Letöltve: 2014. 01.10.
- Szűcs, Á. 2013: Wind comfort in a public urban space – Case study within Dublin Docklands. Frontiers of Architectural Research Vol. 2. p. 50-66.

A SZÉLENERGIA HASZNOSÍTÁS ALACSONY BEÉPÍTÉSŰ VÁROSI KÖRNYEZETBEN DEBRECEN PÉLDÁJÁN

UTILIZATION OF WIND ENERGY IN A SUBURBAN AREA IN DEBRECEN

Lázár István¹, Csákberényi-Nagy Gergely², Tóth Tamás¹

¹Debreceni Egyetem, Meteorológiai Tanszék,

²Alter Energia Kft.

csakberenyi@hotmail.com

Abstract

This study is concerned with two target: first the examination of the wind energy potential in low built-up urban areas, and on the other point is the analysis of the possibility and the profitability of the usage of the wind energy in these areas. Our examination period was between the 1st of October 2013 and the 25th of March 2014, during the period we could record also the first and second wind maximum. With the determination of the Hellmann index we could extrapolate the wind speed into higher altitude. The knowing of these parameters are the basic of the analysis of the wind energy potential and the payback ratio. As a result of our study the small wind generators have real possibility in low-built up areas to use in households and smaller industrial areas.

Keywords: urban area, wind energy, pay-back

Kulcsszavak: városi környezet, szélenergia, megtérülés

Bevezetés

A XX. század utolsó éveiben, mikor a megújuló energiaforrások kutatása meredeken növekvő pályát írt le; voltak olyan becslések, miszerint a fosszilis tartalékok kimerülése után nagyrészt pótolhatjuk megújulókkal. A 2010-es évek első felében olyan prognózisok látnak napvilágot, amiben a "zöld" energiát már csak kiegészítő jelleggel említik (Lázár I. 2011).

A városi teret eltérő beépítettségű részek alkotják, melyeknek külön-külön is eltérőek az egyes meteorológiai elemekre kifejtett közvetlen és közvetett hatásuk. A Magyarországra vonatkozó szélklimatológiai vizsgálatok széles spektrumot lefednek, ugyanis a komplex statisztikai elemzéstől (Makra et al. 2000a) a modellezésen át (Radics K. 2003) részletesen leírják a kérdéskört.

A háztartási méretű generátorok telepítési magassága 10 és 20 méter között van, ezért a vizsgálataink is ezen a magasságokon történnek.

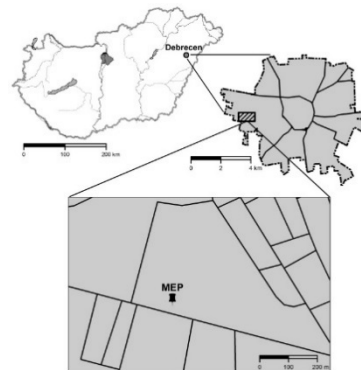
A kutatások helyszíne a Debrecenben működő Megújuló Energiapark, ahol egyszerre nyílik mód elméleti és gyakorlati vizsgálatokra. A Park a megújuló energiaforrások működés közbeni bemutatását célozza meg, így lehetőség nyílik többek között a szélenergetikai vizsgálatok elvégzésére is. A kutatóközpont földrajzi helyzetének köszönhetően reális lehetőség nyílik az alacsony városi környezetben a háztartási méretű szélgenerátorok telepíthetőségének vizsgálatára.

Anyag és módszer

Adataink forrása egy 20 méter magas oszlopra szerelt szélsébség és szélirány szenzorok méréseiből származnak. Jelen tanulmányban 2013. október 3. és 2014. március 25. között időszakot vizsgáltuk. Döntésünket az indokolta, hogy az említett időszakra tehető részben, illetve egészben az elsődleges és másodlagos szélmaximum (az elsődleges szélmaximum – március; míg a másodlagos maximum – november) (Tar K. et. al 2005).

1. ábra. A mérőpont helyzete (MEP – Megújuló Energia Park)

Figure 1. Position of the measuring point (REP – Renewable Energy Park)



Mérőoszlopunk Debrecen nyugati részén található (1. ábra), melynek földrajzi koordinátái 47,530 É és 21,577 K. Az oszlop teljes magassága 20 méter. A szélirányjelző szenzort 20 méteren, a kanalas anemométert 10 és 20 méteres magasságban helyeztük el, amely egy Campbell Scientific Ltd. által gyártott CR1000 adatgyűjtőhöz csatlakozik.

A szélesebbesség mérés 1 másodperces mintavételezéssel és 10 perces átlagolással; a szélirány rögzítése 10 percenkénti méréssel és rögzítéssel történt.

A szélenergetikai becsléseknél a leggyakrabban alkalmazott módszer a Hellmann-féle hatványkitevős módszer:

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^\alpha$$

ahol, v_1 a z_1 magasságban mért sebesség, v_2 z_2 magasságban mért sebesség, α - az érdességi tényező. Az alacsony vegetációjú felszín felett a logaritmikus közelítésből származtatott α értéke 0,14. Ez az átlagosan elfogadott alapbecslés. A nappali konvektív felszín közeli rétegben 0,07–0,1 értékkel számolhatunk, míg az extrém stabilis rétegződés esetén 0,25–0,35 értékeket javasolnak. A városkörnyéki területeken - a nagy érdességű felszín felett - az átlagos hatványkitevő 0,2 körüli (0,14–0,26) (Emeis S. 2005).

A vizsgált időszakokra vonatkozó termelési értékeket az alábbi képlet segítségével számoltuk ki. Számításunk alapja, hogy feltételezzük, hogy a másodperces mintavételezésből származó 10 perces átlag reprezentálja az átlagolt időszakot. Az 1 m/s-os intervallumokat hoztuk létre melyeknek kiszámoltuk az abszolút gyakoriságát. Ezeket az értékeket besoroztuk a termelési görbe által leírt értékkel. Ezeket a szorzatokat osztani kell 6-al, ugyanis a termelési érték Wh, ebben az esetben viszont 10 perc. Ezen értékek összegzésével az vizsgált időszak energiatermelését lehet kiszámítani egy adott turbinatípusra.

$$\sum \left(\frac{x * y}{6}\right)$$

ahol x a szélesebbesség intervallumokhoz tartozó abszolút gyakoriság, y az x intervallum névleges teljesítménye.

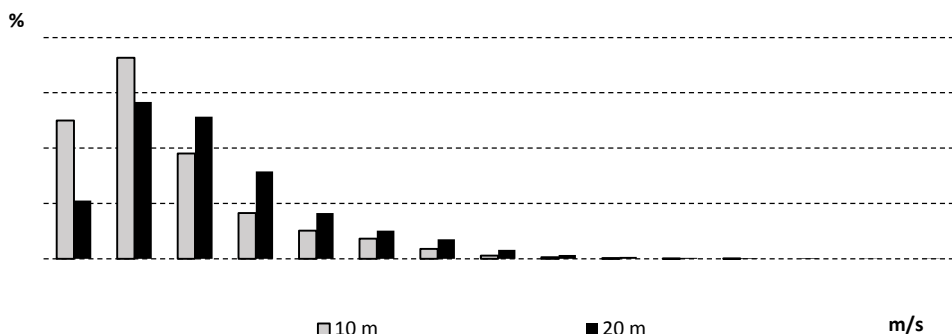
A háztartási méretű szélgenerátorok által termelhető energia mennyiségének és gazdaságosságának meghatározásához az EU-ban leginkább elterjedt típusokat választottuk ki. Megvizsgáltuk az Antek GmbH (Internet1) szélgenerátor gyártó 1–6 kW-os szélgenerátorait, valamint a Leading Edge Turbines Ltd. (Internet2) 0,3–2 kW-os szélgenerátorait, és a Xzeres Wind Europe Ltd. (Internet3) 2,4 kW-os szélgenerátorát.

A szélesebbesség-eloszlásokat vizsgálva (2. ábra) megállapítható, hogy a vizsgált időszakban jelentős különbség mutatkozik a 10 és 20 méteres telepítési magasság között. Mivel a szélgenerátorok indítási szélesebbessége 3 m/s, ezért az az alatti szélesebbeségek gyakoriságának vizsgálata nem releváns. A 3 m/s-nál nagyobb szélesebbesség értékek relatív gyakorisága 10 méteren 19,62%, míg 20 méteren 35,47%, így mindenképpen ez a telepítési magasság javasolt.

Eredmények

A szélenergia hasznosítás Magyarországon jelenleg leginkább a nagy teljesítményű szélérőművekre korlátozódik. A háztartási méretű szélgenerátorokkal kapcsolatos kutatások érdemben járulnak hozzá az ilyen eszközök terjedését befolyásoló okok feltárásához.

A generátorok indítási szélesebbessége 3 m/s, de a névleges teljesítményt csak 8–10 m/s-on éri el. Ez azt jelenti, hogy Debrecenben várhatóan az idő 99 %-ában csak a leadható maximális teljesítmény egy részével lehet számolni.



2. ábra. A szélesebbesség relatív gyakorisága 10 illetve 20 méteres magasságban

Figure 2. Relative frequency of wind speed at 10 and 20 meters high

A vizsgált időszakban (2013. október 3. és 2014. március 25. között) összesen 173 nap alatt 10 méteres magasságban az 1 kW-os Vertex generátor 635,9 kWh energiát termelt, míg ugyanezen időszakban az 6 kW-os szélgenerátor 1378,7 kWh-t (1. táblázat). Ha ezeket az értékeket kivetítjük egy éves termelésre, és feltételezzük, hogy a generátorok a vizsgált időszakon kívül is ugyanezeket az értékeket adják le, akkor az 1 kW-os Vertex turbina 1341,67 kWh termelést hozna, míg a 6 kW-os Vertex turbina esetében ez 2908,89 kWh jelent. A vizsgált időszak tartalmazza az elsődleges és másodlagos maximumot, így várhatóan hasonló tendenciát feltételezve az éves termelés a vizsgált időszakinál nagyobb lesz.

1. táblázat. A különböző szélgenerátorok össztermelése a vizsgált időszakban és egy évre vonatkoztatva

Table 1. Aggregate output of different wind turbines in the review period and in relation to a year

	V. M. 1 kW		V. M. 2 kW		V. M. 3 kW		V. M. 6 kW		Sky Stream		LE-300		LE-600		LE-2000	
	10 m	20 m	10 m	20 m	10 m	20 m	10 m	20 m	10 m	20 m	10 m	20 m	10 m	20 m	10 m	20 m
A vizsgált időszak termelése	635	1086	499	918	636	1173	1378	2533	291	575	29	55	67	130	291	551
Éves termelés	1341	2292	1054	1937	1342	2476	2908	5345	615	1214	62	116	142	274	615	1164

Megvizsgáltuk, hogy ugyanezen időszak alatt 20 méteres magasságban az 1 kW-os Vertex generátor 1086,6 kWh energiát termelt, míg ugyanezen időszakban az 6 kW-os szélgenerátor 2533,8 kWh-t. Ha ezeket az értékeket kivetítjük egy éves termelésre, és feltételezzük azt, hogy a generátorok a továbbiakban is ugyanezeket az értékeket adják le, akkor az 1 kW-os Vertex turbina 2292,4 kWh termelést hozna, míg a 6 kW-os Vertex turbina 5345,9 kWh termelést.

A 10 és 20 méteres magasság között lényeges eltérés mutatkozik, ezért megvizsgáltuk, hogy a termelékenységben mennyi javulás érhető el, a magasság növelésével (2. táblázat).

2. táblázat. A szélgenerátor típusok termelt energiakülönbségei

Table 2. Produced energy differences in case of researching sundry wind turbines

teljesítmény %	V. M. 1 kW	V. M. 2 kW	V. M. 3 kW	V. M. 6 kW	Sky Stream	LE-300	LE-600	LE-2000
20 m-10 m	170,9	183,7	184,5	183,8	197,3	186,2	192,3	189,0

Az eredmények egyöntetűek, azaz a 20 méteres magasságban a 10 méteres magassághoz viszonyítva 170,9 % és 197,3 % közötti értékkel növekszik, azaz közel duplájára nő a leadott teljesítmény.

Megvizsgáltuk az egyes szélgenerátor típusok árait, amely során megállapítható, hogy a kW-onkénti egységár átlagosan 870 973 Ft (3. táblázat).

3. táblázat. A szélgenerátor típusok árai (Ft)

Table 3. Prices of the different wind turbines

	V. M. 1 kW	V. M. 2 kW	V. M. 3 kW	V. M. 6 kW	Sky Stream	LE-300	LE-600	LE-2000
árak	729 564	1 230 907	2 869 937	6 115 563	1 343 234	490 366	533 966	1 125 373
egységár kW	729 564	615 454	956 646	1 019 261	559 681	1 634 553	889 943	562 687

Összevetve a kapott eredmények a napelemes rendszerek kW-onkénti egységáraival, akkor megállapítható, hogy a szélgenerátorok egységára nagyságrendileg 300.000 Ft/kW-tal drágább, mint a napelemes rendszerek egységárai. Saját számításaink alapján a napelemes rendszerek 2008 óta drasztikusan csökkentek, mintegy 80 %-kal. Ezzel szemben a szélgenerátoros rendszereknél ilyen mérvű csökkenés nem következett be. A napelemek és szélgenerátorok együttes alkalmazásával az úgynevezett hibrid rendszerekkel – köszönhetően a szolár résznek – a fajlagos költségek mérsékelhetőek. További előnye az ilyen beruházásoknak, hogy a két időjárásfüggő megújuló energiaforrás időben egészen jól kiegészíti egymást. A szélenergia inkább az átmeneti (tavasz, ősz) és a téli időszakokban, míg a napenergia a késő tavaszi és a nyári hónapokban aknázható ki leginkább (Tóth T. 2004).

A szélgenerátorok bekerülési költségéből és termelési adataiból (4. táblázat) látható, hogy várhatóan hány év lesz a megtérülési idő, nem számolva karbantartási költségekkel.

4. táblázat. A szélgenerátorok megtérülési ideje

Table 4. Payback time of wind turbines

megtérülési idő (év)	V. M. 1 kW	V. M. 2 kW	V. M. 3 kW	V. M. 6 kW	Sky Stream	LE-300	LE-600	LE- 2000
megtérülés 10 méter	10,9	23,3	42,8	42,0	43,6	156,5	74,7	36,5
megtérülés 20 méter	6,4	12,7	23,2	22,9	22,1	84,0	38,8	19,3

A 20 méteres magasságot vizsgálva az is egyértelmű, hogy a szélgenerátorok megtérülési ideje általánosságban 10 és 25 év között van. A vásárlói preferenciákat vizsgálva egy korábbi tanulmányban megállapítottuk, hogy a beruházók beruházási hajlandósága 4–5 év, vagy az alatti megtérülés esetén van meg. A jelenlegi magyarországi körülmények között ezekből következően egyéb tényezőknek is szerepet kell játszania, ahhoz hogy egy szélgenerátoros beruházás létrejöhön.

Következtetések

Dolgozatunkban a következő konklúziókat vonhatjuk le:

1. Az átlag α átlag értéke (0,27) megegyezik a szakirodalomban megállapított értékkel.
2. A szélsébség eloszlások alapján mindkét mért magasságban (10 és 20 m) leggyakoribb szélsébségek értékek 1 és 2 m/s közé esnek, ami az esetek 38 és 31 %-át jelentik.
3. A háztartási méretű szélgenerátorok esetében a 20 méter vagy a fölötti telepítési magasságot javasoljuk ugyanis így radikálisan csökkenthető a megtérülési idő.
4. A háztartási méretű szélgenerátorok elterjedését 50 %-kal kisebb bekerülési költség, az elektromos áram átvételi árának jelentős (70-90 Ft/kWh) emelkedése, valamint minimum 50 %-os vissza nem térítendő támogatás segítené elő.

Irodalom

- Emeis S. 2005: How Well Does a Power Law Fit to a Diabatic Boundary-Layer Wind Profile. DEWI Magazine Nr. 26.
- Lázár I. 2011: A klímaváltozás hatása a megújuló energiaforrásokra, II. környezet és energia konferencia, 2011. november 25-26. Debrecen.
- Makra L., Tar K., Horváth Sz. 2000: Some statistical characteristics of the wind energy over the Great Hungarian Plane. Zhe International Journal of Ambient Energy, Vol. 21 No. 2, pp. 85-96.
- Radics K. 2003: A szélenergia hasznosításának lehetőségei Magyarországon: hazánk szélklimája, a rendelkezésre álló szélenergia becslése és modellezése. Doktori (PhD) értekezés, ELTE, Budapest
- Tar K. 1991: Magyarország szélklimájának komplex statisztikai elemzése. Az Országos Meteorológiai Szolgálat kisebb kiadványai, 67.
- Tar K., Radics K., Bartholy J., Wantuchné Dobi I. 2005: A szél energiája Magyarországon. Magyar Tudomány 2005/7. p 805.
- Tóth T. 2004: A szél- és napenergia hasznosításának klimatikus adottságai az Alföldön. Magyar Szélenergia Társaság. Debrecen. pp. 65–69. Tudomány 2005/7. 805. p.
- *** Internet1 <http://antek-greenenergy.com>
- *** Internet2 www.leturbines.com
- *** Internet3 <http://www.energymatters.com.au/>

SZÉLMEZŐK HIBÁI, KORREKCIÓJA, A SZÉLKLÍMA JELENLEGI ÉS JÖVŐRE VONATKOZÓ TENDENCIÁI

*BIASES AND CORRECTIONS OF WIND SPEED TIME SERIES,
PRESENT AND FUTURE WIND CLIMATE TENDENCIES*

Péliné Németh Csilla¹, Bartholy Judit², Pongrácz Rita², Radics Kornélia³

¹MH Geoinformációs Szolgálat

²Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék

³Országos Meteorológiai Szolgálat

peinenemeth.csilla@mhtehi.gov.hu

Abstract

Global climate change effects to regional atmospheric circulation changes, these changes may alter regional weather patterns such as regional storm tracks and main wind directions and wind speeds in the wind climate of a smaller area (Emeis 2013). Therefore, it is essential to learn these regional effects more deeply, moreover the present state of wind climate in the Carpathian Region to give correct assessments for the future. Reliable estimation of mean and extreme parameters of wind climate contributes adaption for changing climate.

To avoid misinterpretation different wind speed time series were compared, checked and corrected. Firstly, wind speed and wind gust from Hungarian synoptic data sets (1975–2012) were homogenized using MASH application (Szentimrey 1999) was developed by Hungarian Meteorological Service in Budapest. Quality of measured data sets improved after homogenization, and missing data were filled automatically by the software. Secondly, dependability of different time series were estimated with comparison of measured and ERA Interim reanalysis wind data series. The seasonal variability is low; biases of reanalysis data are smaller in summer than in winter. The higher percentiles (0.9 and 0.99) values are underestimated in reanalysis data series most of analyzed grid points. Due to significant differences between distributions of measured and reanalysis data sets, wind speed and wind gust extreme value analysis of present wind climate were calculated from homogeneous data sets. Finally, there can be stated that RegCM regional climate model highly overestimates wind speeds over Hungary, therefore bias should be corrected using the CARPATCLIM homogeneous gridded data sets.

Keywords: regional wind climate, homogenization, MASH, ERA Interim, RegCM, extremes

Kulcsszavak: regionális szélklíma, homogenizálás, MASH, ERA Interim, RegCM, extrémek

Bevezetés

A szélklíma jelenlegi állapotának, valamint a globális éghajlatváltozás hatására a szélmező regionális változásainak megismerése elengedhetetlen a jövőre vonatkozó helytálló következtetések levonásához. A szélklimatikus paraméterek jellemzőinek feltárása hozzájárul a regionális környezeti hatások mélyebb megismeréséhez, és elősegíti a változó éghajlathoz történő alkalmazkodást. Az átlagok és extrémumok becslését megbízható, ellenőrzött adatsorok alapján kívántuk elvégezni, melynek érdekében homogenizáltuk a szinoptikus mérőhálózat napi szélsőérték és széllökés idősorait. Ezzel nagymértékben javult a mérési adatsorok minősége, továbbá a homogenizálást követően már hiánymentes adatsor eredményeinek megbízhatósága növekedett.

A MASH szoftver segítségével ellenőriztük a reanalízis adatsorok homogenitását, mely egyértelművé tette, hogy a rácsponti adatsor homogén. Majd a mérési és reanalízis idősorok összevetése és a szélsőérték eloszlásokra illesztett Weibull eloszlások paramétereinek meghatározása révén becslést készítettünk a különböző adatsorok megbízhatóságát, alkalmazhatóságát.

Elvégeztük az ELTE Meteorológiai Tanszékén futtatott RegCM regionális klímamoddell közeljövőre és a század végére vonatkozó modellfuttatásainak elemzését. Megállapítható, hogy a modell erősen felülbecsli a szélsőértéket Magyarország területére, melynek hibakorrekciója szükséges az átlagos és extrém szélparaméterek jövőre vonatkozó megbízható becslése érdekében. A hibakorrekció során a szélmezők eloszlásait korrigáljuk a referencia időszakra a CARPATCLIM (Szalai et al. 2014) projekt során előállított homogén, rácstra interpolált adatsorok alapján.

Vizsgált adatsorok hibái, lehetséges korrekciói, a szélklíma tendenciái

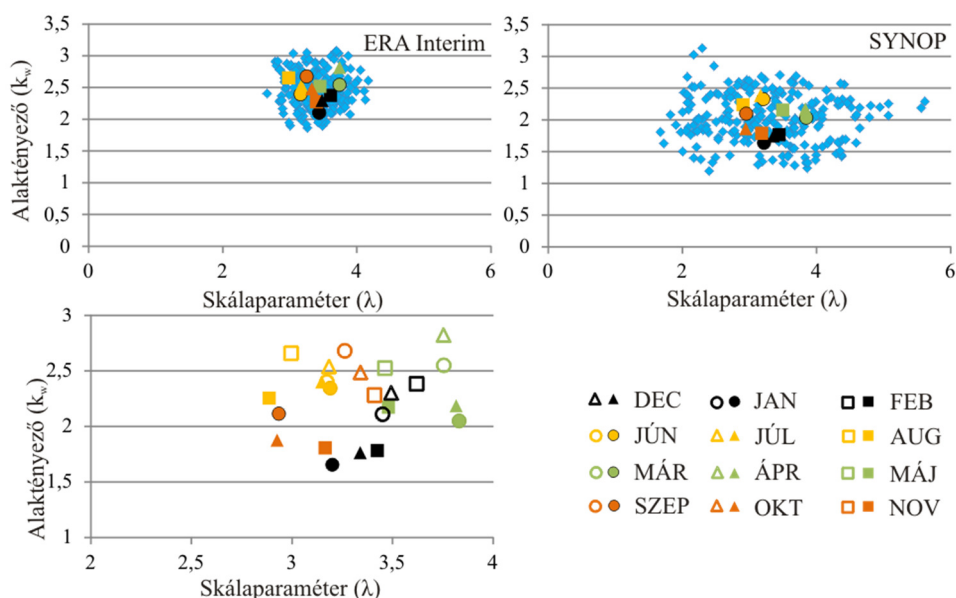
Vizsgálatainkhoz a hazai szinoptikus mérőállomások órás szélirány, szélsőérték és széllökés adatsorait (1975–2012) használtuk fel. Nyilvánvaló, hogy az állomáshálózat felépítése, az állomások megszűnése és költözése, a méréstechnika fejlődése is nagymértékben befolyásolja az idősorok homogenitását. Munkánk során törekedtünk arra, hogy az állomástörténeti adatokat, melyet az Országos Meteorológiai Szolgálat biztosított részünkre, a lehető legnagyobb mértékben tekintetbe vegyünk az adatok elemzésekor. Az idősorok inhomogenitásának egyik okát, az állomások automatizálását, korábban oly módon vettük figyelembe, hogy az esetek többségében az idősort 1997-től, az automatizálási folyamat befejezését követően vizsgáltuk. Annak érdekében, hogy az adatsorok teljes terjedelmükben vizsgálhatók legyenek, a MASH relatív homogenizációs teszteljárással homogenizáltuk azokat (Péliné et al. 2014). Ezzel az inhomogenitásokat töredékére csökkentettük, a hibás adatokat javítottuk és az adathiányokat is pótoltuk.

A meteorológiai mérőeszközök és rendszerek által szolgáltatott nagymennyiségű mérési és megfigyelési adatfeldolgozása eredményeképpen napjainkban a rácshálózatra számított reanalízis mezők képezik az éghajlati modellek bemenő adatait. A reanalízis mezőkkel futtatott klímamodellek elengedhetetlen, mással nem vagy nehezen helyettesíthető ismereteket szolgáltatnak a modern klímakutatás számára. Felmerül azonban a kérdés, hogy a különböző reanalízis adatbázisok mennyire megbízhatóak, a széklíma paramétereinek becslésére, az éghajlati modellek validációjára alkalmasak-e. Vizsgálatainkhoz a globális reanalízis adatbázist (ERA Interim) alkalmaztuk, melyet az Európai Középtávú Meteorológiai Előrejelző Központ (ECMWF) állított elő kutatók, klímamodellezők részére. Az adatsorok a meteorológiában elterjedt szabványos bináris formátumokban állnak rendelkezésre 128 földfelszíni és magaslégköri paraméterre a teljes Földet, illetve a definiált területet lefedő rácshálózati pontokra (Berrisford 2009).

A korábban hasonló célokra, széleskörűen alkalmazott ERA-40 reanalízis adatbázishoz (1957–2002) képest az ERA Interim tekintetében előrelépést jelent az alkalmazott adatasszimilációs módszerek és a különböző észlelések, megfigyelések figyelembe vételének módja (Berrisford 2009). A Kárpát-medence területére (45°–49,5°É és 15°–24°K) a finom felbontású adatbázis szélkomponens mezőinek (1979–2012) feldolgozását végezzük el. A korábbi vizsgálatainkban (Péliné et al. 2011, 2012) alkalmazott, szabadon letölthető ERA Interim adatbázishoz képest a felbontás megnövekedésével a mérési adatokkal való összevetés eredményesebben megvalósult (Radics et al. 2012).

A MASH 3.03 szoftver segítségével (Szentimrey 2011) ellenőriztük Kárpát-medence területére az ERA Interim reanalízis adatbázis 190 rácspontjában 1979–2012. közötti időszakokra rendelkezésre álló 10 méterre számított átlagos napi szélsősebesség idősorok homogenitását. A vizsgálat eredménye egyértelműen bizonyította, hogy a rácstra interpolált adatsorok homogének. Az idősorok inhomogenitásának jellemzésére alkalmazott teszt statisztikák, homogenizálás előtti és homogenizálás utáni értékei gyakorlatilag nem változtak, a rácspontok 72%-ában a kritikus (20,57; szignifikancia szint: 0,05) érték alatt maradtak. Az éves relatív becslt inhomogenitás és az éves relatív idősor-módosítás értékei mindössze a rácspontok 15%-ában vesznek fel nullától eltérő értéket.

A vizsgált rácsponti adatsorok alkalmazhatóságát csökkenti, hogy kevésbé adják vissza hazánk tájegységeire jellemző szélsőbességeket, valamint az egyes rácspontok közti eltérések minimálisak. Jól szemlélteti ezt az 1. ábra, melyen az idősorokra illesztett Weibull eloszlások alaktényezőjét $[-]$ a skálaparaméter $[m/s]$ függvényében ábrázoltuk. A kisebb alaktényező a téli hónapokban jellemző az erősebb ciklontevékenység következményeképpen, a nagyobb skálaparaméter pedig tavasszal, amikor a havi átlagos szélsősebesség nagysága és változékonysága a legnagyobb. A legkisebb eltérést június és július hónapokban tapasztaltuk. Általában az átlagos állomási és rácsponti alaktényező túlbecslése jellemző, mely a tavaszi hónapok kivételével a szélsősebesség, azaz a vele arányos skálaparaméter túlbecslésével is együtt jár.

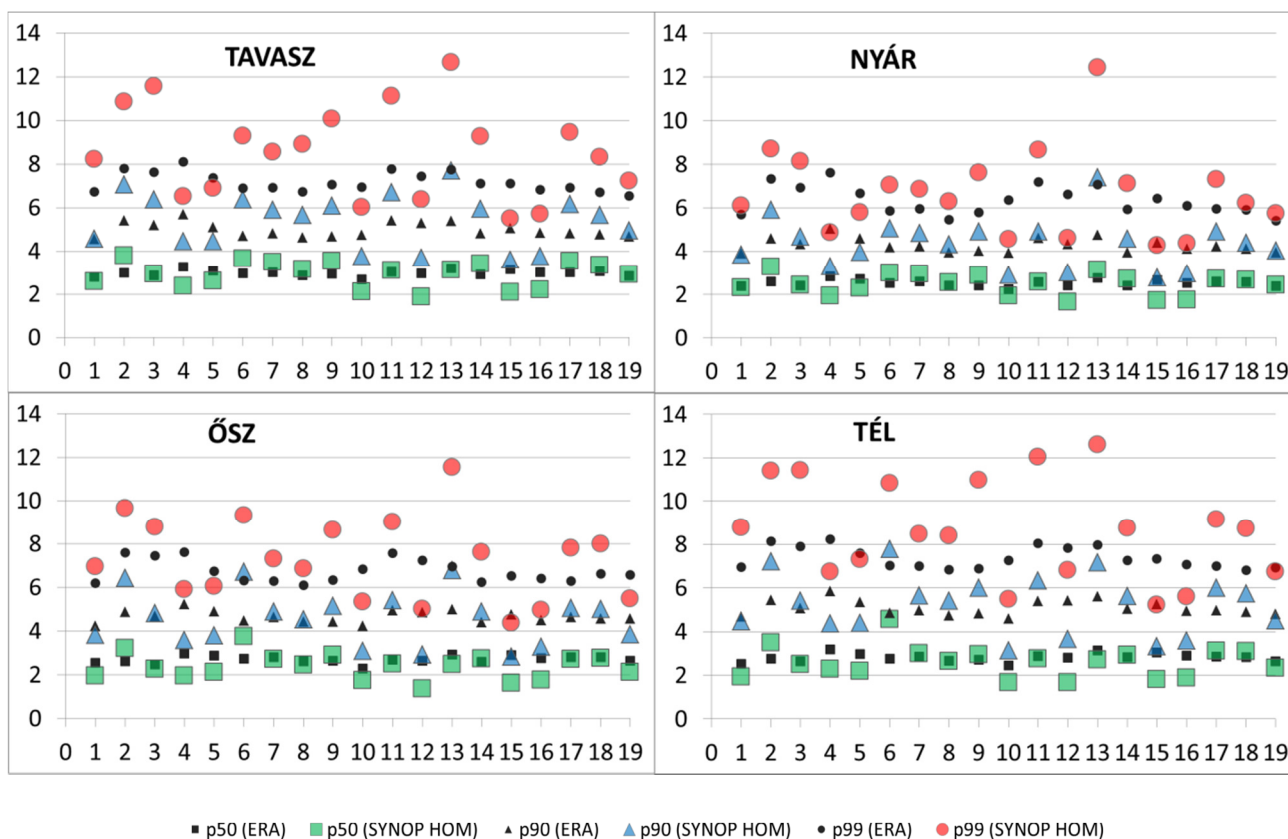


1. ábra. A napi szélsősebesség adataira illesztett Weibull eloszlás havi alaktényezője (k_w) a skálaparaméter (λ) függvényében az egyes rácspontok (bal felső) és állomások (jobb felső) esetében minden hónapban (kék), illetve az állomási és rácsponti átlagok az egyes hónapokban (tél – fekete, tavasz – zöld, nyár – sárga, ősz – barna). Az alsó diagram a havi állomási (kitöltött) és rácsponti (üres) átlagokat ábrázolja

Figure 1. Parameters of Weibull distribution fitted daily wind speed data series of grid points (left up) and stations (right up) in every month (blue) and in different seasons (winter – black, spring – green, summer – yellow, autumn – brown). Monthly grid (unfilled) and station (filled) averages are plotted in the lower diagram

Elvégeztük a homogenizált mérési és reanalízis idősorok átlagos és szélsőértékeinek vizsgálatát, összehasonlítását az állomásokhoz legközelebbi rácspontokban (2. ábra). Az éves percentilis értékeket tekintve a medián esetében a 19 rácspont átlagos hibája +11% volt, mely tág határok közt mozgott (-24% és +64%). A magasabb percentilisek esetében (90% és 99%) általában a reanalízis értékek alulbecsülik a mérési adatokból számított értékeket, kivéve Győr, Budapest, Szentgotthárd, Nagykanizsa, Paks és Baja közelében. Az ERA Interim rácspontok átlagos hibája a 90%-os percentilisekre 2,5% (az egyes rácspontokban -31% és +53% között), a 99%-os percentilisekre -7,5% (-39% és +40%) volt.

Az eltéréseknek több valószínűsíthető oka lehet. (1) A reanalízis adatbázis alapvetően kevés számú földfelszíni állomás mérési adatai figyelembe vételével készült. Nemzetközi együttműködés keretében Magyarország is átadja az ECMWF részére a hazai szinoptikus állomáshálózatának kódolt formátumban rendelkezésre álló adatait, azonban a rendelkezésre bocsátott állomások száma évenként erősen változik. Csupán öt állomás – Miskolc, Budapest, Debrecen, Pécs, Szeged – került megosztásra a kezdetektől fogva, 1979-től napjainkig. A szél, mely térben erősen változó meteorológiai elem, esetében e kevés számú állomás kis térbeli reprezentativitással bír, mely relatíve nagy interpolációs hibát eredményezhet. Ellenpéldaként megemlíthető a légnyomás, melynek becslése (interpolációja) 5–7 állomás figyelembe vételével is eredményes lehet hazánk területére, hiszen az állomások térbeli reprezentativitása légnyomás tekintetében jóval nagyobb a szélhez viszonyítva.



2. ábra. A vizsgált 19 állomás homogenizált adatsorából (színes) és az ERA Interim rácsponti adatokból (fekete) számított évszakos percentilisek (négyzet – 50%, háromszög – 90%, kör – 99%) [m/s] 1979–2012 között

Figure 2. Different seasonal percentiles (square – 0.5, triangle – 0.9, circle – 0.99) values [m/s] for 19 homogenized synoptic stations (colour) and ERA Interim grid points (black) calculated from 34-year time series (1979–2012)

(2) A mérési adatok interpolációját nem előzi meg az idősorok homogenizálása, így a prediktor adatok inhomogenitásai tovább csökkenthetik a reanalízis adatok pontosságát. (3) A meteorológiai elemek rácsra történő interpolációjánál nemcsak térben (térinformatikai probléma), hanem térben és időben is szükséges interpolálni, mellyel az éghajlati ismereteinket is hasznosítva határozzuk meg a rácsponti idősorokat. A reanalízis során adatasszimilációs problémát oldanak meg variációs analízis segítségével, melynek során feltételezik, hogy ahol rendelkezésre áll háttérmező, az megegyezik az analízis mezővel, azonban ez a feltételezés további hibaforrást jelent.

A CARPATCLIM (Szalay et al. 2014) projekt keretében 18 meteorológiai változó homogenizálását, továbbá 10 km-es rácsra történő interpolálását végezték el 9 ország részvételével, a határ menti állomások adatainak harmonizálásával. A CARPATCLIM széladatok előállításánál a fent említett problémákat ugyan elkerülték (minőség-ellenőrzés, homogenizálás, matematikailag korrekt módszerek alkalmazása), azonban több állomás esetében a napi szélességadatok kiszámításánál csupán három adat állt rendelkezésre, mely esetenként szintén negatívan hatással van a rácsmenti sorok minőségére.

Kutatásaink során elemeztük a RegCM regionális klímamodell referencia időszakokra (1961–1990), közeljövőre (2021–2050) és a század végére (2071–2100) vonatkozó modellfuttatások talajszél-előrejelzéseit. Megállapítottuk, hogy a referencia időszakra a modell erősen felülbecsli a szélességet Magyarország területére, melynek hibakorrektiója szükséges a változó klimatikus viszonyokkal együtt módosuló szélklimatológiai paraméterek megbízható becslésére érdekében. Az referencia időszakra rendelkezésre álló ERA40 reanalízis adatbázis ismert hiányosságai miatt a korrekciót a CARPATCLIM adatbázis alapján tervezzük elvégezni.

Összességében megállapítható, hogy szélklimatológiai vizsgálatokhoz, illetve a megújuló energiaforrások potenciáljainak megbízható becslése érdekében törekedni kell az ellenőrzött, homogenizált, megbízható adatsorok alkalmazására.

Irodalom

- Berrisford, P., Dee, D. P., Fielding, K., Fuentes, M., Kallberg, P., Kobayashi, S., Uppala, S. M., 2009: The ERA-Interim Archive. ERA Report Series No. 1. ECMWF: Reading, UK.
- Emeis, S., 2013: Wind energy meteorology. Atmospheric Physics for Wind Power Generation, Springer, DOI 10.1007/978-3-642-30523-8.
- Péliné N. Cs., Radics K., Bartholy J., 2011: Seasonal variability of Hungarian wind climate. Acta Silvatica & Lignaria Hungarica, 7, 39-48.
- Péliné N. Cs., Radics K., Bartholy J., 2012: Reanalízis idősorok szélklimatológiai vizsgálata. Repüléstudományi Közlemények. Repüléstudományi Konferencia 2012 tudományos konferencia online kiadványa, 2012/2. különszám (www.szrfk.hu/rtk/), HU ISSN 1789-770X, 9 p.
- Péliné N. Cs., Bartholy J., Pongrácz R., 2014: Homogenization of Hungarian daily wind speed data series. Időjárás, Vol. 118, No. 2, 119-132.
- Radics K., Péliné N. Cs., Bartholy J., 2012: Regionális szélviszonyok tendenciái Magyarországon. In: HUNGEO 2012, Magyar Földtudományi Szakemberek XI. Világtalálkozója (Mika J., Dávid Á., Pajtókné T. I., Fodor R. (szerk.), Eger, 211-215 p.
- Szalai S., Bihari Z., Lakatos M., Szentimrey T., 2014: The CARPATCLIM (Climate of Carpathian Region) project, 8th Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases, Budapest, Hungary, Abstract book, p 41.
- Szentimrey T., 1999: Multiple Analysis of Series for Homogenization (MASH). Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data, Budapest, Hungary; WMO, WCDMP-No. 41, 27-46.
- Szentimrey T., 2011: Manual of homogenization software MASHv3.03. Hungarian Meteorological Service, Budapest. 64 p.

„SZÜNTELEŐ FELMELEGEDÉS” – TUDOMÁNYOS, ALKALMAZKODÁSI ÉS MÉRSÉKLÉSI KIHÍVÁSOK

PAUSED WARMING: SCIENTIFIC, ADAPTATION AND MITIGATION CHALLENGES

Mika János

Eszterházy Károly Főiskola,
mikaj@ektf.hu

Abstract

According to the IPCC AR5, heat content of the Earth climate system has been increasing since the beginning of our century. Greenhouse gas concentrations are higher than ever. But, temperature is stagnating since ca. 2002 near the surface, in the lower troposphere, stratosphere and in the upper ocean. This is not emphasised by the Report Volumes. Adaptation options and mitigation needs are listed with no respect to the paused warming. The aim of this study is to collect, present and discuss the key arguments of the issue, selected strictly from the Report. Our study tackles three aspects: (i) Symptoms of pausing, e.g. atmospheric changes, near-surface oceans, cryosphere and geographical differences. (ii) Reasons of the paused warming, including external forcing factors, playing just minor role, and the enhanced ocean heat-uptake. Though missing warming is 0.2 K/decade compared to model expectations, the whole climate system integrates continuously increasing amount of heat, 95 % of which is locked in the oceans. (iii) Consequences of the pausing for the three main branches of the IPCC activity. For climate science, correct simulation of the enhanced heat uptake is a challenge. Since characteristic time scale of most adaptation measures is 1-2 decades, or shorter, near-term projections may not drive adaptation until climate models become able meet this challenge. The paused warming, however, does not question the need for mitigation, since ocean's heat-uptake cannot be endless. Indeed, vertical temperature gradient of the upper ocean, that is proportional to the heat uptake, already shows stagnation.

Keywords: climate change, IPCC AR5, ocean heat-uptake, adaptation, mitigation

Kulcsszavak: klímaváltozás, IPCC AR5

Bevezetés

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület három vonatkozásban összegezte mindazt, amit a legutóbbi jelentés (2007) óta a tudományos közlemények alapján megtudtunk. Még 2013. szeptember 27-én jelent meg a *Tudományos alapok*. A 2014. március 31-én látott napvilágot a *Hatások, alkalmazkodás, sérülékenység*, végül április 13-án a *Kibocsátás mérséklése* c. kötet. A három jelentés a mellékletekkel együtt bő 7 ezer oldal.

Először nézzük meg, hogy mit mond a tudomány magának az éghajlatnak az alakulásáról! Folytatódott-e az energiamérleg eltolódása? Követte-e ezt a hőmérséklet szokásos emelkedő tendenciája, és milyen előrejelzések készültek rövidebb és hosszabb távokra?

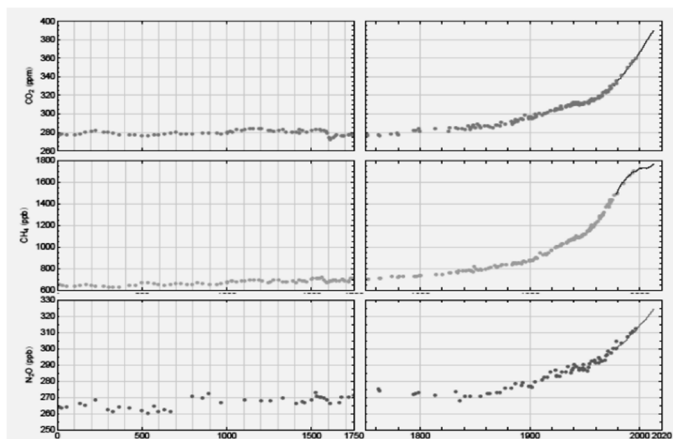
A klímaváltozás tudományos kérdései (IPCC WGI, 2013 alapján)

Az energia melléktermékei és az eddigi klímaváltozás

Amint ezt az 1. ábrán bemutatjuk, az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja a 21. század elején is folytatta az emelkedést. Csak a metán (CH₄) stagnált néhány évig, de 2007-től újra emelkedik. A megtorpanásnak a technológia átalakulása lehetett a fő oka. A növekedés folytatódásának pedig az, hogy a melegedés az északi magas szélességeken elérte a permafroszt olvadásra hajlamos területeit. Itt a zárványok megszűnésével felszínre tört az évmilliók óta bezárt metán-hidrát, ami a légkörben metánná alakul.

1. ábra. A három fő üvegházgáz koncentrációi a régmúlt évszázadok rekonstrukciói és az utóbbi néhány évtized közvetlen mérési alapján. (IPCC WGI, 2013: Fig. 6.11)

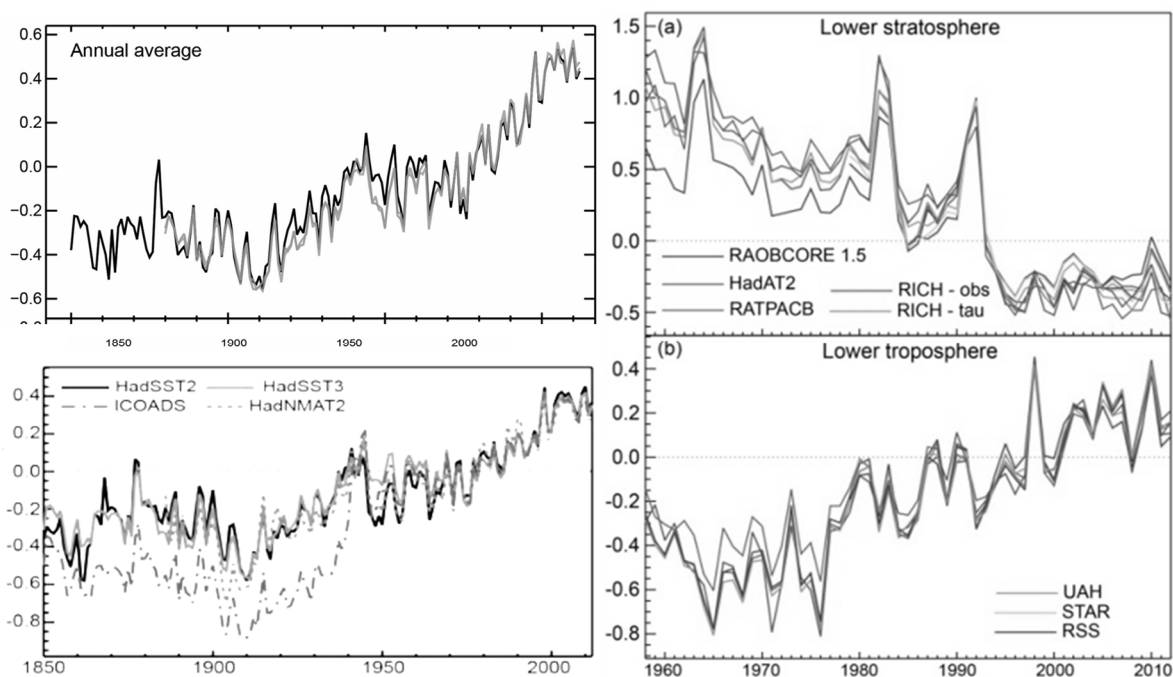
Figure 1. Concentrations of the three main greenhouse gases, based on reconstructions from the distant past centuries and direct measurements of the recent decades (IPCC WGI, 2013: Fig. 6.11)



Szünetelő melegedés

A két méterrel a talaj szintje felett megfigyelt globális átlaghőmérséklet világszerte legalább tíz éve nem emelkedik! Hiányzik a korábbi egyértelmű trend az óceánfelszín hőmérsékletéből, a légkör további rétegeiből (2. ábra), sőt az atmoszféra nedvesség-készletéből is. Mindezt az Éghajlatváltozási Kormányközi testület, a 2007-ben Béke Nobel Díjat kapott IPCC tavaly szeptemberi Jelentésének (IPCC WGI, 2013) ábráiból lehet kiolvasni.

Maga a Jelentés azonban a melegedés szünetelésére csak, mint a nagyobb tendenciákat átmenetileg elfedő, de azok érvényét nem befolyásoló, epizódra utal, miközben 1998-tól kezdődően említi a stagnálást. Ezt az évet az évszázad El-Nino jelensége kiemelte a környezetéből, míg előtte és utána a melegedésbe akkor még jól illeszkedő földi középhőmérséklet volt jellemző. A Jelentés fő érve a megtorpanás figyelmen kívül hagyhatósága mellett éppen az, hogy ha 1998 helyett más évtől kezdődően keressük a melegedés trendjét, akkor azt meg is fogjuk találni. Csakhogy, 2002 óta végképp stagnál a hőmérséklet, amin a közben ismerté vált 2013-as év sem változtatott.



2. ábra. A globális átlaghőmérséklet (°C) alakulása különböző adatforrások alapján a felszín közelében (balra fenn), az óceán felszínén (balra lenn), valamint az alsó sztratoszférában (jobbra fenn) és az alsó troposzférában (jobbra lenn) 1961-1990 évek átlagaihoz képest. (IPCC WGI, 2013: Fig. SPM.1, Fig. 2.16, illetve Fig. 2.24)

Figure 2. Series of temperature (Celsius), according to various data sources near the surface (upper left panel), at the ocean surface (lower left), in the lower stratosphere (upper right) and in the lower troposphere (lower right), compared to the means of the 1961-1990 period. (IPCC WGI, 2013: Fig. SPM.1, Fig. 2.16, and Fig. 2.24)

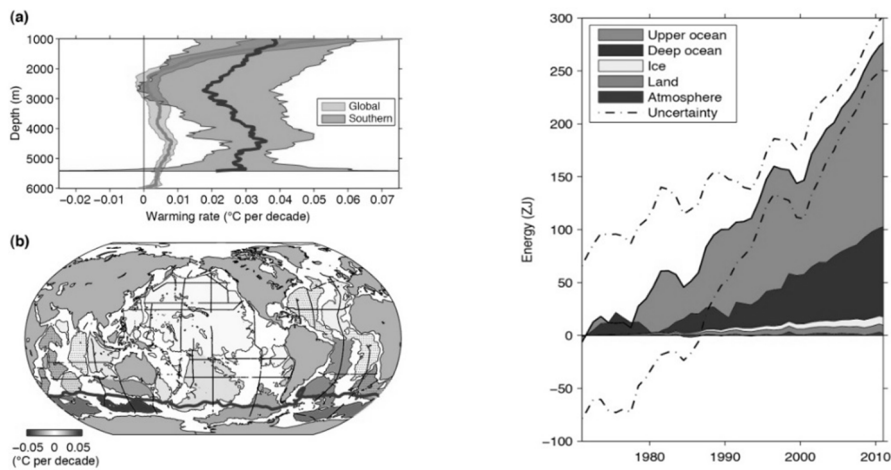
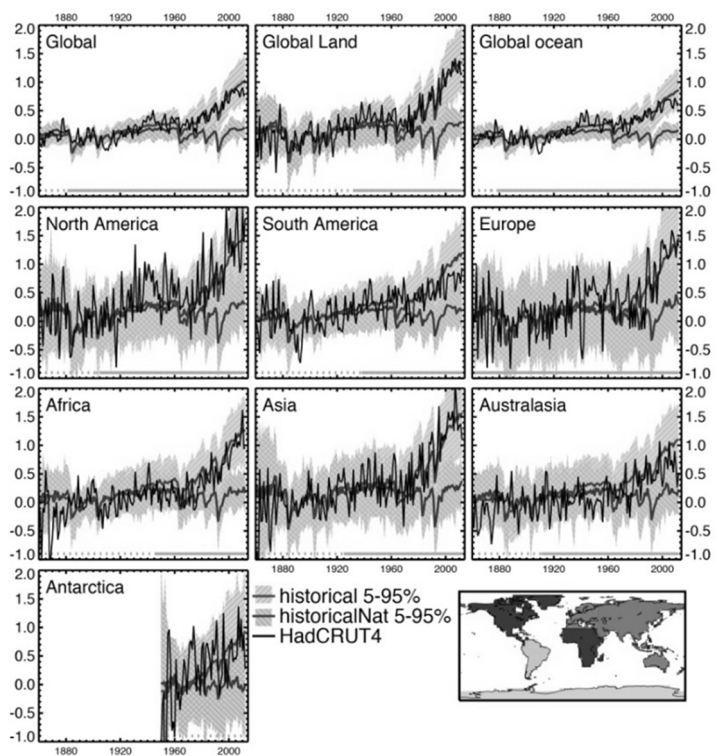
Mielőtt rátérnénk az okok ismertetésére, vessünk egy pillantást a 3. ábrára. Ezen legfelül a globális átlaghőmérséklet, külön az óceánok illetve a kontinensek fölötti léghőmérséklet, valamint az egyes szárazföldi területek fölötti hőmérséklet alakulása látható folytonos, de erősen ingadozó vonalakkal. Az ezeket körülvevő sávok a CMIP5 modellezési projekt során futtatott szimulációk. A magasabb futású sáv az antropogén hatások bevonásával készült, míg az alsóbb futásúakból ezek a hatások hiányoznak.

Megfigyelhető, hogy a 21. század első évtizedében földi átlagban 0,2 °C-os hiány az óceánok fölött (Global ocean) még markánsabb, míg a kontinensek fölött (Global Land) nem hiányzik a melegedés. A további ablakokban a déli félgömbi kontinensek fölött van elmaradás (South America és Australasia).

A melegedés megtorpanását minden bizonnyal a déli félteke óceánjainak váratlanul felerősödött hőelnyelő képessége (4. ábra bal oldala) okozza. Eközben az északi félgömb kontinensei fölött még mindig emelkedik a hőmérséklet, s egyértelműen visszahúzódik a szárazföldi hó- és a tengeri jégtakaró. Ezzel egy időben az Antarktisz körül a tengeri jég kiterjedése fokozódik, amire szintén a felszínről mélybe lopott hó lehet a magyarázat. Bár a mélyebb vízrétegek megfigyelt melegedése évtizedenként csak pár század Celsius fok, ám az átlag négy kilométer mély óceán hőkapacitása elképzelhetetlen nagyságrendű. Emiatt, a felső rétegek és a légkör hőmérsékletének stagnálása ellenére, a teljes éghajlati rendszer hőtartalma egyértelműen növekszik (4. ábra jobb oldala).

3. ábra. A léghőmérséklet alakulása különböző térségi átlagokban a megfigyelések (HadCRUT4) és a CMIP5 modellező project szimulációi alapján [°C és 5-95% sávok]. A hőmérsékleti eltérések mindenütt az 1880-1919 évek átlagához viszonyítottak, kivéve az Antarktiszot, ahol a referencia az 1950-2010 évek átlaga. (IPCC WGI, 2013: Fig. 10.7)

Figure 3. Series of temperature in the various continental averages, according to the observations (HadCRUT4) and the various simulations of the CMIP5 modelling project in Celsius, 5-95 % confidence intervals. The temperature anomalies are compared to the 1880-1919 averages, except the Antarctica, where the reference period is 1950-2010 (IPCC WGI, 2013: Fig. 10.7)



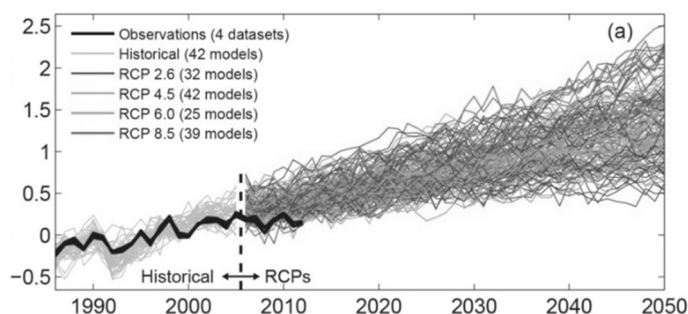
4. ábra. Az óceán mélyebb rétegeinek melegedése (°C/10 év) 1992 és 2005 között, földi átlagban és a szub-antarktikus fronttól délre (balra fenn). E változást (°C/10 év) az óceánok területi bontásában a 4000 méternél mélyebben láthatjuk (balra lenn) (IPCC WGI, 2013: Fig. 3.3). Az ábra jobb oldalán az éghajlati rendszer hőtartalma ZJ [1ZJ=10²¹ J] egységben. Az óceánok melegedése uralja a változást (IPCC WGI, 2013: Box 3.1, Fig 1.)

Figure 4. Warming of the deeper ocean layers in 1992-2005, in global average and to the south of the sub-Antarctic front (upper left panel). These changes (Celsius/decade) are also seen in the layers below 4000 m (lower left panel) (IPCC WGI, 2013: Fig. 3.3) In the right panel of the Figure, one can see the heat content of the Earth climate system in ZJ [1ZJ=10²¹ J]. Warming of the oceans dominates the total change (IPCC WGI, 2013: Box 3.1, Fig 1.)

Az előrejelzések és realitásuk

Az éghajlati modellek nem tudják szimulálni a fenti stagnálást. Számításaik szerint 0,2 °C melegedésnek kellett volna bekövetkeznie az utóbbi évtizedben. Amíg erre az előrejelzésre is használt modellek nem lesznek alkalmasak, addig azt sem leszünk képesek előrejelezni, hogy mikortól folytatódik a felmelegedés és az ugyanolyan ütemű lesz-e, mint korábban. Viszont, ha megleglik a mélyóceáni folyamatok kulcsát, az egyben segíthet megérteni azt is, hogy miért gyorsaszik a tengeri jégtakaró az Antarktisz körül.

Addig azonban, a tudományos tisztázni valókon túl, a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás is problematikus, hiszen ezek igényesebb feladatai (pl. fajtanemesítés, vízepítési feladatok, stb.) is tíz-húsz év alatt megvalósíthatók. Márpedig, az ilyen rövidtávra szóló prognózisok láthatóan nem váltak be az első évtizedben (5. ábra). Ha azonnal véget érne a stagnálás, és a korábbi melegedési ütem folytatódna, akkor is a 2016-2035 időszakra készült IPCC prognózisok sávjának legalsó értékei valósulnának meg.



5. ábra. Modellezett rövidtávú prognózisok a Föld átlaghőmérsékletére nézve (vékony vonal-felhő), benne a valóságban megfigyelt vastag vonallal jelzett értékkel. A függőleges tengelyen a viszonyítási alap az 1986-2005 évek átlaga. A változás az időszak kezdetén még kevésbé függ a feltételezett forgatókönyvektől. Az első évtizedben hiányzó melegedés akkor is az előrejelzett sáv alján tarja a valóságos hőmérsékletet, ha a melegedés már jövőre folytatódik (IPCC WGI, 2013: Fig. TS.14)

Figure 5. Modelled short-range projections of the global mean temperature (thin cloud of curves), with the observed values (thick black curve). The values of the vertical axis are compared to the 1986-2005 averages. The changes little depend on the selected emission scenarios at the beginning of the period. The missing warming of the first decade would keep the later temperatures in the lower sector of the predicted cloud if the stagnated warming would continue right from the next year. (IPCC WGI, 2013: Fig. TS.14)

Megjegyezzük továbbá, hogy a korábbi IPCC jelentésekkel szemben, ahol valamilyen gazdasági, népességi, stb. előfeltevésekből kiindulva, lehetséges jövő típusú forgatókönyveket fogalmaztak meg, most más a megközelítés elvi alapja. Feladták a szakemberek annak lehetőségét, hogy sok évtizedre előre ezeket meghatározzák ezeket a körülményeket. Ehelyett önkényes, ún. „reprezentatív” éghajlati scenáriók kerültek rögzítésre, amelyekben rendre 8,5; 6,0; 4,5 ill. 2,6 Wm^{-2} a teljes sugárzási mérleg eltolódása a természetes állapothoz képest. Az eddigi érték 1750-hez képest 2,3 Wm^{-2} Ezek a forgatókönyvek inkább arra jók, hogy megmutassák a kibocsátás-mérséklés elhagyásának, ilyen-olyan megvalósításának hatására fellépő különbségeket.

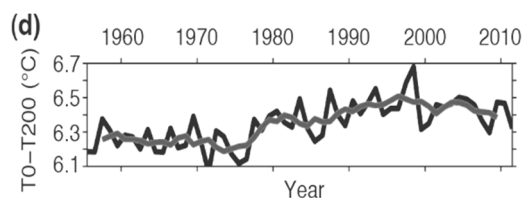
A kibocsátás-mérséklés szükségessége

A rejtélyes, stagnáló évtized okán felmerül a kérdés, hogy nem kell-e felülvizsgálnia a tudománynak azt az alaptételt is, hogy a korábbi melegedést nagyrészt az emberi tevékenység okozta? Erre azonban – sajnos – nincs okunk, mert a teljes éghajlati rendszer hőtartalma a mérések tanúsága szerint változatlan ütemben, folyamatosan növekszik, még ha a növekmény 95 %-a az óceánokban jelentkezik is. A teljes éghajlati rendszer, mint hó-tartály melegedése sajnos folytatódik. A másik kérdés, hogy elhúzódhat-e a stagnálás olyan sokáig, hogy ez tegye értelmetlenné a kibocsátások korlátozását, az éghajlatvédelmet? Nos, e kérdésre is egyértelműen negatív a válasz, nemcsak általános környezetvédelmi, elővigyázatossági megfontolásból. Az óceán felső 200 méterében fennálló, függőleges hőmérsékletkülönbség ugyancsak megfigyelt, enyhe csökkenése (6. ábra) ugyanis arra utal, hogy a felszínről immár kevesebb hő távozik a mélybe, mint az évtized kezdetén.

Mindazonáltal, meg kell állapítanunk, hogy a melegedés szünetelése az IPCC bő 25 éves fennállásnak legsúlyosabb tudományos kihívása, amit sajnálatos módon, a hivatalos megnyilvánulások nem kezelnek kellő őszinteséggel.

6. ábra. Az óceán felszínén és a 200 méteres mélységben mért hőmérséklet különbségének globális átlaga. [Sötétebb vonal az évenkénti értékek, kicsit világosabb az öt éves átlagok. (IPCC WGI, 2013: Fig. 3.1)

Figure 6. Global means of the vertical temperature differences between the surface and the 200 m depth of the ocean. [The dark values are the annual observations, the slightly lighter ones are the five-years moving averages. (IPCC WGI, 2013: Fig. 3.1)



Irodalom

IPCC WGI (2013): Climate Change 2013. The Physical Science Basis. (Final version, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>) 2260 pp.

IPCC WGII (2014): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability 2400 pp (final draft subject to copy editing: <http://ipcc-wg2.gov/AR5/>)

IPCC WGIII (2014): Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. (final draft subject to copy editing: <http://www.mitigation2014.org/>)

A FÖLDMÁGNESES TÉR ELEMEINEK SZEKULÁRIS VÁLTOZÁSA MAGYARORSZÁGON AZ ELMÚLT ÉVTIZEDEKBEN

THE SECULAR VARIATION OF THE GEOMAGNETIC FIELD IN HUNGARY DURING THE LAST DECADES

Csontos András, Heilig Balázs, Koppán András, Kovács Péter, Vadász Gergely

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet
csontos.andras@mfgi.hu

Abstract

Our paper presents the secular variation of the geomagnetic elements in Hungary during the last two decades. The first paragraph of our study briefly reviews the structure of the geomagnetic field. The study of temporal secular variation was based on geomagnetic observatory annual means and IGRF11 model data. The spatial distribution of the secular variation was also modeled by using the data of consecutive Hungarian repeat station network campaigns. The main processes supposed behind the observed secular variations are also discussed, i.e. external field influences, westward drift etc.

Keywords: secular variation, geomagnetism, global field models, repeat station network

Kulcsszavak: szekuláris változás, földmágnesség, globális modellek, szekuláris hálózat

Bevezetés

A Föld mágneses terének változásai széles időskálán jelennek meg. A több százezer éves periódusú ún. paleoszekuláris változásoktól a néhány század másodperces periódusú változásokig különböző eredetű jelenségcsoportokkal találkozhatunk. Eredetüket tekintve megkülönböztetünk belső (bolygónk magjához köthető folyamatok által indukált, ill. a kéreganomáliákhoz tartozó) ill. külső (az előbbi csoportba nem sorolható) mágneses tereket. Általánosan elmondható, hogy a belső eredetű változások a néhány hónapnál hosszabb időtartamú jelenségek között figyelhetők meg. A szekuláris változások (SV) az egy évnél hosszabb periódusú változásokat jelentik, tehát főleg, de nem kizárólag, a belső eredetű változások tükröződnek az adatokban.

Az időbeli variációk tanulmányozásához nagy pontosságú és folyamatos adatokat szolgáltatnak a földmágneses obszervatóriumok. A térbeli változások követése céljából országonként létrehozták az ún. szekuláris hálózatokat, hiszen az obszervatóriumok sűrűsége gyér a SV-k területi leírására. Az említett folyamatok megfigyelése Magyarországon intézetünk feladata. Globális modellek (pl. IGRF, CHAOS4 stb.) készítésekor a felszíni mérések műholdas mérésekkel és térképezési céllal végzett mágneses adatokkal stb. egészülnek ki. Az adatok rendszerezését segítő regionális és globális adatközpontok sorra alakulnak.

Munkánkban lehetőleg magyarnyelvű részletes leírásokra tettünk hivatkozást.

A Föld mágneses terének rövid jellemzése, eredet szerinti szétválaszthatósága

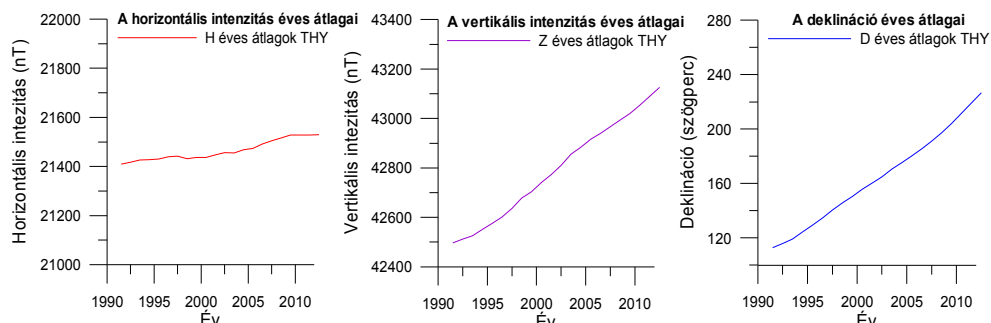
A földi mágneses tér potenciáltérként írható le, ami felbontható a már említett belső és külső terek potenciáljainak összegére. A földmágneses tér elemei pedig a potenciáletteret leíró függvény negatív gradienseként származtathatóak. A felszínen mérhető intenzitás kb. 90%-a belső eredetű. A belső eredetű tér egy domináns dipólus és az ezt kiegészítő multipólus terek összegével közelíthető. A teret leíró mennyiségek (pl. dipólusmomentum nagysága, axiális kvadrupoltér változásai stb.) külön-külön is SV-t mutatnak.

További megfontolásainkhoz felhasználjuk azt a felismerést, hogy létezik olyan mágneses teret leíró, méréseken alapuló modell, amely kizárólag a Föld folyékony külső magja által indukált teret tartalmazza. A szétválasztás geofizikai alapja, hogy egy bizonyos mélység alatt kéreganomália nem létezhet, hiszen (feltehetően 50 km és 100 km között), a Curie-hőmérsékletet átlépve, a ferromágnesség nem lehetséges. Globális mágneses modellek energia spektrumát vizsgálva arra jutottak, hogy kb. 3000 km hullámhossz feletti térbeli változásokat leíró modellek már mentesek a kéreganomáliáktól és a külső terek hatásától (Bullard 1967). Emiatt pl. az IGRF11 (Finlay et al. 2010) modell normáltér potenciálfüggvénye gömbfüggvénysorok alkalmazásával is $n=13$ fokszámig került meghatározásra, hiszen $40000 \text{ km}/13=3077 \text{ km}$. A modell megalkotásakor az egyes együtthatók SV-it is meghatározták. A globális trendek jelentős része az IGRF modellből meghatározható. Ezek a folyamatok pedig:

- a dipólusmomentum csökkenése
- az axiális kvadrupoltér növekedése
- a nondipoltér nyugati driftje (westward drift) (pl. Márton 1980)

Obszervatóriumi mérési adatok elemzése

A vizsgálataink az elmúlt bő két évtized adataira terjednek ki. Erről az időszakról már perces mintavételezésű adatokkal is rendelkezünk. Az időszak csaknem két teljes napfolt-ciklust fog át. A Tihanyi Geofizikai Obszervatóriumban (THY) az éves átlagokat hagyományosan az adott komponens összes perces adatának számtani közepeként számítjuk. A kapott értékek változásait a horizontális és a vertikális intenzitásra az 1-es ábra szemlélteti.

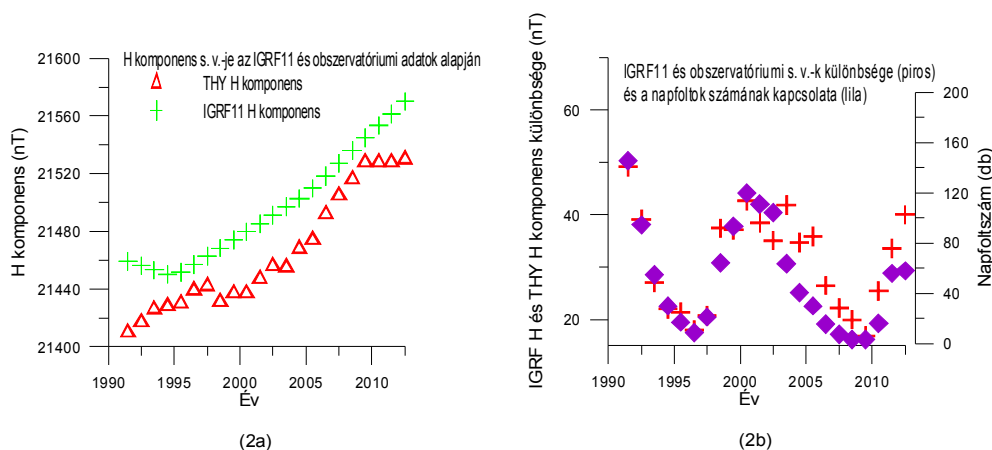


3. ábra. THY éves átlagai H (piros) Z (lila) és D (kék) komponensekre

Figure 4. Annual mean values of the H component (red), Z component (purple) and the D component (blue) observed at Tihany Geophysical Observatory (IAGA code: THY)

A horizontális komponens (H) változásának rövid elemzése

Ha összevetjük az obszervatóriumban mért H értékeket az IGRF11 modelltől Tihany koordinátáira számolt H értékekkel, akkor a 2a ábra szerinti eltérésekre lehetünk figyelmesek. A mért adatok fluktuációkat mutatnak, sőt a 90-es években ellentétes trendek is megfigyelhetők a modell és a mért értékek változásában.



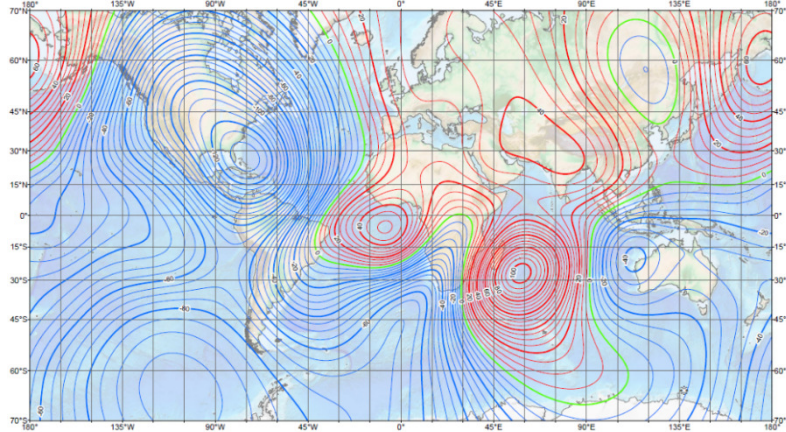
2. ábra. THY H éves átlagai (piros) és az IGRF11 modelltől számolt H komponens SV-a (zöld) (2a) valamint az IGRF11 modell és THY H értékei különbségének (piros) ill. az észlelt napfoltszám (lila) kapcsolata (2b)

Figure 2. THY annual mean values of the H component (red) and the calculated secular variation for THY derived from the IGRF11 model (green) (2a) and the relation of the differences between IGRF11 model and THY annual means (red) and the sunspot numbers (purple) (2b)

A 2b ábrából kiolvasható, hogy a napfolttevékenység, mint a bolygóközi mágneses tér döntő befolyásolója, jól magyarázhatja a tapasztalatokat. Megjegyezzük, hogy a mennyiségek közötti kapcsolat nem közvetlen. A napfolttevékenység egyik hatása, hogy a mágneses viharok gyakoribbakká válnak. Ennek következménye, hogy a magnetoszférában folyó gyűrűáram intenzitása növekszik, amelynek felszíni mágneses hatása legerősebben a H értékének változásában tükröződik, a mágneses szélességtől függő mértékben (az egyenlítőnél a legnagyobb). Térségünkre elmondható, hogy a napfolttevékenység és a H átlagos változása között közel lineáris kapcsolatot mutatható ki, ami alapján évi 100 napfolt esetén kb. 20 nT H intenzitás csökkenés várható. Kifinomultabb modellek a gyűrűáram intenzitását jellemző Dst index illetve számos külső forrásból származó mágneses tér leírására szolgáló pl. CM4 modell alapján képezhetőek. Megjegyezzük, hogy a külső terek hatása a fenti módon a vertikális tér SV-ából is kimutatható, de a hatás csak fele, mint a H komponens esetén.

A vertikális komponens (Z) változásának rövid elemzése

A függőleges irányú komponens legszembetűnőbb változása az intenzív növekedés, ami a vizsgált időszakban meghaladja a 600 nT változást. Figyelembe véve, hogy a totális intenzitást (F) is leginkább a Z komponens befolyásolja érthető, hogy F is hasonló mértékű SV-t mutat. Archeomágneses adatok alapján ismert, hogy a Föld dipólusmomentuma legalább kétezer éve csökken. A csökkenés mértéke jelenleg kb. 6,3% évszázadonként. Globálisan vizsgálva azonban a 3. ábráról leolvasható, hogy a totális intenzitás változásának éves trendje nem egyenletes minden régióban.



3. ábra. A totális intenzitás éves változása [izodinám görbék] 2010.0 epochra vonatkoztatva. A piros kontúrok növekedést a kékek pedig csökkenést jelentenek. A nulla éves változást a zöld izodinám vonal jelzi. <http://ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/> nyomán

Figure 3. Annual change of total intensity (F) on the epoch 2010.0. Red contours are positive [down] change; blue negative [up] change; green zero change. Map developed by NOAA/NGDC & CIRES

A 3. ábrán látható területi változásra a dipóltér momentumának csökkenése nem adhat kielégítő magyarázatot. A kulcs az axiális kvadrupóltér SV-a, amelynek magyarázatához tekintsük a földmágneses tér potenciálfüggvényének, IGRF modellben használt gömbfüggvény-sor alakját valamely t időpontra:

$$V(r, \psi, \lambda, t) = R \sum_{n=1}^k \sum_{m=0}^n \left(\frac{R}{r}\right)^{n+1} [g_{nm}(t) \cos m\lambda + h_{nm}(t) \sin m\lambda] P_{nm}(\cos \psi), \quad (1)$$

Az (1) gömbfüggvény-sorban R a térfogat-azonos földgömb sugara, r, ψ, λ geocentrikus koordináták, $g_{nm}(t), h_{nm}(t)$ a t epochára vonatkozó gömbfüggvény-együtthatók, a $P_{nm}(\cos \psi)$ pedig az asszociált Legendre függvények (pl. Biró et al. 2013).

Az (1) gömbfüggvény-sorban g_{20} a legkisebb fokszámú együttható, amely az axiális kvadrupóltérteret reprezentálja. Ennek az éves változása (\dot{g}_{20}) negatív, ami geometriailag az axiális kvadrupóltér tengelyirányú eltolódásával értelmezhető. Itt nem részletezett megfontolások alapján az axiális kvadrupóltér tengelyirányú eltolódásának SV-a (W) a

$$W = (\dot{g}_{20} R) / (2 g_{10}) \quad (2)$$

összefüggéssel számolható (pl. Márton 1980). W 2010.0 időpontra számolt értéke 1,22 km/év. A maximális érték 2,6 km/év volt a hetvenes években. A folyamat során a déli hemiszférában az intenzitás értékek többnyire csökkennek, az északi féltekén több területen intenzitás-növekedés tapasztalható. Ez a trend a H komponensben is megfigyelhető.

A deklináció (D) változásának legfontosabb jellemzői

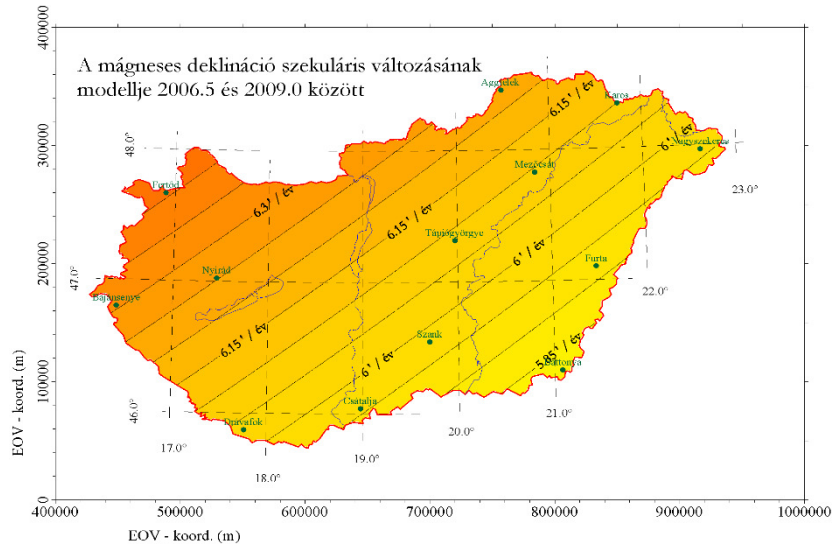
Amennyiben az 1-es ábrán bemutatott D menetet megfosztjuk lineáris trendjétől és ezt összehasonlítjuk más obszervatóriumok hasonlóan módosított regisztrátumával, akkor közel azonos viselkedést tapasztalhatunk. A SV azonos években válik lassabbá vagy gyorsabbá és ez a jelenség a deklináció esetén a legszembetűnőbb. A jelenség a *jerk* (magyarul rándulás) elnevezést kapta (Mandea et al. 2010). 1992, 1995, 2003 ill. 2006 évek változásaiban valószínűsíthető a *jerk* jelensége. Megjegyezzük, hogy 2006 utáni deklináció változás üteme kirívónak mondható, legutoljára 1940 körül volt ennyire intenzív. A deklinációban azonosítható legnyilvánvalóbban a nyugati drift folyamata is. Térségünkben a deklináció keleti irányú, és kelet felé haladva egyre nagyobb. Időben is egyre növekvő értéket vesz fel. A nyugati drift üteme is meghaladja napjainkban az általában említett 0,2 fok/év változást. A deklináció SV-a a Föld a belső és külső magjának geofizikai folyamataival áll szoros kapcsolatban. (Livermore et al. 2013.)

A mágneses tér elemeinek térbeli SV-ja Magyarországon

A vizsgált időszakban szekuláris mérési kampányokat is folytattunk 1995, 2000, 2003, 2006, 2009, 2010 és 2013 években. A pontok elhelyezkedését 4. ábrán láthatjuk. Tekintve, hogy a hálózat mágneses anomáliáktól mentes, a felmérés alkalmas a mágneses normáltér meghatározására is.

4. ábra. A magyarországi szekuláris hálózat (zöld pontok) és a deklináció SV-ának kiegyenlített térbeli eloszlása 2006.5 és 2009.0 között

Figure 4. Locations of the Hungarian repeat stations (green dots) and the spatial distribution of D secular variation between 2006.5 and 2009.0



A t_2 és t_1 epochákra vonatkoztatott szekuláris kampányok eredményeinek egy évre eső különbségei alapján meghatározható a térkomponensek SV-jának kiegyenlített térbeli eloszlása, a földrajzi koordináták (ϕ , λ) alábbi elsőrendű polinomja szerint:

$$\hat{B}_x^{\text{sec}(t_2, t_1)} = p_0 + p_1 \cdot (\phi - 45,5^\circ) \cdot 60 + p_2 \cdot (\lambda - 16,0^\circ) \cdot 60, \quad (3)$$

Ahol p_0 , p_1 , p_2 a szekuláris változásra jellemző együtthatók. A kiegyenlítés után a s. v.-t leíró együtthatókat az 1. táblázatban adjuk meg külön-külön az egyes mágneses komponensekre és a vizsgált időszakokra. (Kovács et al. 2012)

5. táblázat. A mágneses térkomponensek különböző epochák közötti átlagos s. v.-át megadó, földrajzi koordináták szerinti elsőrendű polinom (lásd szöveg) együtthatóinak értékei az 1995 és 2010 között végzett szekuláris mágneses hálózati mérések és obszervatóriumi éves átlagértékek alapján. p_0 egysége perc/év (D), illetve nT/év (H és Z), p_1 és p_2 egysége pedig 1/év (D), illetve nT/(év*perc) (H, Z)

Table 6. Coefficients of the first-order polynomial normal annual change of the secular variation of the geomagnetic elements for Hungary in periods between consecutive repeat station campaigns. The unit of p_0 is min./year and nT/year for the angular and intensive components, respectively. p_1 and p_2 is given in 1/year for D , while in nT/(year*min.) for H , Z components

Időszak (év)	Deklináció (D)			Horizontális intenzitás (H)			Vertikális intenzitás (Z)		
	p_0	p_1	p_2	p_0	p_1	p_2	p_0	p_1	p_2
1995.5-2000.5	5,42	0,001	-0,0025	0,68	-0,00336	0,00686	33,9	-0,00031	0,00104
2000.5-2003.5	5,09	0,00108	-0,00027	7,8	-0,00524	-0,014	37	0,00759	-0,0689
2003.5-2006.5	4,78	0,00179	-0,00055	13,7	-0,00859	-0,00735	27,3	-0,00618	0,00285
2006.5-2009.0	6,13	0,00276	-0,00144	14,4	-0,00614	-0,01087	26,1	0,00754	0,00302
2009.0-2010.5	7,39	-0,00133	0,0003	7,4	-0,01836	0,01466	31,5	-0,00353	0,01278

Irodalom

- Biró P, Ádám J, Völgyesi L, Tóth Gy 2013: A felsőgeodézia elmélete és gyakorlata. HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Nonprofit Kft. Kiadó, Budapest. Egyetemi tankönyv és kézikönyv.
- Bullard E. C. 1967: The removal of trend from magnetic surveys. *Earth and Planetary Science Letters*. 2(4), 293-300.
- Finlay C. C. et al. (International Association of Geomagnetism and Aeronomy, Working Group V-MOD. Participating members) 2010: International Geomagnetic Reference Field: the eleventh generation. *Geophysical Journal International*, 183(3), 1216-1230. DOI: 10.1111/j.1365-246X.2010.04804.x
- Kovács, P., A Csontos, B. Heilig, A. Koppán 2010: Hungarian repeat station survey, 2010: Special issue of "Annals of Geophysics" on 5th MagNetE Workshop on European Geomagnetic Station Survey, Rome, Italy pp. 1113.-1119., 2013.
- Livermore P. W., R. Hollerbach, A. Jackson 2013: Electromagnetically driven westward drift and inner-core superrotation in Earth's core. *PNAS*, published online September 16, 2013; doi: 10.1073/pnas.1307825110
- Mandea, M., R. Holme, A. Pais, K. Pinheiro, A. Jackson, G. Verbanac 2010: Geomagnetic Jerks: Rapid Core Field Variations and Core Dynamics, *Space Sci Rev*, 155, 147-175, DOI 10.1007/s11214-010-9663-x, 2010.
- Márton P.: Földmágnesség, Tankönyvkiadó, Budapest. 1980.

KÁRPÁT-PANNON RÉGIÓ A POTENCIÁLTÉR ADATOK TÜKRÉBEN

CARPATHIAN-PANNONIAN REGION IN THE MIRROR OF POTENTIAL FIELD DATA

Kiss János¹, Prácser Ernő²

¹Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, kiss.janos@mfgi.hu

²MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet

Abstract

At present days thanks to the data integrations and the satellite measuring techniques, big areas covering by gravity and magnetic data are available for us to interpret. Going across the state boundaries it does not mean data deficiency and the anomaly field does not change on the other side of the border, and after all where this appears on some kind of level, there all of this easily can be corrected in our Internet world with the cooperation between vocational sibling organisations.

The area's gravity data and map is available duly for the „East–West Gravity Project – EWGP” (GETECH–ELGI project) while the European magnetic anomaly map is available thanks to the „Mediterranean Magnetic Project – EMMP” (GETECH).

These data map the upper crust of the Earth based on the density or magnetic characteristics of the geological formations that may report:

- Boundary of different geological formations (gravity lineaments – HUNGEO 2004);
- Deep geological structures and subsurface flowing of fluids connected to that (like hydrodynamic flow system – HUNGEO 2008A);
- Geodynamical processes (isostatic movements – HUNGEO 2012);
- Mineralogical changes (magnetic phase transition – HUNGEO 2008B);
- Anomalies connected to the volcanism (buried volcanic bodies – HUNGEO 2000).

Beside direct some indirect information is inferable from these maps about the development of the Kárpát-Pannon region. In our presentation we are going to show this secondary information.

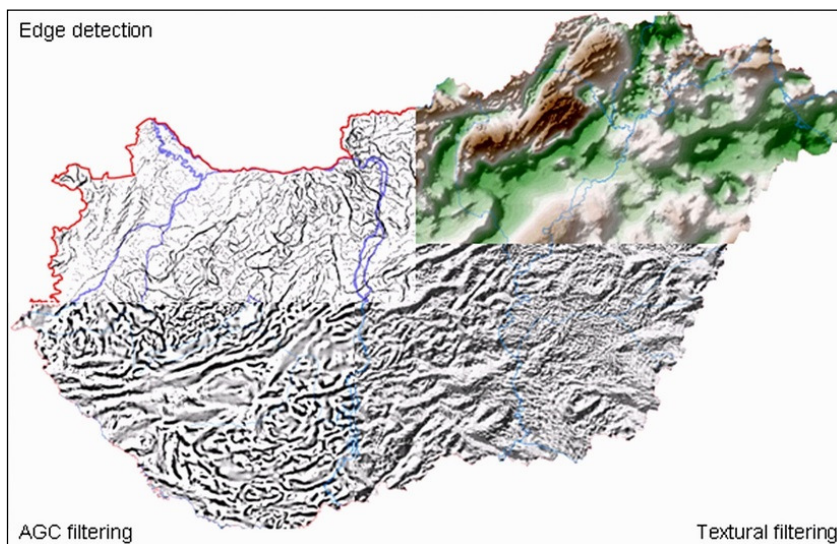
Keywords: Carpathian-Pannonian Region, Bouguer anomaly, magnetic anomaly, lineaments, geodynamics, isostasy

Kulcsszavak: Kárpát-Pannon térség, Bouguer-anomália, mágneses anomália, lineamensek, geodinamika, izosztázia

Képződményhatárok, szerkezeti vonalak (HUNGEO 2004)

2004-ben tartott előadásunkban bemutattuk a magyarországi gravitációs adatok alapján, digitális adatfeldolgozások segítségével készített gravitációs hatóperem, illetve lineamens térképeket (7. ábra). A feldolgozási eredményeket később a Magyar Geofizikában is közzé tettük (Kiss 2006).

Ezek a feldolgozások természetesen az egész Kárpát-Pannon régióra kiterjeszthetők, ha rendelkezésre áll a megfelelő felbontású, az egész térséget lefedő adatrendszer.



7. ábra. Képfeldolgozási eljárások és hatóperem-kijelölések a gravitációs adatokon

Figure 1. Image processing and edge detection of gravity data

Szerkezeti vonalakkhoz kapcsolódó jelenségek (HUNGEO 2008A)

2008-ban a lápi élőhelyek (pl. tündérrózsák) és a gravitációs lineamensek kapcsolatát vizsgáltuk. A botanikai (elsősorban vízi) élővilág mintázata és a gravitációs hatóperemek vizsgálata azt mutatta, hogy valamiféle rejtett kapcsolat van, például a tündérrózsás élőhelyek és a gravitációs lineamensek között. A mélytörések, szerkezeti vonalak mentén idős, oxigénhiányos vizek áramolnak felfelé, a túlnyomás következtében. Ezt az oxigénhiányos, nagy sótartalmú feláramló vizet azonban, még a felszíni vizekkel való keveredés után is csak néhány erre

specializálódott növényi faj (*amit körbevesznek* az izosztatikus gyökérvonalaktól származó gravitációs minimumok (9. ábra).

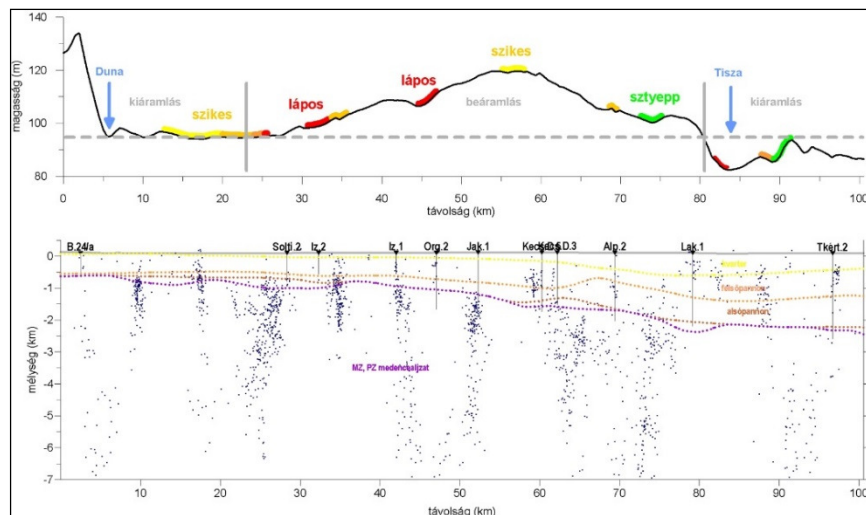
8. ábra) képes elviselni.

A lápi- és a szikes sorozatok élőhelyei egységesen a kiáramló felszín alatti vizek régióiban helyezkednek el, amelyek földtani felépítésből adódó hidrogeológiai jelenségekhez kapcsolódnak (Szalma, Kiss 2006; Kiss, Szalma 2007). A víz mozgását, a vízzáró összleteket elnyíró (túlnyomásos zónákat megnyitó) mélytörések determinálják, amelyek gravitációsan kimutathatók (*amit körbevesznek* az izosztatikus gyökérvonalaktól származó gravitációs minimumok (9. ábra).

8. ábra).

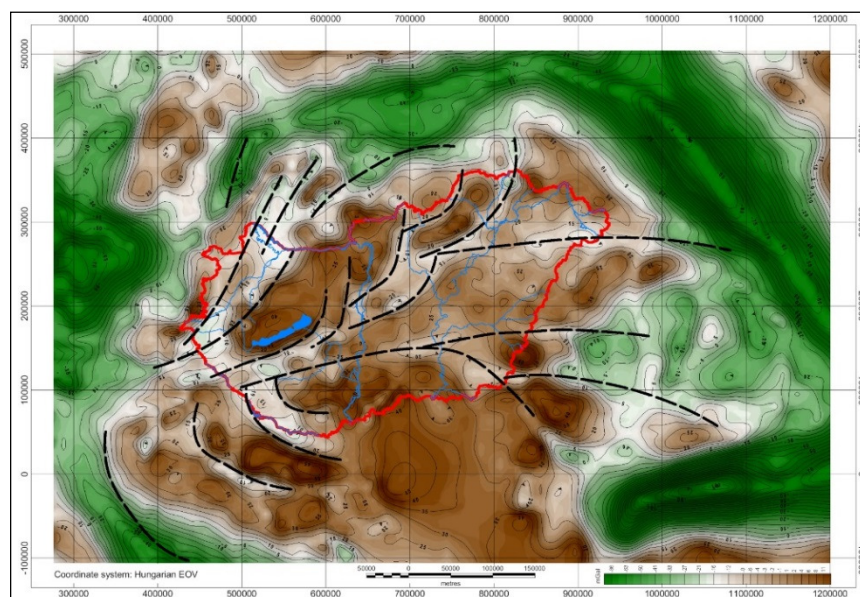
Geodinamikai folyamatok (HUNGEO 2012)

A Kárpát-Pannon régió gravitációs Bouguer-anómália adatainak spektrális vizsgálata azt mutatja, hogy a Moho mélységű változások hatása is benne van a mérési anyagban. A domborzat és a Bouguer-anómália negatív korrelációja izosztatikus hatásokat (izosztatikus gyökérvonalakat és köpeny-kiemelkedéseket) jelez a régióban (Kiss 2009, 2010). A régiót lefedő Bouguer-anómália térképen a Pannon-medence egy gravitációs maximum, amit körbevesznek az izosztatikus gyökérvonalaktól származó gravitációs minimumok (9. ábra).



8. ábra. Be- és kiáramlási területek, valamint a botanikai növénytársulások a Duna-Tisza közén (felül); gravitációs feldolgozásokból (fekete pontok) kirajzolódó vetők (alul)

Figure 2. Recharge and discharge areas and different botanic associations at the Duna-Tisza Interfluve (above); deep tectonic structures getting from gravity by black points (below)



9. ábra. A Kárpát-Pannon régió Bouguer-anomália térkép lokális minimumzónái alapján azonosítható lineamentek, valamint a környező hegyek (izosztatikus gyökérzónák) vonalában kialakuló regionális gravitációs minimumok (Kiss 2012)

Figure 3: Bouguer anomaly map of Carpathian-Pannonian Region with lineaments along the local minimum zones and regional minimums below the mountain ridges (Kiss 2012)

A hegyvonulaton belül a maximum nem teljesen egységes, mert mély, kéreg és köpeny eredetű nyírési zónák húzódnak rajta végig, amelyek az ALCAPA és a TISIA egységek geodinamikai mozgásának lenyomatai. A mozgás során, a blokkok rotációjának nyomai (ALCAPA CCW rotáció, TISIA CW rotáció) is felismerhető ezekben az anomáliarajzolatokban.

Kőzettani változásokra utaló jelenségek (HUNGEO 2008B)

Victor Conrad szeizmológus megfigyelései alapján van egy olyan határfelület a Földben, ahol a sebesség hirtelen megváltozik, ez a Conrad-határfelület. A felület az alsó és felső kéreg határfelülete, azaz a SiAl (gránit) és a SiMa (bazalt–gabbró) rétegek elválasztó vonala, egy olyan kőzettani átalakulási felület, ami kontinentális területeken jelentkezik 15–30 km mélységben. Megfigyeléseink alapján a Curie-hőmérsékleti mágneses fázisátalakulás ugyancsak ebben a mélységtartományban jelentkezik! A mágneses fázisátalakulás során a rugalmassági konstans is kritikus értéket vesz fel, ami szeizmikus anomália kialakulásához vezet! Ahol a gabbró–bazalt öv (alsó-kéreg) bázisos anyaga a geotermikus adottságok következtében a Curie-hőmérséklet feletti tartományába kerül, jelentős mágneses anomáliát okozhat (10. ábra).

Vulkanizmusra utaló anomáliák (HUNGEO 2000)

Részterületek vulkanizmusával (pl. a Mátra vagy a Tokaji-hegység) foglalkoztunk már korábbi előadásainkban és publikációinkban (például: Zelenka, Kiss 2008; Zelenka et al. 2012). A mágneses adatokon elvégezett hatóperem-kijelölések is alapvetően magmás eredetű képződmények hatását tükrözik (Kiss 2013). A szubdukcióhoz kapcsolódó mészkáli vulkanitok a legjelentősebb vulkáni eredetű képződmények a Kárpát-medencében és a mágneses anomáliák egy része is ezeknek köszönhető (10. ábra).

A mészkáli vulkanitoknak (pl. andezit) jellemző megjelenési helye lemeztektonikai szempontból az óceáni-kontinentális lemezek ütközése mentén található szubdukciós zóna – egy ilyen képződési helyről, az Andok hegységből kapta a nevét is a kőzet. Az andezit a magyarországi tapasztalatok alapján az egyik fő mágneses ható. Feltételezhető, hogy az andezitek – a mágneses anomália térkép rajzolatai – és a lemeztektonika magyarországi megjelenési formái között kapcsolat lehet.

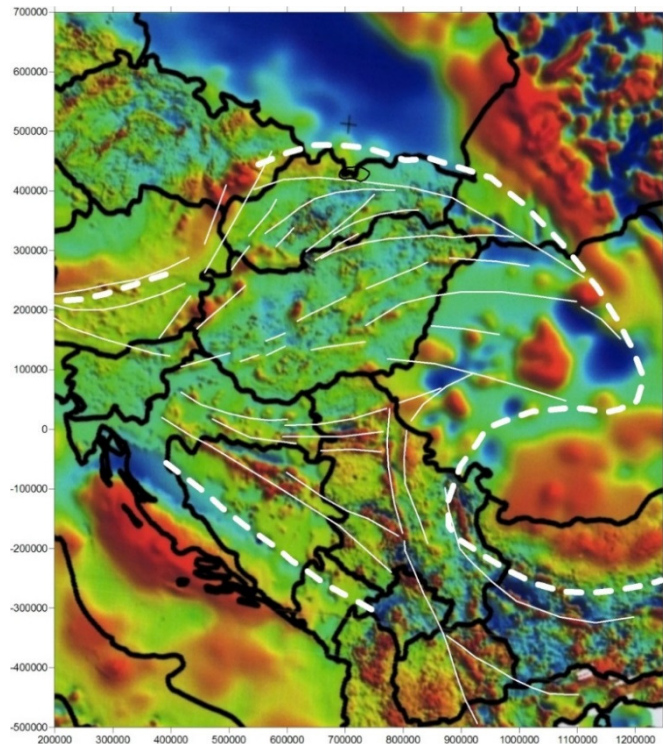
A bazaltok esetenként pontszerűen, néha szerkezeti vonalak mentén jelentkeznek, ez utóbbi megjelenési forma a riftesedéssel függ össze. Az obdukciós zónák ofiolitjai szintén okozhatnak sávos mágneses anomáliákat, de az obdukált ofiolitokkal szórványosan is megjelenhetnek (ez utóbbit az értelmezésekben nehéz kezelni).

A mágneses hatók jelentős része, a mélységi helyzete miatt nem, vagy csak kevésbé ismert, ilyenek a riftzónák bazaltjai, az obdukált ofiolitok és a metavulkanitok. Ezeknek az anomáliáknak a helyzete fejlődéstörténeti és lemeztektonikai szempontból lehet nagyon érdekes.

A térképekről a közvetlen információk mellett közvetett információk is kikövetkeztethetők, amelyek a Kárpát-Pannon régió kialakulásával vannak kapcsolatban.

10. ábra. Mágneses lineamentek (fehér vonal) a régió mágneses anomália térképén a hegyek gerincvonálával (vastag szaggatott vonal)

Figure 4. Magnetic lineaments (by white lines) on the magnetic anomaly map of the region with the ridges of the mountains (by thick dashed lines)



Irodalom

- Fletcher K. M. U., Fairhead J. D., Salem A., Lei K., Ayala C., Cabanillas P. L. M. 2011: Building a higher resolution magnetic database for Europe for resource evaluation, *First Break*, 29, 41–47.
- HUNGEO 2000: Balázs E., Balogh k., Kiss J., Kozák M., Nemesi L., Pécskay Z., Püspök Z., Ravasz Cs., Székyné Fux V., Újfalussy A., Zelenka T. 2000: Eltemetett miocén vulkáni szerkezetek Magyarországon, *Magyar Földtudományi Szakemberek V. Világtalálkozója, Piliscsaba, 2000, augusztus 15–19.*
- HUNGEO 2004: Kiss J., Vértesy L., Gulyás Á., Prácser E. 2004: Magyarország gravitációs lineamentek térképe (kezdeti lépések), *Magyar Földtudományi Szakemberek VII. Világtalálkozója, Szeged, 2004, augusztus 28 – szeptember 2.*
- HUNGEO 2008: A Kiss J., Szalma E. 2008: Tündérrózsás élőhelyek és gravitációs lineamentek kapcsolata az alföldön, *Magyar Földtudományi Szakemberek IX. Világtalálkozója, Budapest, 2008. aug. 20-24.*
- HUNGEO2008B: Kiss J., Szarka L., Prácser E. 2008: A mágneses fázisátalakulás geofizikai következményei, *Magyar Földtudományi Szakemberek IX. Világtalálkozója, Budapest, 2008. aug. 20-24.*
- HUNGEO 2012: Kiss J. 2012: Lehetséges izosztatikus hatások a Kárpát-medencében, *Magyar Földtudományi Szakemberek XI. Találkozója, Eger 2012. augusztus 20-25.*
- Kiss J. 2006: Magyarország gravitációs lineamentek térképe – első eredmények, *Magyar geofizika*, 47. évfolyam, 2. szám, pp. 1001–1010.
- Kiss J. 2009: Regionális gravitációs anomáliák, izosztatikus hatások Magyarországon, *Magyar Geofizika*, 50. évfolyam, 4. szám, pp. 153–171.
- Kiss J. 2010: Mély medencék izosztatikus hatása, *Magyar Geofizika*, 51. évfolyam. 3. szám, 1–13 oldal.
- Kiss J. 2012: A Kárpát-Pannon Régió Bouguer-anomália térképének frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése, *Magyar Geofizika*, 53. évf. 4. szám, pp. 236–257.
- Kiss J. 2013: Magyarországi geomágneses adatok és feldolgozások: spektrálanalízis és térképi feldolgozások, *Magyar Geofizika*, 54. évf. 2. szám, pp. 89–114.
- Kiss J., Szalma E. 2007: Tündérrózsák és a gravitációs tér?, *Magyar geofizika*, 2007. 48. évfolyam, 2. szám, pp. 56–69.
- Mádlné Szőnyi J., Simon Sz., Tóth J., Pogácsás Gy. 2007: Felszíni és felszín alatti vizek kapcsolatának vizsgálati eredményei a Duna-Tisza közén, OTKA T047159 pályázat, ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék.
- Szalma E., Kiss J. (2006: A Kiskunsági Nemzeti Park területén található felszín alatti vizektől függő vizes élőhelyek botanikai és geofizikai vizsgálata, *Hidrogeológiai tájékoztató*, 46. évfolyam, 1. szám, 61–62 oldal.
- Zelenka T., Kiss J. 2008: The structure of the Recsk Paleogene magmatites from the aspects of geophysical and geological data, in: *Geosciences, Recsk And Lahóca Geology Of The Paleogene Ore Complex, Proceedings of the University of Miskolc, Series A, Mining, Volume 73.*
- Zelenka T., Gyarmati P., Kiss J. 2012: Paleovolcanic reconstruction in the Tokaj Mountains, *Central European Geology*, Vol. 55/1, pp. 49–84 (2012) doi:10.1556/CEuGeol.55.2012.1.4

A MÉRNÖKGEOFIZIKA HELYE ÉS SZEREPE A GEOTUDOMÁNYOKBAN

STATE OF THE ART OF ENGINEERING GEOPHYSICS IN GEOSCIENCES

Törös Endre, Prónay Zsolt, Tildy Péter

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet
toros.endre@mfgi.hu

Abstract

The state of the art of engineering geophysics are introduced on case histories were carried out by Department of Engineering Geophysics of Geological and Geophysical Institute of Hungary (MFGI) over the last few years.

Keywords: seismic velocity, civil engineering, stability analysis, angle of internal friction, hydrogeological parameters, cavity detection

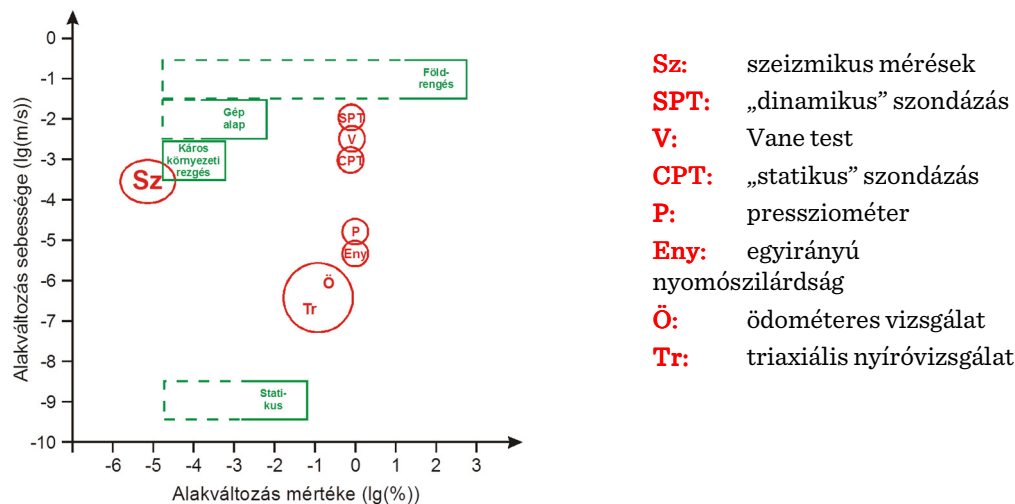
Kulcsszavak: szeizmikus sebesség, geotechnika, állékonysági vizsgálatok, belső súrlódási szög, hidrogeológiai paraméterek, üregkutatás

Bevezetés

A jelenkori mérnökgeofizikai kutatásokban a klasszikus geológiai feladatok megoldásának támogatásán túl előtérbe kerültek a mérnöki tervezéseket segítő, azok munkáját jelentősen megkönnyítő mérnökgeofizikai tevékenységek. A mérnökgeofizikának új eszközei is megjelentek vagy speciálisan ilyen feladatok megoldására új eljárások is bekerültek a kutatás eszköztárába. Az MFGI által az utóbbi években végzett munkákon keresztül mutatjuk be mérnökgeofizika aktuális szerepét és helyét a geotudományokban.

A szeizmikus sebességekből származtatható paraméterek

A geofizikai módszerekkel meghatározható kőzet- és talaj paraméterek közül a szeizmikus módszerekkel meghatározhatók vannak leginkább rokonságban a mérnökök által használt in situ anyagi jellemzőkkel. Nem véletlen, hiszen pl. tökéletesen rugalmas közegben a hullámok kőzetre jellemző terjedési paraméterei és a rugalmas anyag alakváltozási paraméterei a sűrűség ismeretében egymásba kölcsönösen átszámíthatók. A gyakorlatban az átszámíthatóságot két fontos tényező rontja. Az egyik, hogy a szeizmikusan vizsgált reális közegek tulajdonságai – kőzetek esetében kevésbé, talajoknál nagyobb mértékben – eltérnek a rugalmas közeg tulajdonságaitól. A másik, hogy a mérnöki gyakorlatban az anyagi jellemzők meghatározására végzett különböző terepi eljárások főleg az alakváltozás sebességének mértékében egymástól is eltérhetnek, így a velük meghatározható anyagjellemzők sem mutatnak tökéletes egyezést. A szeizmikus és a geotechnikai feltérési módszerek összehasonlíthatóságát az 1. ábrán mutatjuk be.



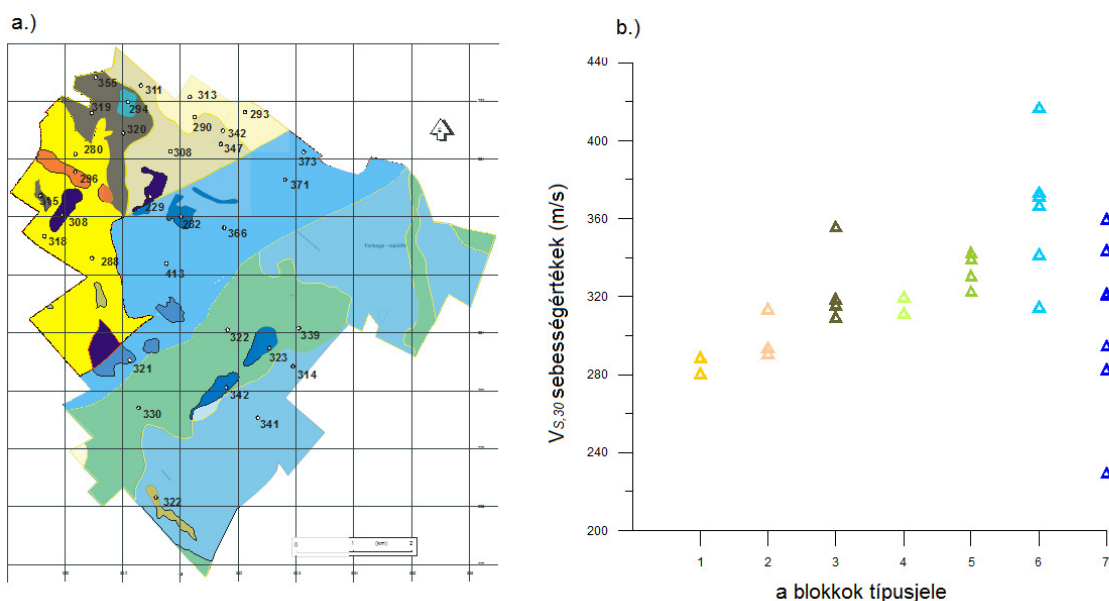
1. ábra. A szeizmikus- és a geotechnikai feltérési módszerek összehasonlítása (Törös 2006)

Figure 1. Comparison of seismic and geotechnical exploration methods on the rate and extent of deformation (Törös 2006)

A fentiekből jól látszik, hogy a szeizmika eredményeire leginkább a különböző rezgésvizsgálatokkal kapcsolatos alkalmazásokban (pl. földrengés veszélyeztetettség) számíthatnak a mérnökök, míg a nagy alakváltozással járó statikus folyamatok eseteire a szeizmikus módszerrel meghatározható kőzetjellemzők felhasználása eléggé korlátozott.

A talajok földrengés átviteli hatásainak térképezése

Az Intézetben 2000 óta foglalkozunk a talajok földrengés átviteli paramétereinek térképezésével. A projekt során budapesti kerületek EUROCODE 8 talajtípusain alapuló helyi hatás térképeit szerkesztettük meg a budapesti építésföldtani atlasz térképlapjai és terepi geofizikai mérések adataiból. A talajtípus osztályozáshoz a szabvány ajánlásaiban szereplő $V_{S,30}$ paramétert alkalmaztuk, a transzverzális hullám sebességeket a feladatra optimalizált költség-hatékony felületi hullám mérésekből határoztuk meg. A 2. a. ábrán Budapest XVIII kerületének földtani információk alapján kialakított – a szeizmikus tulajdonságokat is figyelembe véve, a földrengés átviteli szempontból hasonlóan viselkedő – blokkjait láthatjuk a mért $V_{S,30}$ sebesség értékekkel. Az adatok egyes blokkokban viszonylag nagy szórása (2.b. jelű ábra) problémás, pl. feltöltött területet jelent, ez jól illusztrálja, hogy a földrengések helyi hatásának értékét a földtani és a geofizikai eredmények alapján együttesen célszerű meghatározni.



2. ábra. a.) Blokkok kialakítása a földtan és $V_{S,30}$ sebességértékei alapján, b.) a különböző blokkokba eső helyszínek $V_{S,30}$ sebességértékei (Tildy 2003)

Figure 2. a.) Forming single-blocks on both geology and $V_{S,30}$ values, b.) $V_{S,30}$ values in blocks (Tildy 2003)

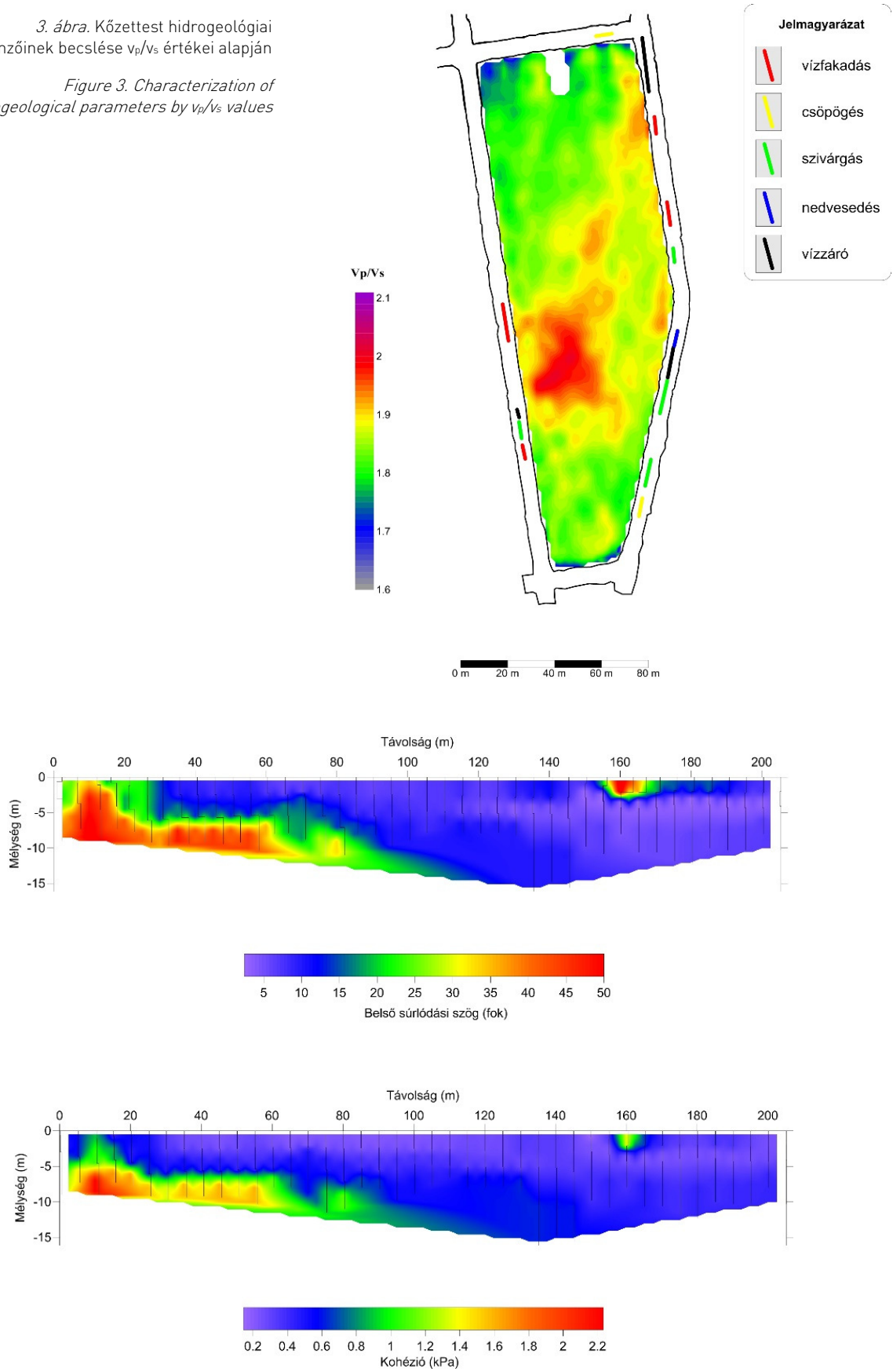
Kőzetek paramétereinek bányászati célú geofizikai vizsgálata

Szilárd kőzetek esetében a szeizmikus P- és S-hullám sebességtérből számított dinamikus kőzetparaméterek, vagy az ezekből származtatott mennyiségek jól használhatók geotechnikai tervezési célokra. A Bataapátiban a kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladéktároló optimális elhelyezéséhez a jelentős felszíni és fűrészközi geofizikai kutatás mellett lehetőségünk nyílt a végleges tárolótér kialakítása előtt, vágatok között végzett „átvilágító” geofizikai mérések kivitelezésére, amelyekkel a geológiai szerkezet meghatározásán túlmenően leképeztük a vizsgált tér kőzetmechanikai-bányászati és hidrogeológiai paramétereit. A kőzetjellemzőket a vágat falán mért szeizmikus hullámsebességek és az ugyanazon a helyen megfigyelt és rögzített kőzetállapotok és jelenségek összevetéséből kiindulva határoztuk meg a vágatok közötti térrészben.

A 3. ábrán a hidrogeológiai és a geofizikai adatok összevetését látjuk. A jó egyezés oka, hogy a transzverzális hullám sebességét a víz jelenléte nem, vagy csak alig befolyásolja, míg a longitudinális hullámét megnöveli ahhoz képest, mintha a kőzetteret levegő töltené ki, ezért a hányadosuk a vizet tartalmazó rétegekben megnő.

3. ábra. Kőzetest hidrológiai jellemzőinek becslése v_p/v_s értékei alapján

Figure 3. Characterization of hydrogeological parameters by v_p/v_s values



4. ábra. Zagyatározó gátján mért belső súrlódási szög (fent) és kohézió (lent) térképezése (Prónay 2013)

Figure 4. Mapping of angle of internal friction (above) and cohesion (below) on tailing dam (Prónay 2013)

Zagytarozók rézsűállékonyságának meghatározása

Talajok esetében a nyírószilárdságot a Mohr-Coulomb féle kritérium alapján definiálják, amelyben a két változó a talajok belső súrlódási szöge (ϕ) és a kohézió (c). Ezeket a mennyiségeket laboratóriumi mintákon lehet meghatározni, de a gyakorlatban leginkább ezen mennyiségek térképezésére van, ill. lenne szükség. A belső súrlódási szög, legalábbis laza talajokra, a v_p és v_s sebességekből számítható, a kohézió értékét pedig a v_p értékéből itt nem részletezett tapasztalati képletek segítségével lehet számítani (Altindag 2012). Az eljárás, mivel számos hibával terhelt, nem pótolja a pontosabb eredményt adó laboratóriumi méréseket, de jól használható egy-egy zagytározó gáttestjei inhomogenitásának felméréséhez, az optimális feltárási helyek meghatározásához.

A 4-es ábrán bemutatunk egy hazai zagytározó gátján végzett mérésekből meghatározott paraméter szelvényt, amelyen a belső súrlódási szög ϕ határok között változik. A kis értékek a képlékeny, a nagyobb értékek a szemcsés talajokra jellemzőek, a kis kohézió érték pedig átnedvesedett állapotra utal.

Laza talajok üregesedésének kutatása

Magyarországon többféle, építésföldtani szempontból gyenge talaj létezik, amely jelentősen ki van téve a talajvízmozgás, vagy a felszíni csapadékvíz keltette hatásoknak. A víz löszös talajon szerkezetileg oldja a talaj meszes kötését és ún. lösz kutak alakulnak ki (5. ábra), a szemcsés talajoknál pedig a finom frakciót átmozgatja és ülepíti a vízszint változás során. A folyamat a talaj üregesedéséhez vezet, amely a közvetlen beszakadások, talaj-rogyások észlelése után a teljes veszélyeztetett környezet átvizsgálását kívánja meg, első lépésben lehetőleg roncsolásmentes eszközökkel. Geofizikai szempontból a potenciálisan érintett területeket tudjuk lehatárolni, elkülöníteni a homokos talajokat a finomszemcsés, agyagos talajoktól, vagy magát a levegővel telített közeget keressük geoelektromos (Szalai et al. 2014), vagy földradar módszerrel.



5. ábra. Löszkút feltárásban

Figure 5. Water caused channels and cavities in trenching

Irodalom

- Altindag R. 2012: Correlation between P-wave velocity and some mechanical properties for sedimentary rocks. Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 112/3, Johannesburg, Mar. 2012.
- Prónay Zs. 2013: Mérnökgeofizikai módszertani kutatások: állékonysági paraméterek geofizikai vizsgálata, jelentés, MFGI Budapest, 21-24.
- Szalai et al. 2014: Studying the Fracture System of a Landslide by ERT Method, 76th EAGE Conference and Exhibition, Amsterdam.
- Tildy P. 2003: Településgeofizika (Mérnökseizmikus térképezés) Jelentés, ELGI Budapest, 5 – 15.
- Törös E. 2006: A szeizmikus módszer geotechnikai alkalmazásának kritikai vizsgálata, PhD értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem Sopron, 55-56.

IDENTIFYING PALAEOCHANNELS AND THEIR INFLUENCE ON GROUNDWATER SYSTEMS IN THE LOWER MURRUMBIDGEE CATCHMENT, NSW-AUSTRALIA

GEOFIZIKA, PALEO-CSATORNÁK ÉS VÍZELLÁTÁS FOLYÓVÍZI SÍKSÁGOKON:
LOWER MURRUMBIDGEE CATCHMENT, NSW-AUSTRALIA

Papp, Éva, McPhail, Derry C., Burraston, Lauren

Research School of Earth Sciences, Australian National University
eva@papp.com.au

Összefoglalás

A Lower Murrumbidgee Catchment, NSW alluvialis síkságán számos öntözéssel művelt terület található, ide tartozik a Coleambally Irrigation Area (CIA) is. A felszín alatti víz aktív öntözési célú kiaknázása számos problémát vet fel a területen a vízáadó rendszer komplexitása miatt, amely a folyóvízi környezet változásai során alakult ki. A mélyebb vízáadókból való intenzív vízkitermelés, valamint a vízdombok kialakulása és a növekvő sótartalom a sekély vízáadók esetében egyaránt problémákat vetít előre a jövőre nézve az öntözést illetően.

A jelen munkában a CIA, mint vizsgálati terület komplex felépítését és a területen az öntözéses vízkivétel hatásait próbáltuk megérteni integrált megközelítést alkalmazva, különféle módszerek segítségével. Radiometrikus vizsgálatok segítségével sikerült egyértelműen kimutatni a területen feltételezett, azonban még fel nem térképezett paleo-csatorna hálózatot. Ellenállásmérések igazolták, hogy paleo-csatornahálózatot nagyrészt homok építi fel, elsősorban agyagkitöltésekkel. Mindemellett a vizsgálatok arra is rámutattak, hogy a területen az öntöző csatornák vize hozzászivárog a felszín alatti vízhez.

A hidraulikai és vízkémiai adatok feldolgozásával a részben agyaggal kitöltött csatornák viselkedésére próbálunk következtetni, mivel ezek vízrekesztő képessége szerepet játszhat a talajvízszint és a sekély vízáadók sótartalmának növekedésében.

A munka egyértelműen rávilágított arra, hogy különösen öntözéses területeken a földtani és geomorfológiai felépítés megértése nélkülözhetetlen, hiszen a geomorfológiai viszonyok jelentősen befolyásolhatják a felszín alatti vízkészleteket. Mindemellett arra is felhívta a figyelmet, hogy a különféle geofizikai módszerek kombinálva más módszerekkel, nagy hatékonysággal alkalmazhatók komplex felépítésű alluvialis paleo-környezetek vizsgálata esetében.

Kulcsszavak: geofizika, radiometrika és ellenállás-felvételezés, erodált (alluvialis) síkság, paleo-csatornák, talajvíz, öntözés

Abstract

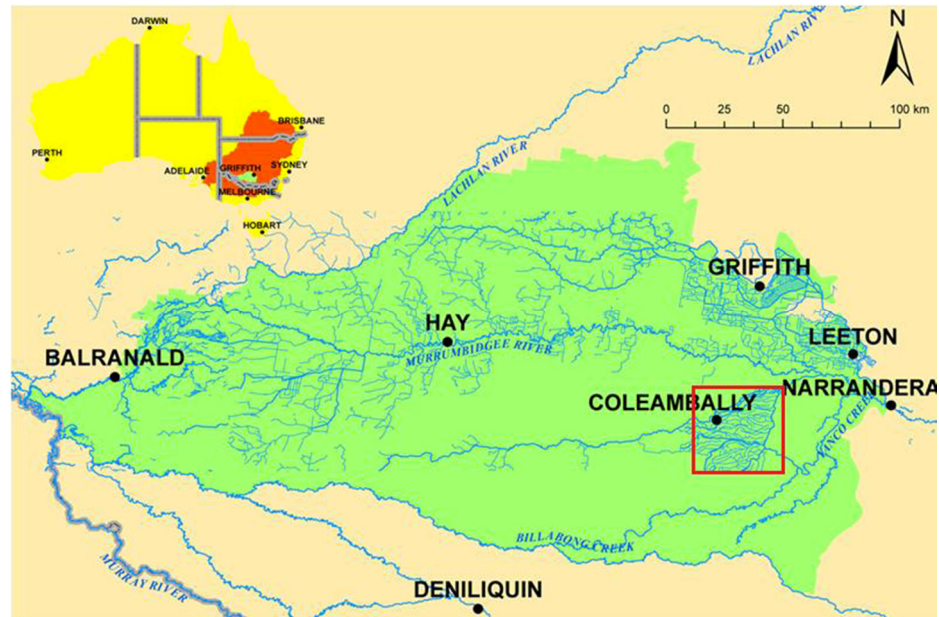
Alluvial plains are often host to major agricultural irrigation areas, such as the Coleambally Irrigation Area (CIA) in the Lower Murrumbidgee Catchment, New South Wales, Australia. There are multiple aquifers in the catchment, making it difficult to understand the impacts of groundwater extraction and irrigation. Known groundwater mounding from irrigation and decreasing hydraulic heads from groundwater extraction, combined with groundwater salinity represent a significant threat to the future of extraction and irrigation in the CIA. In this study we discovered a previously unmapped branch of a known palaeochannel system within the heavily irrigated CIA, based on radiometrics images. We then used a combination of resistivity geophysics, geological logs, hydrogeology and hydrogeochemistry to understand the subsurface geometry of the palaeochannel and the impacts on groundwater. Four resistivity surveys totalling 2.8 km length and 60 m depth were conducted over the palaeochannel, with survey lines run parallel to irrigation channels. The results revealed a broad sandy palaeochannel partially filled with clay sediments. The clay-rich regions can act as aquitards that impede downward groundwater flow and contribute to rising water tables and elevated levels of shallow groundwater salinity. The sand-rich parts of the channel can provide pathways for saline water from the shallow aquifers to leak into deeper aquifers. We also found evidence of leakage from bores and irrigation channels. Bore hydrographs show that the aquifers are well connected at depths greater than approximately 50 m, where groundwater is extracted for irrigation, but less well connected at shallower depths, reflecting the sand-rich and clay-rich parts of the channel. The shallow groundwater is saline and becomes fresher with increasing depth. Combined with strong downwards hydraulic gradients, this results in a risk to the water quality in the deeper aquifers, if the saline groundwater is transported into the freshwater aquifers at depth.

Keywords: Geophysics, radiometrics and resistivity imaging, alluvial plains, palaeochannels, groundwater, irrigation

Introduction

The Lower Murrumbidgee catchment of New South Wales, Australia (Figure 1), consists of an alluvial aquifer system and is widely used for agriculture and horticulture (e.g., Kumar 2010), particularly in the Murrumbidgee Irrigation Area (MIA) to the north of the river and the Coleambally Irrigation Area (CIA) to the south of the river. Water for irrigation in this arid environment is sourced from the Murrumbidgee River through a series of weirs and canals, and increasingly from fresh groundwater in deeper aquifers in the catchment. The sedimentology in the catchment is complex (e.g., Page et al. 2009) and this affects the distribution, quality and flow of groundwater in the multiple aquifers (e.g., Timms, Acworth 2002; Kumar 2010).

Figure 1. Location of the Lower Murrumbidgee catchment, NSW, Australia. The Coleambally Irrigation Area (CIA), which is the site of this study, is indicated by the red square



Characterising the complexity of groundwater resources in this catchment has been traditionally done using bore hole, drill core and other point sources of information (e.g., Kumar 2010) as well as computer models (e.g., Khan et al. 2004). The complexity, however, requires more detail than can usually be observed through these more traditional methods. Surface geophysical methods, such as radiometric imaging, can indicate features that reflect the subsurface geology affecting groundwater resources. The subsurface geology can be characterised using hydrogeophysics (e.g., Revil et al. 2012; Anderson, Acworth 2009), and has been done in the past on one area in the Lower Murrumbidgee catchment (Timms, Acworth 2002). The hydrogeology and hydrogeochemistry can be studied using piezometers to measure hydraulic heads and to sample groundwater for chemical analysis, such as in the Lower Murrumbidgee catchment (e.g., Kumar 2010).

In this study, we show how we identified a new palaeochannel and underlying geology in the Lower Murrumbidgee catchment using radiometrics and resistivity methods, and then used hydrogeology and hydrogeochemistry data to discuss the influence of palaeochannels on groundwater flow and quality. We also discuss the impacts of palaeochannels on irrigation and water use in this catchment.

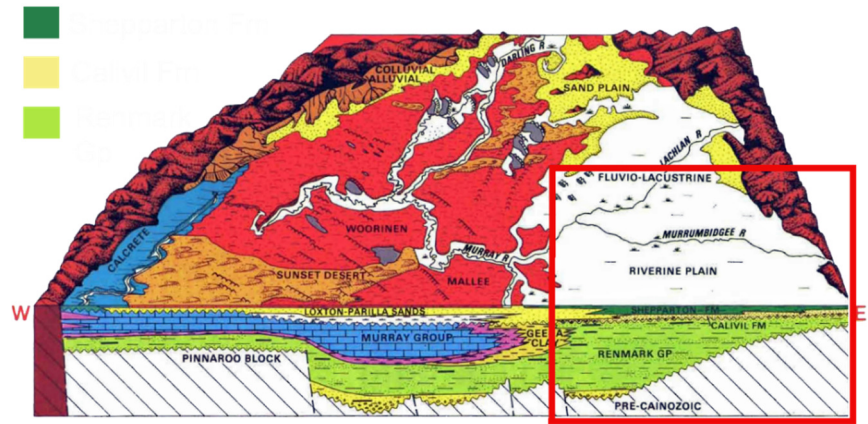
Regional overview

The Lower Murrumbidgee Catchment (LMC) lies within the Riverine Plain in the eastern Murray Basin (Figure 2). It covers an area of 33,000 km² and is located between the towns of Narrandera, Booligal, Balranald and Jerilderie (Cook et al. 2010). The landscape of the LMC is generally flat, with elevations ranging from 162 m above Australian Height Datum (AHD) in the east at Narrandera, to 56 m at Balranald, 400 km to the west (Kumar, 2010). The only relief is from sand dunes that are associated with palaeochannels (Page et al. 2009).

The Murrumbidgee River enters the LMC at Narrandera and flows west through the catchment. There are over 300 irrigation bores and 120 monitoring bores in the LMC that are monitored regularly for groundwater extraction volumes and levels (Kumar 2010). The Coleambally Irrigation Area (CIA), the site of this study, was developed between 1958 and 1970, together with the Snowy Hydro Scheme. The major land use in the CIA is rice farming in the summer, with wheat, barley, oats, pasture and canola being the main winter crops (CICL 2010). Rice is grown using flood irrigation and is the primary consumer of the irrigation water. The water is diverted from the Murrumbidgee River through man-made channels (500 GL/yr; CICL, 2010) and supplemented by groundwater (sometimes exceeding 300 GL/yr; Kumar 2010).

The LMC is a semi-arid environment with average annual rainfall of 440 mm in the east at Narrandera and 320 mm at Balranald in the west. Annual evaporation is between 1600 and 2000 mm (Kumar 2010). Average annual rainfall and evaporation at Coleambally is 395 mm and 1861 mm, respectively (CICL, 2010). Average temperatures range from 16°C to 36°C in summer, and 3°C to 18°C in winter (Commonwealth Bureau of Meteorology 2011).

Figure 2. Geology of the Murray Basin (Brown 1989). The Lower Murrumbidgee catchment is indicated by the red box



The Lower Murrumbidgee catchment is within the 77,000 km² Riverine Plain, which occupies the eastern half of the Murray Basin (see Lawrence 1975, Brown 1989, Brown, Stephenson 1991). The basement is deeply weathered Upper Palaeozoic and Mesozoic sedimentary rocks that form an impermeable boundary (Brown, Stephenson 1991). Cenozoic sediments overlie the basement and consist of terrigenous silt, sand and carbonaceous sediments associated with three major Tertiary sedimentary depositional events, followed by a phase of Quaternary sedimentation (Brown, Stephenson 1991). These events resulted in the formation of the Renmark Group, and the Calivil and Shepparton Formations, the major stratigraphic units underlying the Riverine Plain (Figure 2). The Riverine Plain is a large alluvial fan that was deposited by a complex system of palaeochannels, with its apex near Narrandera (Figure 3; Butler 1950; Langford-Smith 1960; Pels 1968; Page et al. 1996; Page et al. 2009).

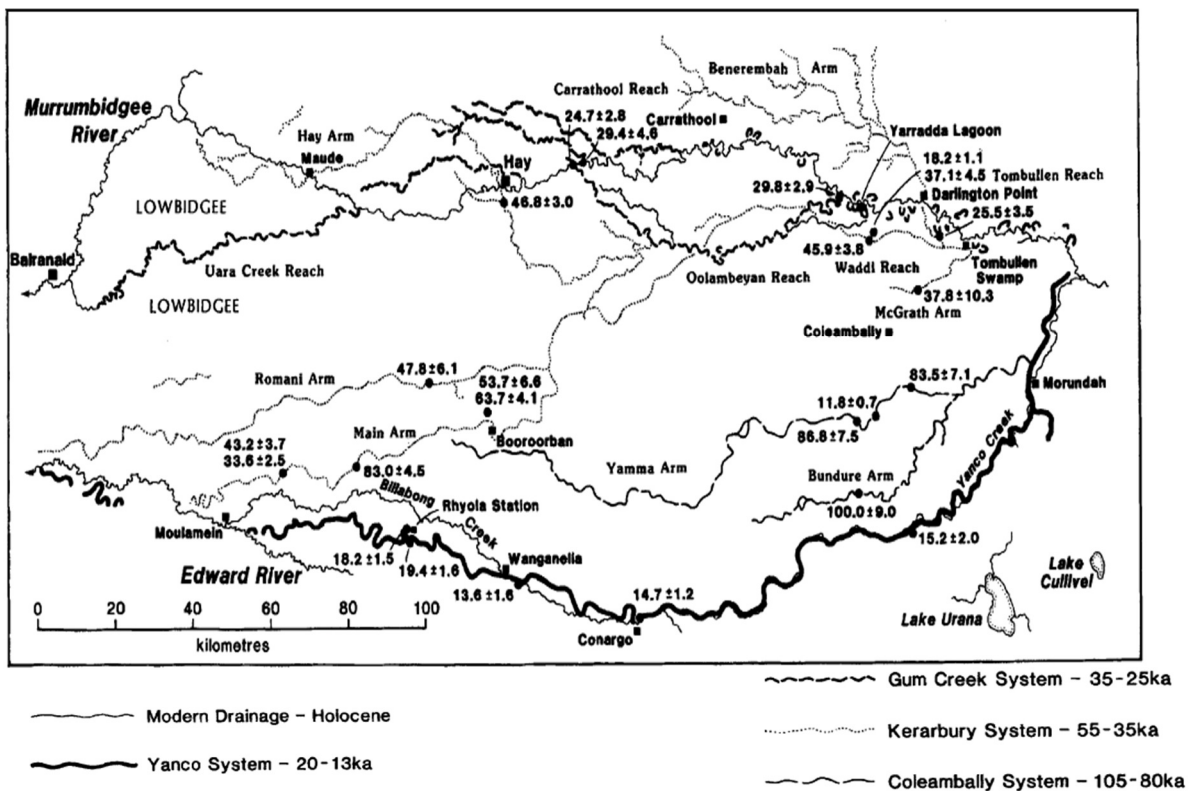
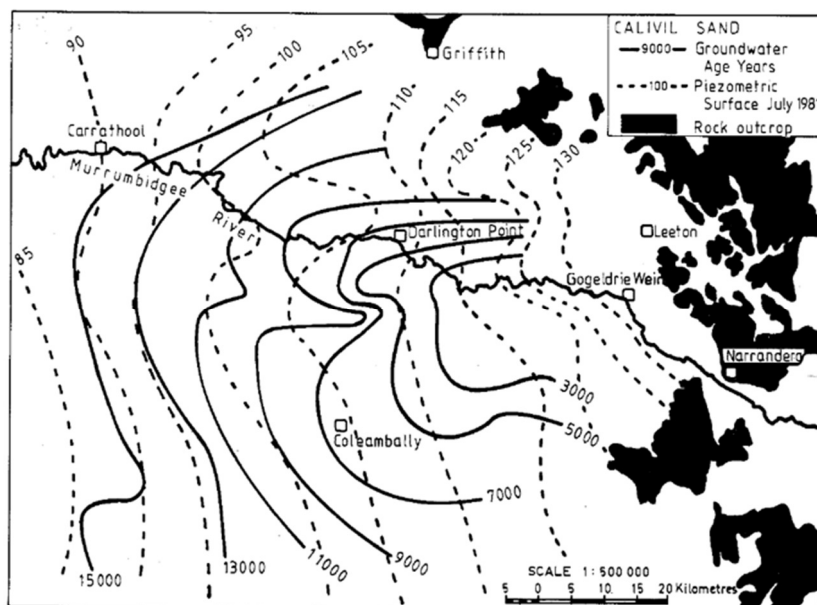


Figure 3. Murrumbidgee palaeochannel systems (Page et al., 2006). Hexagon symbol is the location of our study site

The groundwater resources are largely contained within aquifers in the Renmark Group and Calivil and Shepparton Formations, which are transmissive and hydraulically connected. The Renmark Group represents the basal semi-confined aquifer underlying the confined to semi-confined Calivil Formation. The Shepparton Formation is a composite aquifer-aquitard complex overlying the Calivil Formation (e.g., Khan et al. 2004; Kumar 2010). It is less transmissive than the underlying aquifers and the groundwater is more saline.

The dominant groundwater flow direction in all aquifers is approximately horizontal and east to west (Figure 4; Drury et al. 1984; Khan et al. 2004; Kumar 2010). Heterogeneity in the Shepparton aquifer influences the flow and quality of groundwater, because of the presence of clays, causing vertical flow to dominate in many areas (Evans, Kellet 1989). Downward leakage from the Shepparton into the underlying aquifers happens where lateral flow is inhibited and there are downward vertical hydraulic gradients (due to groundwater extraction and irrigation; Evans, Kellet 1989; Timms, Acworth 2001; Kumar 2010), possibly important in transporting saline water into the fresher Calivil aquifer.

Figure 4. Potentiometric and age contours of groundwater in the Lower Murrumbidgee catchment (Drury et al. 1984)



The development of the Coleambally Irrigation Area (CIA) has resulted in groundwater mounding (Prathapar et al. 1997). The water table in the CIA was 20 m below the ground surface prior to the development of irrigation, after which it rose at rates of up to 1 m/yr resulting in a large groundwater mound underlying the CIA; the water table is now within 2 m of the ground surface in some areas (Lawson, van der Lelij 1992). In contrast, hydraulic heads in deeper aquifers have decreased by up to 20 m from groundwater extraction (Kumar 2010). The combination of irrigation and extraction has in some areas resulted in steep downwards hydraulic gradients greater than 0.2 between the Shepparton and Calivil aquifers (Kumar 2010).

Methods

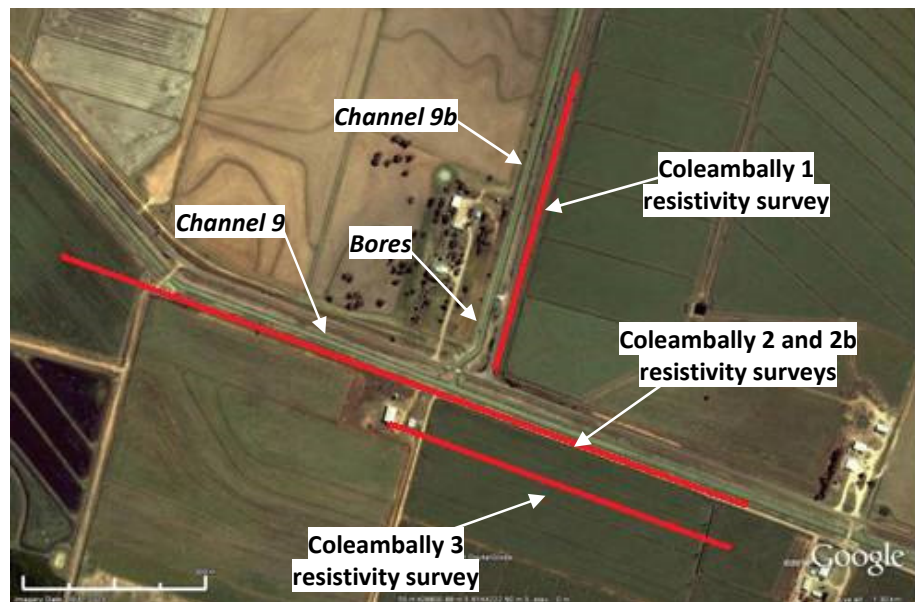
Airborne radiometric data (250 m line spacing; 100 m pixel size) were obtained from Geoscience Australia and was processed using ER Mapper™ software. A variety of image products were created, including pseudo-colour single-channel (K, U, Th), band ratios (e.g., Th/K) and three-band false colour composites. Images that showed distinct features were selected and integrated with Landsat images and other data sets in our study.

Resistivity profiles were measured with the ABEM Lund Imaging System, using the Alpha Wenner Array method (e.g., Loke, Barker 1996). Four multi-core cables (100 m long; 5 m take-outs) connected to stainless steel electrodes that were inserted 30 cm into the regolith. This layout results in a survey length of 400 m and a penetration depth of approximately 60 m. Three survey lines of up to 1200 m were measured using a roll-along technique (Coleambally 1, 2 and 3 lines; Figure 5).

The westernmost 500 m of the Coleambally 2 line was surveyed again 4 months after the first survey, in order to detect any temporal changes. The data were interpreted using the Res2DINV software (Loke, Dahlin 2002; Loke 2010) and consisted of noise suppression followed by inversion using the finite difference method with smoothness-constrained least-squares and Gauss-Newton optimisation (deGroot-Hedlin, Constable 1990; Sasaki 1992). The vertical to horizontal flatness filter ratio was set to one, in order to avoid making assumptions about the geometry of subsurface features. No topographic corrections were necessary due to the flatness of the site.

Groundwater was sampled using bailers for shallow bores (<15 m) and down-hole pumps for deeper bores. Shallow bores were emptied and left to recover for 24 hours before sample collection. Deeper bores were sampled at the screened interval using a QED Sample Pro MicroPurge© pump or a Bennett Sample pump. In both cases, groundwater was pumped through a flow cell fitted with electrodes to monitor temperature, electrical conductivity and pH. Values were recorded approximately every 15 minutes and groundwater samples were taken after the readings had stabilised for at least 30 minutes.

Figure 5. Resistivity survey lines, irrigation channel and bore locations at the Coleambally study site



Results and Discussion

We identified features that we interpret as previously unmapped palaeochannels, based on comparisons between the enhanced radiometrics images of our study and the drainage systems of Page et al. (2009); (Figure 6). The palaeodrainage systems that are clearly shown in Figure 6b (blue linear features) correspond to those identified by Page et al. (2009); (Figure 6a) using thermoluminescence dating (Figure 3). These features are associated with the McGrath Arm of the Kerarbury System, and the Yamma Arm of the Coleambally System (Figure 6b). The new feature we identified is an extension of the McGrath Arm that continues westward through the CIA, beyond the northwest termination of the Coleambally arm shown in Page et al. (1996); (Figure 6). The other new feature we identified is an additional channel of the Yamma Arm, which we interpret as a meander cutoff.

Airborne Radiometrics Remote Sensing

We found that variations in the Th/K ratio in the airborne radiometric data are effective in distinguishing the surface expression of palaeo and modern drainage channels in our study area. Lower Th/K ratios indicate palaeochannels, characterised by coarser sediment deposited in higher energy environments, e.g., the coarse sand-aggraded channels in the Riverine plain identified by Page, Nanson (2006) and Page et al. (2009). The coarser sediments have higher potassium-feldspar content, resulting from granitic sources, and consequently have lower Th/K ratios (e.g., Wilford et al. 1997). Modern channels are characterised by higher Th/K ratios, reflecting lower energy depositional environments with higher silt and clay content. For example, the Yanco palaeochannel system, which follows closely the current Yanco Creek (Figure 6a), is identifiable by a low Th/K ratio (Figure 6b).

The Yanco system is characterised by large, mixed-load sinuous laterally migrating palaeochannels, which subsequently evolved to the current smaller channels (Page et al. 2009) with the current highly sinuous flow regime characterised by higher Th and K consistent with fine clay and silt deposition. Bierwirth et al. (1996) and Wilford et al. (1997) made similar observations in the nearby Wagga Wagga region. They observed higher values of radioelements ($K > 1.4$ wt.% and $Th > 15$ ppm) along modern drainage systems that are likely the result of recent deposition of silt and clay.

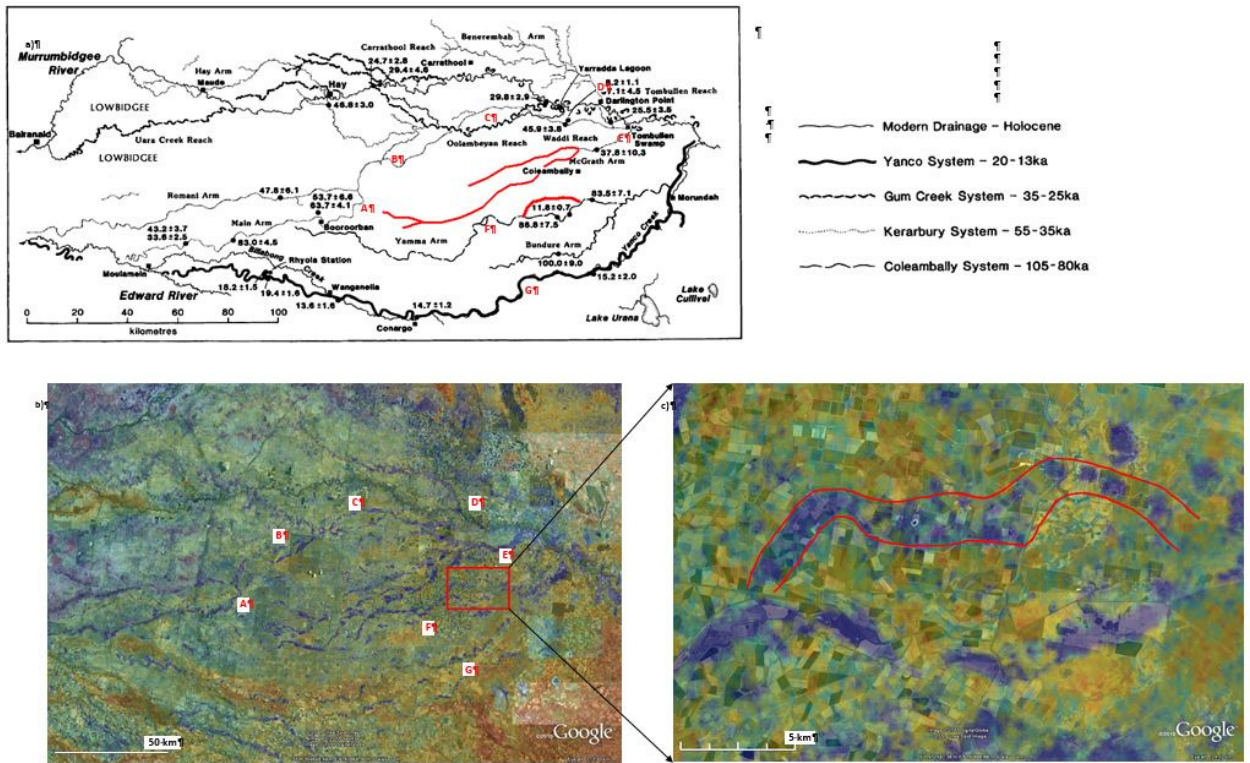


Figure 6. Comparison between (a) maps of late Quaternary palaeochannels on the Murrumbidgee section of the Riverine Plain (Page et al. 1996). Letters show palaeochannel features mapped by Page et al. (1996) which were also detected using gamma-ray spectrometry data. Red lines representing palaeochannels are shown to highlight palaeochannel features detected using gamma-ray spectrometry and not mapped by Page et al. (1996); (b) palaeochannel distribution identified using gamma-ray spectrometry in Murrumbidgee section of the Riverine Plain. Displayed as Th/K ratio, overlaid as a semi-transparent image in Google Earth Pro; and (c) inset highlighting (in red) branch of palaeochannel discovered using gamma-ray spectrometry data, trending in a roughly east-west direction through the study site

Ground-based Resistivity Geophysics

The paleochannel identified in the radiometrics results is evident in all three resistivity profiles (Figures 7 and 8), chosen to explore the previously unmapped section of the Yamma arm of the Gum Creek system. The resistivity results allowed us to map a smaller clay-infilled channel (green and blue feature in Figure 8) within the broader, deeper sand-rich channel (yellow to orange in Figure 8), consistent with the multiple generations of drainage channels and the sedimentary environments described by Page et al. (2009).

The resistivity values are generally low (<30 Ω m) and consistent with the clay-rich to sand-rich sediments described in drillers' logs from the groundwater monitoring bores at this site (Table 1; Figure 7). At shallow depths (<15 m) the resistivity is lowest (e.g., 4 Ω m; Figure 8), consistent with the clay-rich sediments and higher groundwater electrical conductivities measured in this study (Figure 8; Table 1). The resistivity values increase with increasing depth, reflecting the sandier sediments and lower electrical conductivities measured in the monitoring bores.

The Coleambally site is strongly influenced by groundwater extraction and irrigation practices. The Coleambally 2a resistivity survey was carried out in April during the irrigation season, whereas the Coleambally 2b survey was carried out as a repeat of the Coleambally 2a survey after a four month non-irrigation period. The repeat survey shows the same resistivity anomalies as Coleambally 2a, indicating that the bulk resistivity response is likely to be due to the presence of permanent geomorphological features rather than a resistivity response controlled by seasonal irrigation-related groundwater movement.

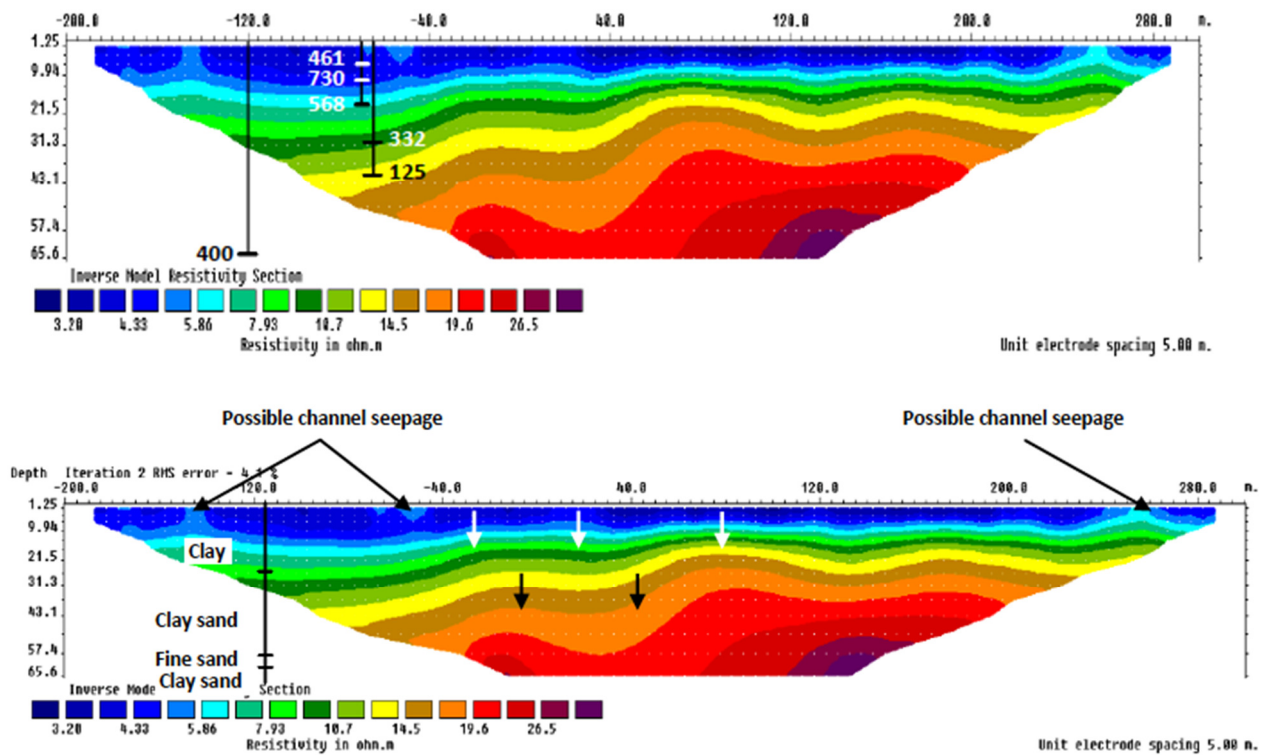


Figure 7. Resistivity profiles for Coleambally 1

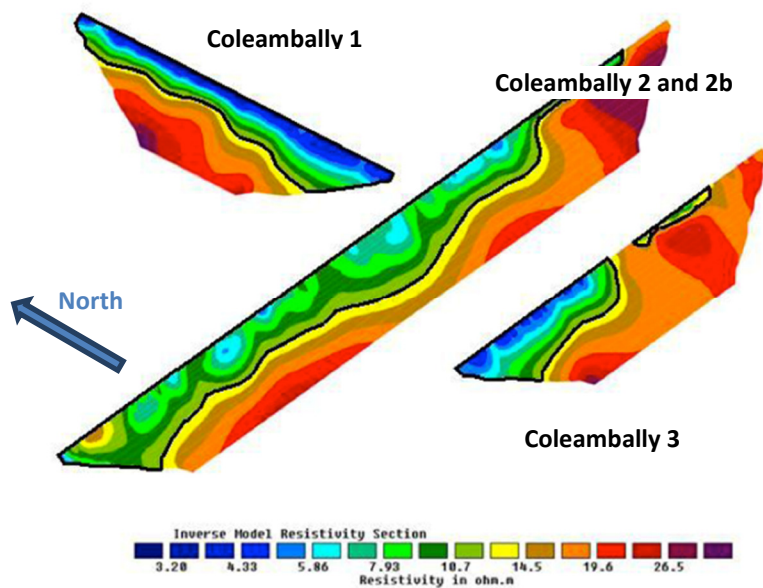


Figure 8. Resistivity images for the Coleambally 1, 2 and 3 survey lines. The middle, longest section is approximately 1200 m long. The depths of the images are all 60 m. The shallower, low resistivity features, i.e., clay-filled channels, are outlined in black

Hydrographs and hydrogeochemistry

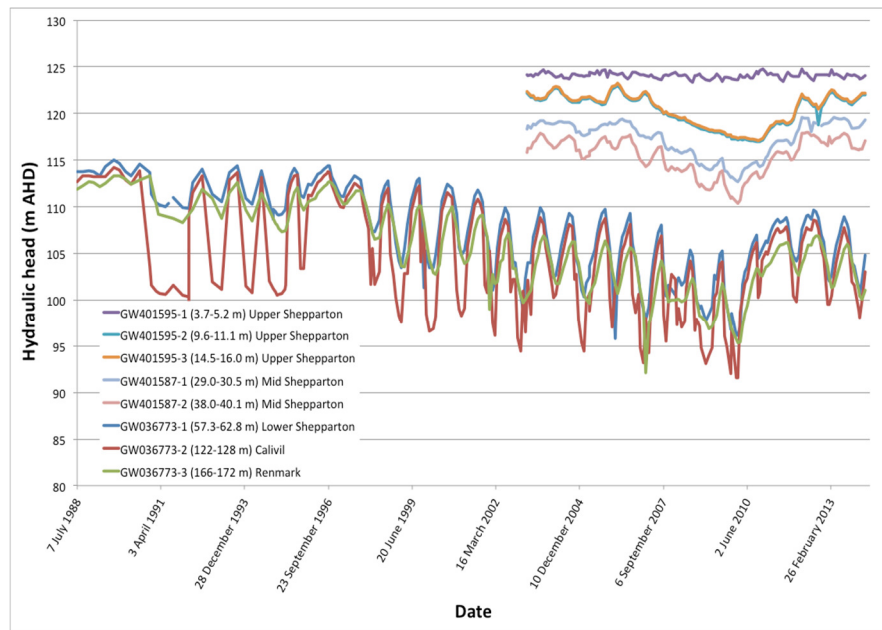
Bore hydrographs show that the shallow groundwater is not well connected with the deeper bores from which groundwater is extracted for irrigation (Figure 9). The bores screened in the Renmark, Calivil and lower Shepparton formations show the result of pumping during growing seasons, whereas the bores screened in the mid and upper Shepparton Formation show a muted response to pumping or none in the shallowest bore. These responses are consistent with the sand- and clay-rich lithologies interpreted from the radiometrics and resistivity results, as well as the drillers' logs (Table 1).

Table 1. Lithology, screened intervals, water quality and resistivity of bores in the Coleambally Irrigation Area, NSW. Location of bores shown in Figure 5. The lithologies are from drillers' logs obtained from the NSW Government Groundwater Bore Database (NSW Office of Water, 2011). na represents not available

Bore Number	Screened Interval (m)	Lithology at screen	EC _{25°C} (µS/cm)	Resistivity (Ωm)		T (°C)	pH _T
				groundwater	geophysics		
GW401595/1	3.7-5.2	Clay	4740	2.17 CHECK 2.11 (web)	3.2-3.9	19	7.5
GW401595/2	9.6-11.1	Clay	7570	1.37 1.33	3.9-4.3	20	7.1
GW401595/3	14.5-16.0	Fine sand	5643	1.76 1.77	5.9-6.9	22	7.1
GW401587/1	29.0-30.5	Clay/sand	3405	3.01 2.93	9.3-10.7	20	6.4
GW401587/2	38.0-40.1	Clay/sand	1278	8.01 7.81	12.5-14.5	19	6.7
GW036773/1	57.3-62.8	Sand	3995	2.5 2.50	na	21	6.9
GW036773/2	122-128	Gravel/ carbonaceous sand	1038	9.62	na	22	6.5
GW036773/3	166-172	Carbonaceous sand	617	16.1	na	23	6.2

The hydraulic heads (Figure 9) show a continuous, strong downwards hydraulic gradient (> 0.1) from the surface to the lower Shepparton Formation, and lower hydraulic gradients between the deeper formations. The high proportion of clay within the Shepparton Formation inhibits horizontal connection between sand lenses in many areas causing vertical flow to dominate (Evans, Kellet 1989), and the vertical gradient enhances the potential for vertical leakage of water and solutes into the deeper aquifers.

Figure 9. Bore hydrographs for piezometers at the Coleambally site. The depths of screened intervals are shown in the legend



Where there is clay-rich infill, it acts as an aquitard to groundwater flow, contributing to rising water tables and elevated levels of shallow groundwater salinity in the shallow aquifer (Figure 10). The clay-rich infill in the broad sandy palaeochannel has a high electrical conductivity (Figure 9). The hydraulic conductivity of the clay-rich sediments is low, e.g., 5×10^{-3} m/day at 5 m depth and 4×10^{-2} m/day at 30 m depth, based on slug test measurements (Burraston 2012). The low hydraulic conductivity impedes vertical flow and contributes to shallow water table (2 m below surface) at this site. Sandy sections of the palaeochannel feature identified using drillers' logs, resistivity surveys (Figure 8) and irrigation surveys act as conduits for irrigation channel leakage and vertical groundwater flow, e.g., to the eastern end of resistivity images 2 and 3 (Figure 8).

Electrical conductivity of water in the bores increases from 461 mS/m at 5 m depth to 730 mS/m at 10 m, decreases to 125 mS/m at 40 m, increases at 60 m depth and then decreases to 104 mS/m and 62 mS/m at 125 m and 169 m (Table 1; Figure 10). The resistivity calculated from the measured groundwater electrical conductivity show a similar trend to the bulk resistivity from the resistivity survey, but are systematically lower due to the contribution of more resistive host sediments (Table 1; Figure 11).

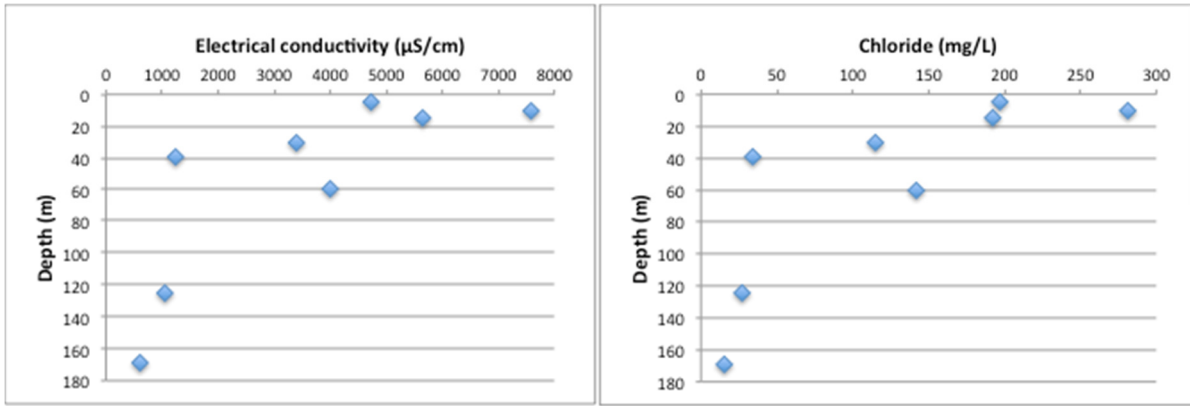


Figure 10. Electrical conductivity and chloride concentrations in groundwater at Coleambally

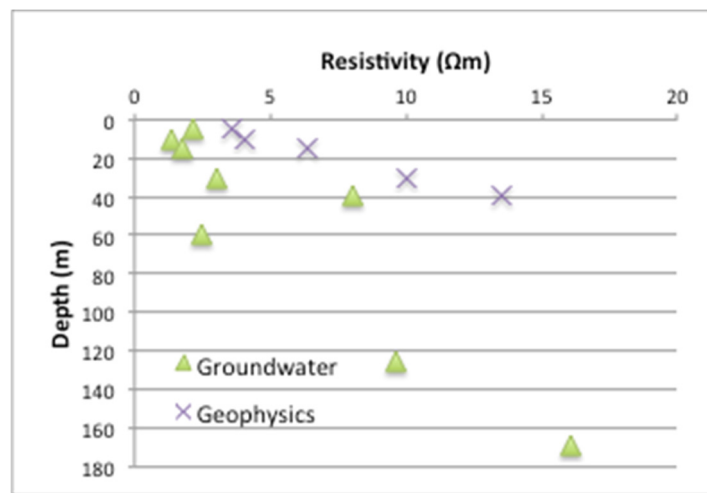


Figure 11. Resistivity values derived from geophysical surveys compared to values calculated for groundwater at Coleambally

Elevated salinity in the Shepparton aquifer at the Coleambally sites is likely a result of elevated groundwater levels at these sites causing remobilisation of unsaturated zone salts, similar to the findings of Cartwright et al. (2004, 2007) in their studies of the southeast Murray Basin. The potential for leakage of shallow saline groundwater into underlying fresher aquifers results from induced downwards hydraulic gradients due to groundwater extraction.

Groundwater quality is also affected by the palaeochannel. Groundwater EC was highest within the clay layer at 10 m depth, e.g., in GW401595/2, and lowest in the mid-Shepparton Formation at 30-40 m depth. GW036773/1 screened in the lower Shepparton Formation at the study site revealed chemical similarities to the shallow groundwater samples within the high conductivity layer, such as elevated groundwater electrical conductivity. These findings lead to the interpretation of either GW036773/1 as a leaky bore, or alternatively a local high permeability region (aquicard window) enabling leakage of shallow groundwater through to the lower Shepparton aquifer. Elevated groundwater salinity in the deeper aquifers underlying the irrigated sites (Coleambally and Four Corners) relative to Steam Plains further west along the path of groundwater flow indicate that the strong vertical hydraulic gradients in irrigated areas leads to contamination of the deeper aquifers from the overlying saline Shepparton aquifer.

Summary and conclusions

The following is a brief summary of significant findings from this project:

- A previously unmapped branch of a known palaeochannel system was discovered from radiometrics and surface geology;
- Detailed subsurface geometry of this palaeochannel from resistivity imaging revealed a broad sandy feature partially infilled with clay sediments;

- Combined analysis of geological bore logs, hydrographs, hydrogeochemical data and geophysics showed how this partially clay-filled palaeochannel system acts as an aquitard, contributing to rising water-tables and increasing groundwater salinity at the study site;
- Sandy sections of the palaeochannel act as conduits for leakage or as 'aquitard windows';
- Evidence of leakage from irrigation channels was identified using resistivity imaging;
- Localised groundwater mounding in the CIA was found to have a significant impact on both local and regional groundwater gradients and flow directions; and
- The presence of strong vertical hydraulic gradients underlying the Coleambally and Four Corners sites in the CIA has resulted in elevated salinity in the fresher deep aquifers, which has disrupted regional groundwater chemical trends.

Regional findings and implications for the CIA and the LMC

Groundwater mounding and shallow groundwater salinity represents a significant threat to the future of irrigation in the CIA. Groundwater mounding beneath the CIA is a well-documented problem. Findings from this project have contributed to a better understanding of the causes of this problem by showing how the presence of geomorphological features exert significant influence on groundwater mounding. The presence of a palaeochannel underlying the study site has been shown to influence both groundwater movement and quality. This project assists in understanding why mounding exists at the Coleambally site despite intensive pumping from deeper aquifers and strong vertical downward hydraulic gradients. Clays which partially fill a broad sandy palaeochannel were shown in this study to prevent lateral and vertical dissipation of groundwater.

The hypothesis that irrigation channels at the study site are leaking was proven by resistivity imaging. Findings from this project can assist in minimising excessive loss of irrigation water through the identification of leaky areas of irrigation channels. Leakage pathways through the Shepparton Formation, such as aquitard windows or leaky bores, were found to result in changes to groundwater quality caused by mixing of irrigation water and ground water. This contributes to and supports previous work identifying the presence and impacts of aquitard windows.

Significant implications for surface water and groundwater interactions, especially from irrigation, are evident from this study. Sands and clays were shown to have very different effects on subsurface conditions. The higher bulk electrical resistivity of the sandy areas indicates that water recharging the subsurface in these areas is not contributing to increasing groundwater salinity. However, it is inefficient to irrigate on sands because of the substantially higher water usage compared to clays. Irrigating on clays prevents large volumes of water from being lost through the subsurface, however the findings from this study show that groundwater mounding and shallow groundwater salinity are largely a result of irrigating on clays.

References

- Allen, D. 2007: Geophysics for the Irrigation Industry, Land and Water Australia: Canberra (178 p).
- ANCID 2000: Open channel seepage and control: Vol 1.1 Literature review of channel seepage identification and measurement. Australian National Committee on Irrigation and Drainage. Prepared by Sinclair Knight Merz.
- Anderson, M.S., Meredith, K., Timms, W. and Acworth, R.I. 2008: Investigation of $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$ in the Namoi River catchment – elucidating recharge sources and the extent of surface water/groundwater interaction. XXXVI IAH Congress, Toyama, Japan 26 October–1 November 2008.
- Anderson, M.S. and Acworth, R.I. 2009: Stream-aquifer interactions in the Maules Creek catchment, Namoi Valley, New South Wales, Australia. *Hydrogeology Journal*, **17**: 2005-2021.
- Appelo, C.A.J. and Postma, D. 2005: *Geochemistry, groundwater and pollution*, 2nd edn, A.A. Balkema Publishers: Leiden, The Netherlands (649 p).
- Archie, G.E. 1942: The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. *Trans. Am. Inst. Min. Eng.* 146: 54-62.
- Baskaran, S., Ransley, T., Brodie, R.S. and Baker, P. 2009: Investigating groundwater-river interactions using environmental tracers. *Australian Journal of Earth Sciences*, 56(1): 13-19.
- Bierwirth, P.N., Gessler, P. and McKane, D. 1996: Empirical investigations of airborne gamma-ray images as an indicator of soil properties – Wagga Wagga, NSW. Proceedings of the 8th Australasian Remote Sensing Conference, Canberra, 1996.
- Bouwer, H. and Rice, R.C. 1976: A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. *Water Resources Research*, 12: 423-428.
- Brown, C.M. 1989: Structural and stratigraphic framework of groundwater occurrence and surface discharge in the Murray Basin, southeastern Australia. *Journal of Australian Geology and Geophysics*, 11: 127-146.
- Butler, B.E. 1950: A theory of prior streams as a causal factor of soil occurrence in the Riverine Plain of south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 1: 231-252.
- Butler, B.E. 1956: Parna: an aeolian clay. *Australian Journal of Science*, 18: 145-151.
- Brown, C.M., and Stephenson, A.F. 1991: Geology of the Murray Basin Southeastern Australia. Bulletin 235, Bureau of Mineral Resources: Canberra (432 p).
- Carr, J. 2011: The geochemistry and hydrogeology of leakage from a confined layer: Case study from the Coleambally Irrigation Area, lower Murrumbidgee riverine plain, N.S.W., Honours Thesis, Australian National University (unpublished).
- Cartwright, I., Weaver, T.R., Fulton, S., Nichol, C., Reid, M. and Cheng, X. 2004: Hydrogeochemical and isotopic constraints on the origins of dryland salinity, Murray Basin, Victoria, Australia. *Applied Geochemistry*, 19: 1233–1254.

- Cartwright, I., Weaver, T.R. and Fifield, L.K. 2006: Cl/Br ratios and environmental isotopes as indicators of recharge variability and groundwater flow: An example from the southeast Murray Basin, Australia. *Chemical Geology*, 231: 38-56.
- Cartwright, I., Weaver, T.R., Stone, D. and Reid, M. 2007: Constraining modern and historical recharge from bore hydrographs, 3H, 14C and chloride concentrations: Applications to dual-porosity aquifers in dryland salinity areas, Murray Basin, Australia. *Journal of Hydrogeology*, 332: 69-92.
- Cartwright, I. and Simmonds, I. 2008: Impact of changing climate and land use on the hydrogeology of southeast Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*, 55: 1009-1021.
- Cartwright, I., Weaver, T.R., Simmons, C.T., Fifield, L.K., Lawrence, C.R., Chisari, R. and Varley, S. 2010: Physical hydrogeology and environmental isotopes to constrain the age, origins, and stability of a low-salinity groundwater lens formed by periodic river recharge: Murray Basin, Australia. *Journal of Hydrology*, 380: 203-221.
- Christen, E. and Hornbuckle, J.W. 2002: Irrigation Insights No.2: Sub-surface drainage design and management practices in irrigated areas of Australia. Land and Water Australia: Canberra (180 p).
- CICL 2010: Annual Compliance Report. Coleambally Irrigation Cooperative Limited (87 p).
- Clark, I.D. and Fritz, P. 1997: *Environmental Isotopes in Hydrogeology*, CRC Press: Florida (328 p).
- Clarke, J., Lawrie, A. and Fitzpatrick, A. 2007: Application of geophysical methods to improve knowledge of groundwater flow and leakage from supply infrastructure: Case study 2 – the Lower Burdekin, pp.125-131, In Allen, D. (Ed.): *Geophysics for the Irrigation Industry*, Land and Water Australia: Canberra
- Commonwealth Bureau of Meteorology 2011: Climate Calendar: Yanco Agricultural Institute, Commonwealth of Australia, viewed 30 June 2011. < http://www.bom.gov.au/jsp/ncc/cdio/calendar/climate-calendar?stn_num=074037&month=10&day=27>
- Cook, P., Leaney, F., Kumar, P.B. and Caputo, M. 2010: Time-Series Comparison of Carbon-14 Groundwater Ages in Heavily Pumped Confined Aquifers, Lower Murrumbidgee, Southern NSW. CSIRO Water for a Healthy Country Flagship Report series (22 p).
- Dahlin, T. and Loke, M.H. 1998: Resolution of 2D Wenner resistivity imaging as assessed by numerical modelling. *Journal of Applied Geophysics*, 38: 237-249.
- Dahlin, T. and Owen, R. 1998: Geophysical investigations of alluvial aquifers in Zimbabwe. Proc. 4th EEGS Meeting, Barcelona, 14-17 September.
- Dahlin, T. 2001: The development of DC resistivity imaging techniques. *Computers & Geosciences*, 27: 1019-1029.
- Dahlin, T. and Bing, Z. 2004: A numerical comparison of 2D resistivity imaging with 10 electrode arrays. *Geophysical Prospecting*, 52: 379-398.
- deGroot-Hedlin, C. and Constable, S. 1990: Occam's inversion to generate smooth, two-dimensional models from magnetotelluric data. *Geophysics*, 55(12): 1613-1624.
- Domenico, A. and Schwartz, F. 1990: *Physical and Chemical Hydrogeology*, John Wiley & Sons, Canada (824 p).
- Drury, L. W., Calf, G. E. and Dharmasiri, J. K. 1984: Radiocarbon dating of groundwater in Tertiary sediments in the Eastern Murray Basin. *Australian Journal of Soil Resources*, 22: 379-387.
- DWLC 1998: Aquifer risk assessment report. NSW Department of Land and Water Conservation: Sydney (20 p)
- Elliot, P.J. and Thomas, L.T. 1986: Interpretation of lithology from the formation resistivity of unconsolidated argillaceous/arenaceous sediments. *Exploration Geophysics*, 17: 75-79.
- ERDAS 1999: ERDAS Field Guide – Fifth Edition, Revised and Expanded. ERDAS: Atlanta, Georgia (698 p)
- ERDAS 2005: ER Mapper. 7.0 ed., ERDAS: Atlanta, Georgia
- Ernstson, K. and Kirsch, R. 2006: Geoelectrical methods, pp. 85-118, In Kirsch, R. (Ed.) *Groundwater Geophysics: A Tool for Hydrogeology*, Springer: Heidelberg, Germany.
- Evans, W. R. and Kellet, J. R. 1989: The hydrogeology of the Murray Basin, southeastern Australia. *BMR Journal of Australian Geology and Geophysics*, 11: 147-166.
- Fetter, C.W. 2001: *Applied Hydrogeology*, 4th edn, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey (598 p).
- Foster, S.S. and P.J. Chilton, 2003: Groundwater: The processes and global significance of aquifer degradation, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B Biological Sciences*, 358(1440): 1957-72.
- Garner, R. 2010: Resistivity imaging and surface water – groundwater interactions in the Lower Murrumbidgee Catchment. Honours Thesis, Research School of Earth Sciences, The Australian National University (unpublished).
- Geoelectric 2010: RES2DINV ver. 3.59 Manual. Geoelectric.
- Griffiths, D.H. and Barker, R.D. 1993: Two-dimensional resistivity imaging and modelling in areas of complex geology. *Journal of Applied Geophysics*, 29: 211-226.
- Herczeg, A.L. and Leaney, F.W. 2010: Review: Environmental tracers in arid-zone hydrology. *Hydrogeology Journal*, 19(1): 17-29.
- Hvorslev, M.J. 1951: Time lag and soil permeability in groundwater observations. *Waterways Experimental Station, US Army Corps of Engineers: Vicksburg, Mississippi* (50 p).
- Kellet, J.R. 1989: The Ivanhoe Block – its structure, hydrogeology and effect on groundwaters of the Riverine Plain of New South Wales. *BMR Journal of Australian Geology & Geophysics*, 11: 333-353.
- Khan, S., Rana, T., Carroll, J. Wang, B. and Best, L. 2004: Managing climate, irrigation and groundwater interactions using a numerical model: A case study of the Murrumbidgee Irrigation Area. CSIRO Land and Water Technical Report No. 13/04, 413 p.
- Khan, S., Mushtaq, S., Hanjra, M.A. and Schaeffer, J. 2008: Estimating potential costs and gains from an aquifer storage and recovery program in Australia. *Agricultural Water Management*, 95, 477-488.
- Kumar, P.B. 2010: Lower Murrumbidgee Groundwater Sources: Groundwater Management Area 002 Groundwater Status Report – 2009. NSW Office of Water: Sydney (48 p).
- Langford-Smith, T. 1960: The dead river systems of the Murrumbidgee. *Geographical Review*, 50: 368-389.
- Lawrence, C.R. 1975: Geology, hydrodynamics and hydrogeochemistry of the southern Murray Basin. *Geological Survey of Victoria, Memoir*, 30: 1-359.
- Lawson, S. and van der Lilij, A. 1992: *Coleambally deep bore project: analysis of long term pumping test – summary report*. Department of Water Resources: Sydney (25 p).
- Leaney, F.W.J. and Herczeg, A.L. 1999: The origin of fresh groundwater in the SW Murray Basin and its potential for salinisation. *Technical Report 7/99*. CSIRO Land and Water (76 p).
- Loke, M.H. and Barker, R.D. 1995: Least-squares deconvolution of apparent resistivity pseudosections. *Geophysics*, 60(6): 1682-1690.
- Loke, M.H. and Barker, R.D. 1996: Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44: 131-152.
- Loke, M.H. 2001: Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. Online guidebook (68 p), viewed 21 July, 2010. <<http://www.geoelec.com.mx/softelectricos/lokenote.pdf>>

- Loke, M.H. and Dahlin, T. 2002: A comparison of the Gauss-Newton and quasi-Newton methods in resistivity imaging inversion. *Journal of Applied Geophysics*, 29: 149-162.
- Loke, M.H. 2010: Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. *Geoelectrical. Online guidebook* (68 p), viewed 21 July, 2010. <<http://www.landviser.biz/forall/RES2DINV/CourseNotes.pdf>>
- Meredith, K.T., Hollins, S.E., Hughes, C.E., Cendon, D.I., Hankin, S. and Stone, D.J.M. 2009: Temporal variation in stable isotopes (¹⁸O and ²H: and major ion concentrations within the Darling River between Bourke and Wilcannia due to variable flows, saline groundwater influx and evaporation. *Journal of Hydrology*, 378: 313-324.
- Minty, B.R.S. 1997: Fundamentals of airborne gamma-ray spectrometry. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17(2): 39-50.
- Munday, T. 2008: *Regolith Geophysics*, pp. 219-250, In Scott, K.M. and Pain, C.F. (Ed.): *Regolith Science*. CSIRO Publishing: Collingwood.
- New South Wales Office of Water (2011: *Real Time Data - Bores*, NSW Government, viewed 27 July 2011. <http://realtimedata.water.nsw.gov.au/water.stm?ppbm=GROUND_WATER&gw&3&gwkm_url>
- Odins, J.A., Williams, R.M., O'Neill, D.J. and Lawson, S.J. 1991: Pre-Tertiary basement structure of the central Murray Basin, and its effect on groundwater flow patterns. *Exploration Geophysics*, 22: 285-290.
- Page, K.J. and Nanson, G.C. 1996: Stratigraphic architecture resulting from Late Quaternary evolution of the Riverine Plain, south-eastern Australia. *Sedimentology*, 43: 927-945.
- Page, K., Nanson, G. and Price, D. 1996: Chronology of Murrumbidgee River palaeochannels on the Riverine Plain, southeastern Australia. *Journal of Quaternary Science*, 4: 311-326.
- Page, K.J., Kemp, J. and Nanson, G.C. 2009: Late Quaternary evolution of Riverine Plain paleochannels, southeastern Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*, 56: 19-33.
- Pels, S., Stannard, M.E., and Talsma, T. 1968: *Environmental studies of the Coleambally Irrigation Area and surrounding districts. Bulletin 2 - Land Use Series, Water Conservation and Irrigation Commission: New South Wales* (48 p).
- Peterson, D.M. and Wilson, J.L. 1988: *Variably saturated flow between streams and aquifers. Tech Completion Report 233. New Mexico Water Resources Research Institute: Socorro* (303 p).
- Prasad, A., Christen, E.W., and Khan, S. 2001: The potential role for deep groundwater pumping in the control of irrigation induced salinity in the Riverine Plain. A case study for the Coleambally Irrigation Area. *Technical Report 01-01. CSIRO Land and Water: Griffith, NSW* (88 p).
- Prathapar, S.A., Lawson, S. and Enever, D.J. 1997: *Hydrogeology of the Coleambally Irrigation Area: A brief description for use with a groundwater simulation model. Technical Report 3/97. CSIRO Land and Water: Griffith, NSW* (39 p).
- Pratt Water 2004: *The Business of Saving Water: the report of the Murrumbidgee valley water efficiency feasibility project. Pratt Water: Campbellfield, Victoria* (61 p).
- Sasaki, Y. 1989: Two-dimensional joint inversion of magnetotelluric and dipole-dipole resistivity data. *Geophysics*, 54(2): 254-262.
- Sasaki, Y. 1992: Resolution of resistivity tomography inferred from numerical simulation. *Geophysical Prospecting*, 40: 453-463.
- Sophocleous, M. 2002: Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. *Hydrogeology Journal*, 10: 52-67.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E. 1990: *Applied Geophysics*, 2nd edn, Cambridge University Press: Cambridge (770 p).
- Timms, W. and Acworth, R. 2002: Origin, lithology and weathering characteristics of Upper Tertiary - Quaternary clay aquitard units on the Lower Murrumbidgee alluvial fan. *Australian Journal of Earth Sciences*, 49: 525-537.
- United States Geological Survey (USGS): (2011), *Earth Explorer*, United States Geological Survey, viewed 10 April 2011. <<http://edcns17.cr.usgs.gov/NewEarthExplorer/>>
- Van der Lelij, A., Ellis, L. and Gee, B. 1987: *Groundwater hydrology of the Coleambally Irrigation Area. Technical Report. Department of Water Resources: NSW* (58 p).
- Wilford, J.R., Bierwirth, P.N. and Craig, M.A. 1997: Application of airborne gamma-ray spectrometry in soil/regolith mapping and applied geomorphology. *AGSO Journal of Australian Geology and Geophysics*, 17(2): 201-216.
- Wilford, J. and Creasey, J. (2002: *Landsat Thematic Mapper*, pp. 6-12, In Papp, E. (Ed.) *CRC LEME Open File Report 144: Geophysical and Remote Sensing Methods for Regolith Exploration. CRC LEME*.
- Winter, T.C., Harvey, J.W., Franke, O.L. and Alley, W.M. 1998: *Ground water and surface water: a single resource. USGS Circular 1139, US Geological Survey: Denver, CO* (79 p).
- Worthington, P.F. 1982: The influence of shale effects upon the electrical resistivity of reservoir rocks. *Geophysical Prospecting*, 30: 673-687.
- Worthington, P.F. 1985: The evolution of shaly-sand concepts in reservoir evaluation. *The Log Analyst*, 26(1): 23-40.
- Yesou, H., Besnus, Y. and Rolet, J. 1993: Extraction of spectral information from Landsat TM data and merger with SPOT panchromatic imagery - a contribution to the study of geologic structures. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 48(5): 23-36.
- Zhou, B. and Dahlin, T. (2003: Properties and effects of measurement errors on 2D resistivity imaging surveying. *Near Surface Geophysics*, 1(3): 105-11.

ALMÁSY LÁSZLÓ – A KELET SZAHARA FELTÁRÓJA

LÁSZLÓ ALMÁSY – EXPLORER OF THE EAST SAHARA

Gábris Gyula

ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék
gabris@ttk.elte.hu

Abstract

The eastern part of the Sahara desert was an unexplored area in the beginning of the 20th century. László Almásy introduced new method to the research of the desert in the early thirties when he applied the airplane with the cars to the traditional terrestrial reconnaissance. He relate to the discovery of Zarzura oasis – in reality three valleys in the Gilf Kebir Plateau –, a forgotten living place of the past. He explored the ancient caravan route – Darb el Arbain –, many rock painting in Uveinat Mounts and vadi Sura (Gilf Kebir) and mapped very large further territories. The most important expeditions were effect in the years of 1932 and 1933 (in the latter case with László Kádár, former professor of physical geography in the University of Debrecen). At the time of Second World War he was commanded to the German Afrikakorps as an expert of desert. After the war he was suspected as German collaborator and English spy, but the people court acquit of accusation (the story turned into international reputation by a successful movie: English patient). He was name as honorary director of the Desert Institute in Cairo in 1951, but some month after he dyed in tropical disease in Salzburg.

Keywords: Sahara, geographical explorations, desert mapping, rock paintings, Almásy László's life

Kulcsszavak: Szahara, földrajzi felfedezések, sivatagi térképezés, sziklafestmények, Almásy László élete

Bevezetés

A klasszikus görögök korában a Nílus völgyében létrejött Egyiptomot általában Ázsia részének tartották. Csak a termékeny földektől nyugatra levő sivatagot tekintették a világ harmadik kontinensének, amely a Líbia nevet viselte. Az Afrika kifejezés („fagy nélküli”) a rómaiak által adott név volt, amely eredetileg a mai Atlasz-vidéket jelölte, s jóval később vonatkoztatták a mai Szuezi-csatorna vonalától kezdődő egész szárazföldre ezt a nevet. Egyiptomban ma is Líbiai-sivatag néven ismerik a Nílustól Nyugatra fekvő területeket (a nagy folyó és a Vörös-tenger között pedig az Arab-sivatag húzódik).

Az ókorban a nagy egyiptomi oázisok lakottak voltak, sőt a mainál nagyobb népességgel és nagyobb termőfölddel rendelkeztek. A középkorban a szudáni Darfurból induló, és az egyik legjelentősebb korabeli kereskedelmi út haladt keresztül a Líbiai-sivatagon, felfűzve számos kicsiny és akkor talán lakott oázist, majd Kharga érintésével a közép egyiptomi Assziutba (Asszuán) ért. Ez volt a híres Darb el Arbain, vagyis a Negyven Napos Út. Rengeteg áru, és évente kb. 80 ezer rabszolga indult északra a karavánokkal, hogy a megállásokat és az egyes oázisokban töltött időt nem számítva 40 napos gyaloglás után megérkezzenek az asszuáni emberpiacokra. Az igen magas halálozási arány miatt nem csak tevék maradványai, hanem emberi csontvázak is jelölték az útvonalat.

A modern felfedezések megindulása

A 19. század végére a poláris vidékeken kívül a Líbiai-sivatag maradt a legnagyobb feltáratlan “fehér folt” a Föld térképén. Ennek egyik oka, hogy a Líbiai-sivatag a „Szahara száraz szíve”, ahol a legkevesebb az évi átlagos csapadék (pl. Dakhla-ban 3 mm) és a legtrikábbak az esők (átlagosan 3-5 évenként van csupán csapadék) és emiatt gyakorlatilag lakatlan. Nemcsak az oázisok, de még a kutak is hiányoznak, így a víznyerés útközben lehetetlen. Feltárását a természeti nehézségek – a vízhiányon kívül a hőség és a homokviharok – mellett a közlekedés nehézségei is hátráltatták: a szívós teve is csak 300 km-t tudott megtenni két víznyerő hely között. Az angol Harding-King számos expedíciója ellenére az első világháborúig a Líbiai-sivatag szinte teljesen ismeretlen maradt.

A sivatag belső területeire az egyiptomi beduin családból származó, s Oxfordban nevelkedett Ahmed Hassanein Bey jutott el 1923 őszén. Kufrától délre felfedezte a viszonylag dús növényzetű völgyekkel és kutakkal rendelkező Arkenu és Uveinat hegységeket. Hassanein volt az első, aki hírt adott a hegység völgyében talált „nagyon réginék tűnő” sziklavészetekről.

A további felfedezéseket nagyban elősegítette az autó, amivel sokkal nagyobb távolságokat lehetett jelentősen gyorsabban bejárni mint korábban a tevékkel. Az első autós felfedezés 1917-re datálható, amikor a Dakhlaból induló John Ball elért egy magányos hegyet, amit a következő évben az odaérkező Kemal el-Din elnevezett Abu Ballasz-nak. Az egyiptomi királyi család tagja, az életét a sivatag kutatására áldozó Kemal el-Din herceg jutott el elsőként – elől kerekes, hátul hernyótalpas, speciálisan a sivatagra tervezett – gépkocsikkal Dakhlából az Uveinatba, és ő írta az első tudományos közleményeket az uveinati

sziklafestményekről. Útközben felfedezte a csaknem 8000 km² kiterjedésű Gilf Kebir fennsík keleti elvégződését. A herceg által adott arab név jelentése „nagy fal”, és valóban a plató meredek lejtővel szinte falszerűen emelkedik mintegy 300 m-rel a környezete fölé.

A húszas évek végén és a harmincas évek elején már sok kutató járta be és térképezte föl a sivatagot. Raph Bagnold és Almásy László voltak az elsők, akik szériakocsikkal behatoltak a sivatag belsejébe: Almásy 1926-ban Kairóból eljutott Karthumba, majd Szelima oázistól Khargáig haladt az elfelejtett, majd általa újrafelfedezett Darb el Arbain nyomvonalán (Almásy 1929). Bagnold pedig 1930-ban sikeresen meghódította a Nagy Homoktenger buckáit.

Almásy sivatagi utazásai

Almásy László sivatagi utazásai közül – eredményességét tekintve – kétségkívül az 1932-es és az 1933-as vállalkozásai emelkednek ki, amikor a "Zarzura-oázis"-nak tartott három nagy völgyet kereste a Gilf Kebirben (Gábris 1993).

Almásy nézete szerint az ókori görög világ is megpróbált már kapcsolatot teremteni a Líbiai-sivatagon túl élőkkal. Ő nem hitt az akkoron elfogadott nézeteknek a sivatag változatlanágáról, hanem úgy vélte, fokozatosan romlottak az életkörülmények az utolsó évezredek klímarszabodása miatt. Kedvenc beszéd – és kutatási – témája volt az ún. Zarzura-oázis léte és megtalálása (Almásy 1936). Ennek alapja az a hagyomány volt, hogy Dakhlat, Kharghat rendszeresen „meglátogatták” a sivatagi rablók. Az oázisokban váratlanul megjelenő tevés csapatok legyilkolták az ellenállókat, kirabolták a lakosokat, majd amilyen gyorsan érkeztek, ugyanolyan gyorsan eltűntek a zsákmánnyal. Soha nem sikerült az üldözőknek utolérni, vagy elfogni őket, ugyanis víztartalékaik fogyása miatt kénytelenek voltak visszatérni lakóhelyükre. Feltételezték, hogy a hosszú sivatagi úton valahol kétszer is alkalmuk kellett legyen a víz pótlására. Az egyik ilyen állomás lehetett az 1917-ben John Ball által felfedezett, tömérdek agyagkorsót rejtő magányos hegy: az Abu Ballasz (az arab név jelentése: „a Korsók Atyja”). Feltételezték, hogy a sivatagi rablók a korsókat, használták víztartályként: előzőleg több karaván föltöltötte azokat, majd a támadók oda- s visszaútban innen nyerték az utánpótlást a hadjárat folytatására. Az ott talált több mint 300 nagyméretű cserépedény nagy része a megtaláláskor már nem volt ép.

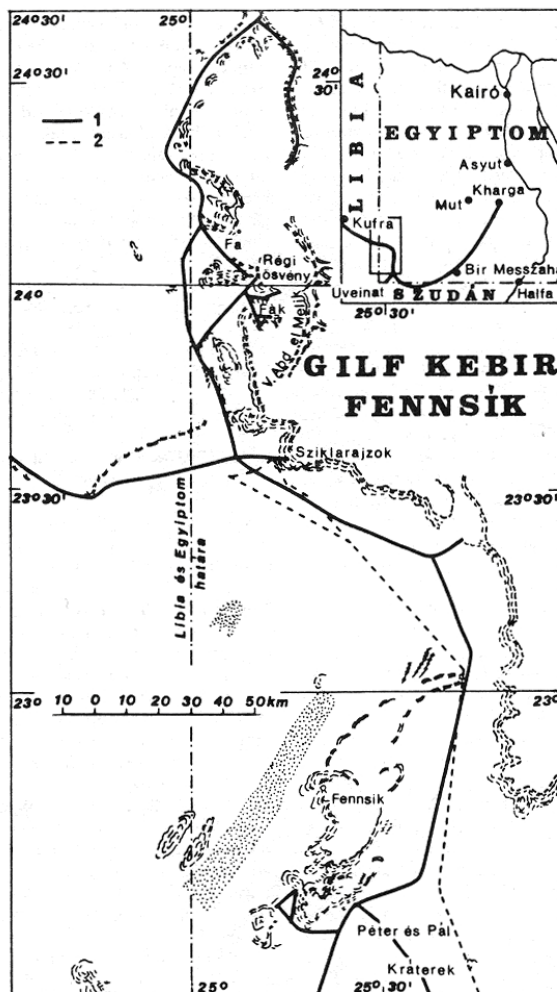
Abu Ballasz a két oázis, Kufra és Dakhla között az utóbbihoz közelebbi egyharmad úton van. Kellott egy másik „vízforrásnak” is lennie Kufrához közelebb – gondolta Almásy. Ez pedig szerinte csakis a mondabeli Zarzura oázis lehetett (zarzura a neve egy sivatagi madárkának, amely mindig a sivatag felől érkezett a keleti oázisokba és arrafelé távozott). A sivataglakók meséiben az ismeretlen, vagy inkább elveszett oázis, egy romváros, ahol mérhetetlen kincsek vannak elrejtve; tejjel mézzel folyó pálmaliget. Almásy 1932-es és 1933-as expedícióinak fő célja e völgyek megtalálása, feltérképezése volt.

Az Almásy–Clayton-expedíció (1932)

Almásy László új módszert vezetett be a sivatag kutatásába: a repülőgépes légi felderítést állította a földi felmérés szolgálatába. Ennek lényege, hogy a több nappal előre járó szállító autók „kiépített” repülőtereket, üzemanyag-, élelmiszer- és vízdepókat

1. térkép. Az Almásy–Clayton expedíció [Gábris 1993].
1 – Almásy útvonala (1932); 2 – Clayton útvonala (1931)

Figure 1. The expedition of Almásy–Clayton. 1 – Almásy (1932); 2 – Clayton (1931)



hoznak létre, ahonnan felszállva a repülőgép hatótávolságának megfelelő mértékben minden irányban felderíti a terepet. A fontosabb objektumokat aztán az autókkal felkeresik, az utat felméri, a terepet térképezik (Almásy 1937).

Almásy eredetileg 1931 szeptemberében indult volna líbiai-sivatagi felfedező útjára, amelynek során – először a sivatagok kutatásának történetében – gépkocsik és repülőgép együttes felhasználásával kívánt új területeket feltárni. Az Egyiptom felé tartó repülőgéppel (Zichy Nándor volt a társa) augusztus végén Aleppo előtt sajnos lezuhant – de szerencsére mindketten túléltek a légikatasztrófát. Megmentette a helyzetet, hogy Robert Clayton East Clayton felajánlotta repülőgépét, s így a lord részt vett a kalandos utazásban. Az expedíció tagja volt még Henry G. Penderel repülő alezredes, és Patrick A. Clayton a kairói sivatagi intézet kartográfusa (1. térkép).

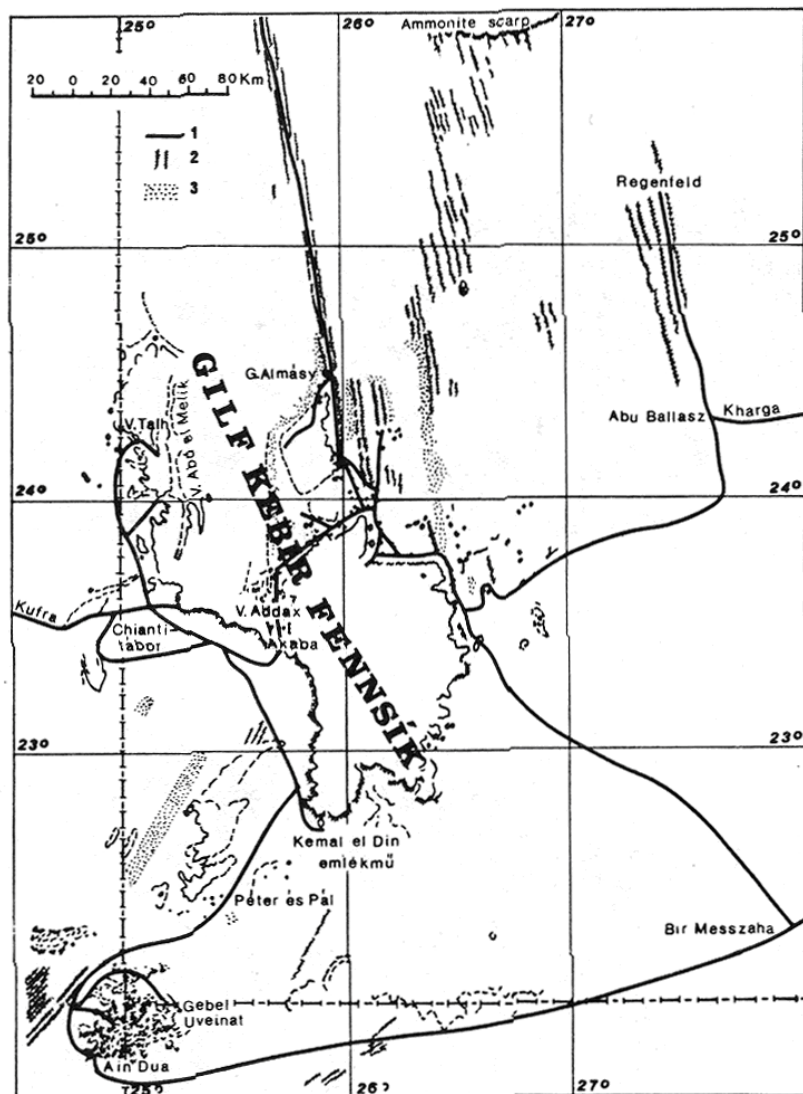
Az expedíció eredményei, szinte felsorolásszerűen: a "Péter és Pál" néven térképezett két jellegzetes alakú hegy alaposan felmérése egészen a líbiai határig, a Gilf-Kebir fennsíkot két részre osztó, Almásy által Akabának (arabul szorost jelent) elnevezett átjáró felfedezése, Kufra kelet felől történt elérése, és a felderítő repülés során megtalált, a "Zarzura" oázist alkotó, a fennsíkba vágódott vádik.

Az 1933-as Almásy–Penderel–Kádár-expedíció

Az előző évi csapatból Penderel maradt Almásy mellett és őket egészítette ki dr. Kádár László, a budapesti egyetem geográfus tanársegédje, dr. Richard Bermann és Hans Casparius fényképész, film-operatőr. Bermannak Hoellrigel álnéven kiadott német nyelvű könyve krónikaszerűen rögzíti az eseményeket (2. térkép).

2. térkép. Az 1933-as Almásy expedíció útvonala (1); hosszanti („líbiai”) buckák (2); homokmező barkánokkal (3)

Figure 2. The route of Almásy in 1933 (1); longitudinal („lybian”) dunes (2); barkan field (3)



Almásyék a terv szerint a Gilf Kebir keleti és északi peremét akarták bejárni és felmérni, majd áthaladva a fennsík Akabának nevezett átjáróján, a harmadik völgyet (Vádi Talh) szerették volna felkeresni.

Egy hetet töltöttek a Gilf Kebir fennsík ismeretlen északkeleti peremének és környékének térképezésével. Megállapították, hogy a Gilf Kebir teljes hossza itt meghaladja a 250 km-t. Felmérésük jelentősen kiegészítette és pontosította Kemal el Din térképeit. A tovább észak felé vezető útjukon már a homoktenger nagyrészt észak-déli irányú buckái között haladtak (Gábris, Szabó 1994), egészen a fennsík északi elvégződéséig. Ez tulajdonképpen egy 761 m magas szigethegy (tanúhegy), amelyet Almásy-hegynek (Dzsebel Almásy) neveztek el.

Ezután három kocsival vágta neki a fennsíkot átszelő szorosnak, melynek első szakaszát Kádár már előzőleg feltérképezte. Almásy volt tehát az első, aki autóval keresztülhaladt a Gilf Kebirt két részre vágó, helyenként szűk, de jól járható Akaba szoroson, és körbeutazta a kétosztatú fennsík keleti részét.

Megvizsgálták a korábban felfedezett ún. zsiráfbarlang sziklarajzait, és miközben fényképeztek, eddig ismeretlen véseteket találtak (a közelben levő Vádi Szura híres festményeit csak a következő, októberi útja során találta meg Almásy). Szudáni kísérőjével, Szabr-val Almásy megmászta a fennsík peremét, és felfedezték a keresett Vádi Talh völgyet, a harmadik "Zarzura-oázist".

Almásy a három völgyben általa feltételezett korábbi oázist tapasztalatai alapján ún. eső-oázisnak tartotta, melyekre azt a magyarázatot adta, hogy ezeknek nincs talajvíze (tehát sem forrása, sem ázott kútja), hanem csak az időszakos esők vizét gyűjtik magukba. Az ilyenek úgy válnak aztán „elveszett” oázisokká, hogy hosszabb eső nélküli periódusok után növényzetük elszárad, a nomádok számára lakhatatlanokká lesznek és annak a generációnak kihalásával, amely utoljára ott legettetett, feledésbe merülnek (1. fénykép).



1. fénykép. Vadi el Melik; az egyik kiszáradt Zarzura oázis (foto Gábris)

Foto 1. Wadi el Melik, one of the three Zarzura oases

Ezután az Uveinat hegységet keresték fel, ahol Almásy, Kádár és Casparius néhány völgyet (itt "karkur"-nak nevezik a vádit) vizsgálták meg. Az Ain Dua forráshoz visszatérve fedezte fel Almásy a híres sziklafestményeket. A barlangok környékén Kádár archeológiai gyűjtést végzett, Casparius filmezett és fényképezett, Almásy színes vázlatrajzokat készített (Hoellriegel 1938).

Almásy nagyszerűen értett a homokon autózáshoz. Könyvében leírta hogyan kísérletezte ki a Kairóhoz közeli buckákon a különböző vezetési technikákat, a kerekek gumijainak nyomását és a további trükköket, amelyeket a különböző jellegű homokfajtákon nyert tapasztalatokkal egészített ki. A homoksivatagnak vannak olyan részei, amit Almásyt követően senki nem tudott autóval megközelíteni. Nem véletlenül kapta kísérőitől az Abu Ramla, vagyis a Homok Atyja nevet (Török 1998).

Almásy a háborúban

A világháború alatt a Líbiai-sivatag is hadszíntérré változott. Az olaszok veresége után Rommel tábornok tapasztalt sivatagi embereket keresett a német Afrika Korps megsegítésére, de a németek között nemigen talált ilyet. Ezért a magyar hadseregbe bevonultatott Almásy Lászlót hivatalosan kikérték, s 1941. február 8.-án a német hadsereghez vezényelték, ahol nagy távolságú sivatagi felderítőként szolgált. Az ő nevéhez fűződik a Salaam-művelet, melynek során két német hírszerzőt az angol vonalak mögé juttatott, egy oda-vissza 5600 km hosszú, víztelen úton (Almásy 1943). Mivel az angolok megfejtették a németek által használt rejtjeleket, folyton a német katonai ruhát viselő csoport nyomában voltak. Almásy az általa felfedezett – és mások által nem ismert – Akaba-szoroson áthaladva, s több éles helyzetben sivatagi tapasztalatait felhasználva sikeresen teljesítette a feladatot és visszatért kiindulási helyére.

A háború után letartóztatták, hónapokat töltött börtönben és Népbíróóság elé is állították, de végül minden vádpont alól felmentették (nem kis része volt ebben Germanus Gyula orientalista tanúvallomásának). A további meghurcolások elől Almásy 1947-ben kiszökött az országból és az angol titkosszolgálat segítségével újra Egyiptomba ment, ahol tanácsadóként dolgozott a Sivatagkutató Intézetben. Az angolok nem vehették tehát komolyan a később hangoztatott „kém” vádat (Kubassek 1999), amelyet meglehetősen kiszínezve az „Angol beteg” c. Oscar díjas film alapján az egész világ megismerhetett. 1951 elején megbetegedett és Ausztriába ment kezelteni magát. Március elsején még örülhetett a hírnek, hogy kinevezték a Sivatagkutató Intézet tiszteletbeli igazgatójának, azonban a salzburgi kórházban 22.-én súlyos trópusi betegségben elhunyt.

Irodalom

- Almásy L. 1929: Autóval Szudánban - Első autó-utazás a Nílus mentén. A Magyar Földrajzi Társaság könyvtára, Budapest, p. 236.
- Almásy L. 1935: Az ismeretlen Szahara. A Magyar Földrajzi Társaság könyvtára, Budapest, p. 216.
- Almásy L. 1936: Récentes explorations dans le désert Libique (1932-1936). Soc. Roy. de Géographie d'Égypte, Le Caire, p. 97.
- Almásy L. 1937: Levegőben..., homokon... A Magyar Földrajzi Társaság könyvtára, Budapest, p. 146.
- Almásy L. 1943: Rommel seregénél Líbiában. Második kiadás 1999, Dénes Natur Műhely.
- Gábris Gy. 1993: Zarzura, az elveszett oázis – Almásy László 1932-es és 1933-as tavaszi felfedező útjáról a hatvanadik évforduló alkalmából. Földrajzi Közlemények 117 (41)/3. 183-194.
- Gábris Gy., Szabó J. 1994: Gondolatok a sivatagi eolikus felszínformálódásról (Kádár László kutatásai és az 1993. évi Gilf Kebir Expedíció megfigyelései tükrében). Földrajzi Közlemények 118. (42)/3-4, 169-196.
- Gábris Gy. 2010: Deflációs jelenségek a Líbiai-sivatagban. In: Interdiszciplinaritás a természet- és társadalomtudományokban, szerk: Lóki J., DE Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszéke, Debrecen, 115-124.
- Hoellriegel, A. 1938: Zarzura, die Oase der kleinen Vögel. Zürich, p. 216.
- Kubassek J. 1999: A Szahara bűvöletében – az „Angol beteg” igaz története, Almásy László hiteles életrajza. Panoráma, Budapest, p. 307.
- Török Zs. (1998): Salaam Almásy – Almásy László életregénye. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, p. 159.

A SZOVÁTAI MEZOTHERM MEDVE-TÓ

THE MESOTHERMAL BEAR LAKE FROM SOVATA

Pándi Gábor

Babes-Bolyai Tudományegyetem
pandi@geografie.ubbcluj.ro

Abstract

There are several successive layers of sedimentary rocks in the Transylvania Basin, such as the salt layer. Because of the Carpathians Mountains isostatic uplift and of salt migration due to its plasticity, this layer reach near surface. The stream erosion that appeared inside the Sovata – Praid Depression has uncovered this salt layer. The dissolution processes have formed underground cavities and the old mines that remained after salt exploitations have collapsed. The lake is renowned for its mesothermal water stratification, with a higher water temperature layer intercalated between two colder water layers. The origin of this process is the heliothermal process. The water's chemical composition is determined by the contact between salt and fresh water from springs. The salt concentration in the upper layer presents an insignificant modification; between 1-3 m it suddenly grows and after that remains almost without modification. These stratifications create a particular process of taking-over and storing heat energy. The Sun's heat rays penetrate easier the upper fresh waters layer. The layer with a higher salt crystals concentration can store a higher heat quantity. In the lower layers, even though the salt concentration is high, the energy is not enough to heat the water. In this way appears a layer with warm water, of 1-2 m thick, with temperature of more than 35°C, exceeding by 10°C the upper and lower layer heat.

Keywords: salt region, carstosaline lake, mesothermal lake, heliothermy, stratification, isohaline line

Kulcsszavak: sóvidék, sókarszt tó, mezoterm tó, heliothermia, rétegződés, izohalin vonal

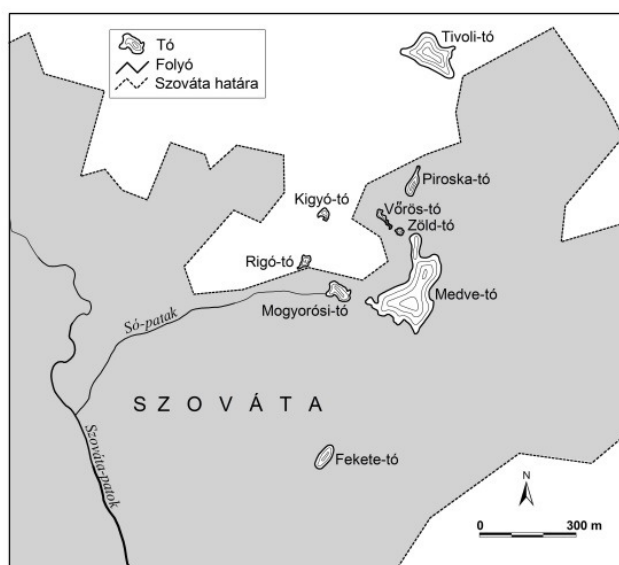
Az erdélyi só

A Keleti-Kárpátok vulkáni vonulatának nyugati felén, a Maros és Olt között, igen bonyolult szerkezetű domborzat alakult ki, a felszíni denudáció következményeként. E hosszú magaslatok-medencék sorozatának - az Erdélyi-Szubkárpatoknak - egyik alegysége a Szováta-Parajd medence (Mac 1972). Nevezetessége a sókitermelés és a sós tavak gyógyító hatása.

Az Erdélyi-medence 1000-3000 m mélyen levő kristályos pala talapzatán több réteg üledékes sorozat fedi egymást, amelyek a Mezozoikumból napjainkig rakódtak le. A Neogén vulkáni tevékenység beindulása után kialakultak konglomerátum, breccsa és tufa rétegek is. Ezek közül a Dési-tufára rakódott rá a Désakna típusú sóréteg. A Kárpátok izosztatikusan kiemelkedése és a só képlékenységének köszönhető migráció e réteget a felszín közelébe jutatta. A medence közepén a nagyobb nyomás következtében a sóréteg a perem felé és egyben a felszín irányába migrált. Így alakult ki az Erdélyi-medence peremén a diapír eredetű sóöv, amely sötömzsök sorozata. A felszínre ért diapírok leghíresebb előfordulási helyei Désakna, Torda, Marosakna, Vízakna, Parajd, Szováta.

Szováta sós tavai

A Szováta-Parajd medencében folyó patakok - Szováta, Sebes, Sós, Aranybánya, Toplica - elérték a felszínközeli sószintet. Az oldódás következtében kialakult üregek és a sókitermelés aknáinak beszakadtak. Az így kialakult negatív felszíni formákban, ahol a medencéket agyagos lerakódás béleli, a csapadékjárás pozitív mérlege következtében a víz összegyűlt, tavak alakultak ki. A Medve-tó a legnagyobb és legismertebb egysége a szováta sókomplexumnak.



1 ábra. A szováta sóvidék tavai

Figure 1. The lakes from Sovata salt region

A Mogyorósi-tó a második nagysága szempontjából. Kialakulása összefüggésben van a Medve-tóval, mivel az innen kiáramló vízfelesleg egy másik felszíni sötömzsöt ért el, és a kialakult üreg beszakadt. Terület e 3731 m², térfogata 12808 m³. Legnagyobb mélysége meghaladja a 6 métert (Alexe, Serban, Fülöp 2006).

Szintén sókarszt típusú a Vörös- és Zöld-tó, amelyeket a Sós-patak köt össze a Medve- és Mogyorósi-tóval. Kisebb dolinákban alakult ki a Kigyó- és Rigó-tó. Ez utóbbi nagymértékben eutrofizálódott. A volt Édes-tó már teljes feltöltődési fázisban van. A távolabbi Fekete-tó antropogén eredetű. Régi sóakna beszakadása alakította ki. A Piroska-tó az ember által létrehozott, édesvízű tó.

A Medve-tó

A patakok beszivárgó vize kioldotta a felszínközeli sötömzsöket, az egymás melletti üregek beszakadtak és módosult egyes patakok folyásiránya is, amelyek intenzíven táplálták a kialakult medencét. Így jött létre, 1875-ben, a Medve-tó, mint sókarszt eredetű tó. Nevét kiterített medvebőr alakjának köszönheti.

Területe 41270 m², térfogata 488675 m³, legnagyobb mélysége 18,2 m, átlagmélysége 11,8 m (Alexe, Serban, Fülöp 2006). Mélységvonalai gyengén aszimmetrikusak, keleti irányba. A déli víz alatti lejtő a legenyhébb.

A mezoterm rétegződés

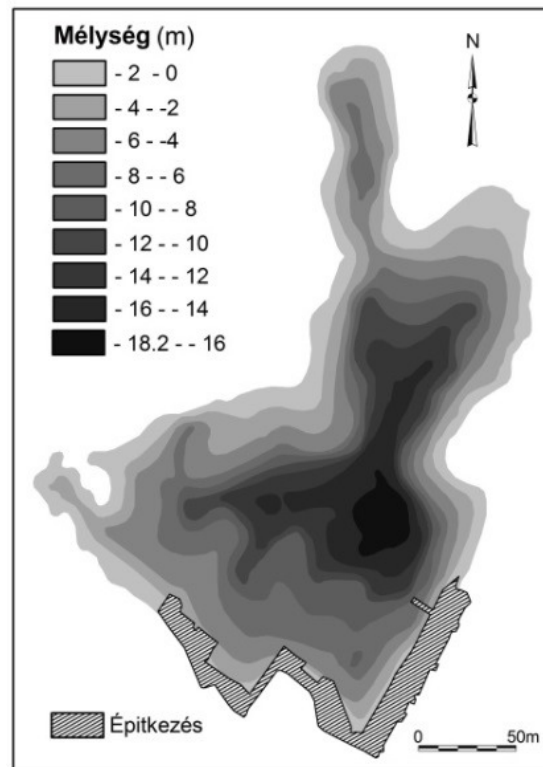
Azt a különleges jelenséget fejezi ki, amikor két hidegebb vízréteg között egy melegebb középső alakul ki. A melegebb réteg rendszerint a metalimniomban jön létre, míg a felső hideg az epilimniomban és az alsó hideg a hipolimniomban van. Touchart ezt paradox rétegződésnek, vagy termikus anomáliának nevezi (Touchart 2002). Ennek megfelelően az ilyen tavakban egyszerre van fordított rétegződés, ahol a hőmérséklet nő a mélység irányába (a felszíni rétegben) és normális rétegződés, ott ahol a hőmérséklet csökken a mélység felé (a mélyen levő rétegben). Ez az állapot inkább az év meleg időszakában alakul ki.

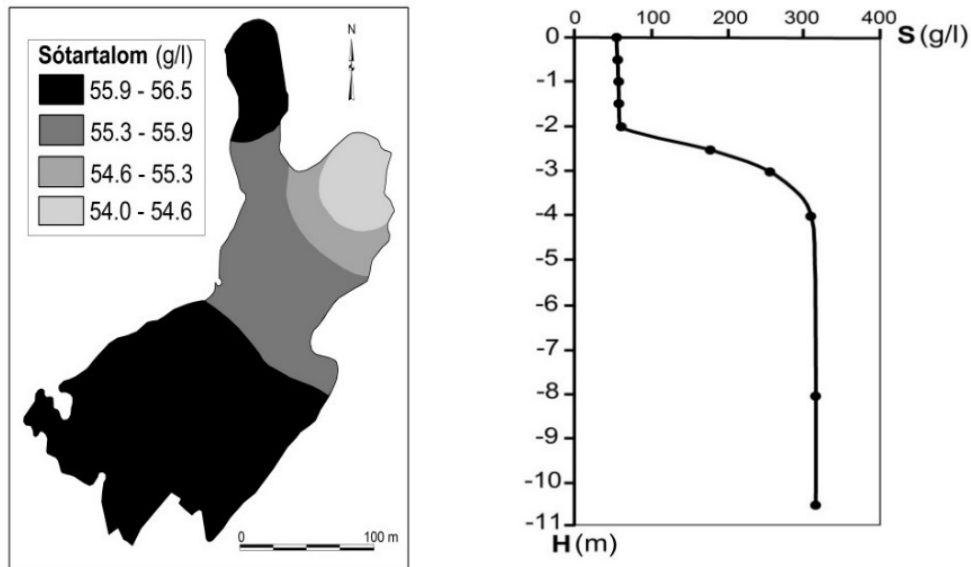
A mezoterm rétegződés olyan sós tavakban jön létre, amelyeket a felszínen édesvízű patakok táplálnak. A folyamatot először Kalecsinszky magyarázta meg a Medve-tóban (Kalecsinszky 1901).

A térfelszíni és felszíni lefolyás következtében tóba érkező kisebb fajsúlyú édes víz a felszínen vékony réteget alkot. Itt, két méteres rétegben a só koncentrációja 55 g/l körüli. A felszíni eloszlásban sincsenek nagy eltérések. Körülbelül a tó területének fele 56 g/l feletti koncentrációjú, míg a legkisebb értékek az észak-keleti nyúlványban vannak (54 g/l).

2. ábra. A Medve-tó izobatái [Alexe, 2010]

Figure 2. The isobaths lines of Bear Lake





3. ábra. A sókoncentráció felszíni és mélységi eloszlása (Alexe, Serban, Fülöp 2006)

Figure 3. The salt concentration surface and depth distribution

Alatta, a mélység irányába, 2–4 méter között hirtelen nő a sómennyiség, elérve a 300 g/l körüli értéket. Innen lefele ez a nagy koncentrációjú sós víz tölti ki a tó medencéjét.

A Nap hőenergiáját csak kismértékben veszi át és tárolja a felszíni édesvíz-réteg. Itt a hősugarak könnyen áthaladnak és elérik a sósvíz réteget. A kis amplitúdójú, de erőteljes diffúz áramlatok szállítják a hőt, amelyet a sókristályok könnyen és nagy mennyiségben át tudnak venni. Így ez a réteg jelentősen fel tud melegedni. Lejjebb kevesebb energia tud eljutni, a diffúzió is csekély és a hó csupán a lassú vezetőképesség révén van továbbítva, igen kis mennyiségben. A kialakult dupla rétegződés igen jó egyensúlyi állapotban megőrződik, mivel a felső édes víz hőszigetelőként működik.

Ezt a relatív egyensúlyt megbonthatják a vizet felkavaró természetes (szél), de leginkább mesterséges (fürdőzés) tényezők.

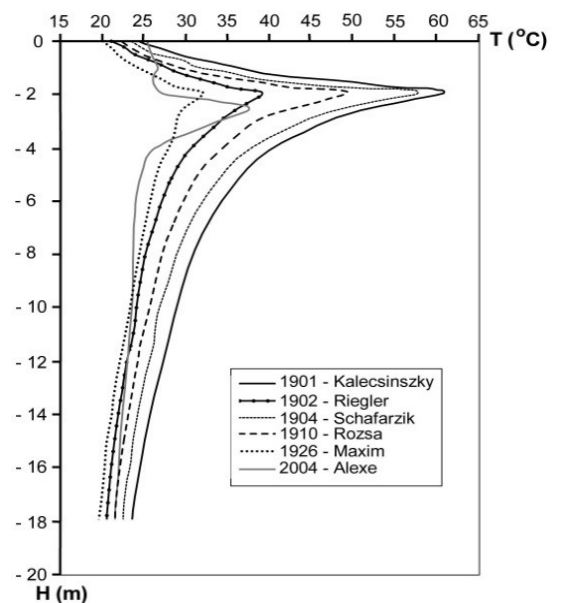
A Medve-tó felső édesvíz-réteget a Toplica- és Aranybánya patakok szállítják. Tavasszal, mikor az időjárás meleg és a csapadék csekély, a tó vize még nincs felkavarodva, akár 45 °C feletti hőmaximum is kialakul a 2–4 méter mélységű sávban (Alexe 2010). Nyár végéig ez folyamatosan csökken a fürdőzés következtében. A mélység irányába folyamatos és lassú hőmérséklet csökkenés észlelhető, a tó alján a víz hozzávetőlegesen eléri a felszíni hőmérsékletet. Észrevehető, hogy e felszíni réteg hönövekedésének trendje sokkal erőteljesebb, mint az alsó csökkenési trend.

A mezoterm rétegződés trendvonalai változtak az idő folyamán. Legnagyobb amplitúdók a múlt század elején voltak. Kalecsinszky 1901-ben 60 °C feletti maximális hőmérsékletet mért, az amplitúdó pedig meghaladta a 35 °C-t. Száz éves távlatban Alexe legmagasabb hőmérséklete csupán 38 °C volt és a hőmérséklet különbség lecsökkent 13 °C-ra. Észre lehet venni azonban, hogy a trendvonalak alakja alapjában változatlan marad.

Habár az hőmérséklet értékei függenek a mérés időpontjától is, nyilvánvaló, hogy azok folyamatosan csökkentek. A fő ok a víz egyre intenzívebb használata a turizmus és gyógyászat érdekében. Ehhez hozzájárult a Tivoli mesterséges tóból történő édesvíz beszivárgása is. Hogy ezt megszüntessék a tavat 1997-ben lecsapolták.

4. ábra. Hőmérsékletváltozások a Medve-tóban (Alexe 2010)

Figure 4. Temperature distribution in Bear Lake



Gyógyászati hasznosítás

A sós víznek, a heliotermiának és az iszapnak egyenként, de főleg együttesen erőteljes gyógyító hatása van. A magas sókoncentráció és az egymás alatti hőrétegek a következő hatásokat váltják ki:

- gerjesztik perifériás, érzékszervi és a vegetatív idegeket,
- elősegítik a bőr vérkeringését,
- jó hatással vannak a szervezet ozmotikus nyomására,
- serkentik a szervezetben végbemenő kémiai és bioelektrikus folyamatokat,
- növelik az általános metabolizmust,
- hatnak a nyálkahártyára,
- jó a hidrosztatikus és kinetoterápiás hatásuk.

A heliotermiának négy fejlődési szakasza van - melegedési, konsztans, lehülési, újramelegedési - amelyek eltérő hatásokat váltanak ki az emberi szervezetre. Ezek a hatások nagyon sokféle betegség gyógyítását segítik elő.

A sós tavak alján szapropele eredetű iszap gyűl össze, a mikroflóra és mikrofauna, valamint szerves anyagok lerakódásából. A Medve-tó terápiás iszapkészlete megközelítően egy méter vastagságú. Az iszap serkenti a metabolizmust és sokféle vitamint tartalmaz, amelyeknek biológiai serkentő hatásuk van. Ezért az iszappakolásokat nagymértékben használják a gyógyításban.

Következtetés

A Medve-tó Erdély sóövének legjellegzetesebb hidrológiai egysége. Sókarszt eredete és sőtöménységének eloszlása egyedien befolyásolta a hőenergia átvételét és elraktározását. Így alakult ki a mezoterm övezetesség, ami a heliotermia folyamatának következménye. A víznek és az iszapnak gyógyturisztikai jelentősége túllépte a helyi jelentőséget és nemzetközi fontossággal bír.

Irodalom

Alexe M., Serban Gh., Fülöp-Nagy J. 2006: Lacurile sărate de la Sovata, Casa cărții de știință kiadó, Kolozsvár.

Alexe M. 2010: Studiul lacurilor sărate din Depresiunea Transilvaniei, Presa Universitară Clujeană kiadó, Kolozsvár.

Kalecsinszky S. 1901: A szovátai meleg és forró konyhasós tavakról, mint természetes hőakkumulátorokról, Földrajzi közlemények XXVIII, Budapest.

Mac I. 1972: Subcarpații Transilvăneni dintre Mureș și Olt, Akadémiai kiadó, Bukarest.

Schafarzik F. 1909: A naptól felmelegedő Szovátai konyhasós tavaknak, főleg a forró Medvetónak geológiai, hidrográfiai és egynémely fizikai viszonyairól, Földtani közlöny XXXVIII, Budapest.

Touchart L. 2002: Limnologie physique et dynamique. Une géographie des lacs et des etangs, L'Harmattan, France.

TERMÉSZETFÖLDRAJZI KUTATÁSOK EGY FENNTARTHATÓ MODELL- RÉGIÓ ÉRDEKÉBEN

PHYSICAL GEOGRAPHY RESEARCH PROJECT FOR A SUSTAINABLE MODEL-REGION

Ruszkai Csaba¹, Mika János¹, Wantuchné Dobi Ildikó², Kertész Ádám^{1,3}

¹*Eszterházy Károly Főiskola,*

²*Országos Meteorológiai Szolgálat,*

³*MTA CsFK Földrajztudományi Intézet,*

mika@ektf.hu

Abstract

Main motivation of the TÁMOP project started in October, 2012 is to establish a model-region (sample-region), which is sustainable, obtaining strong economical potential. The scientific tools of physical and social geography are concentrated in a consortium of three institutions. The investigated sub-region is the agglomeration of Eger, Hungary, completed towards the South according to physical- and transportation-geography boundaries of the landscape unit. The realisation of the project is based mainly on the experiences of Kassel University in the Hessen Region of Germany, an internationally appreciated centre of disseminating modern, environment-friendly technologies and life-style. The point of the project is to perform targeted basic research on renewable energy sources and climate change, establishing GIS-based regional data bases from the research and elaboration of related activities supporting the energy-efficient economical growth. Our aim is to achieve that the use of renewable energy sources and rationalised energy use could significantly decrease the financial load of people living in this 23 settlements of the energy-region. On the other aim is to strengthen the co-operating local enterprises. Final element of this idea is to show the Eger model region as sample to follow for other regions of the country. This idea and its first results are aimed to present as a result of a much wider co-operating stuff, professors, researchers and students, than the authors of the present study.

Keywords: Eger, energy-region, renewable energy, resources, risks, geography

Kulcsszavak: Eger, energia-régió, megújuló energiák, erőforrások, kockázatok, földrajz

Bevezetés

2011-ben alakult meg az *Agria-Innorégió Tudáscentrum* az Eszterházy Károly Főiskola Természettudományi Karának alap és alkalmazott kutatási, képzési és szakértői szolgáltatásokat lebonyolító tudományos és operatív szolgáltató centruma. Az intézetet az EKF Természettudományi Karának képzéseihez, az új geográfus mesterképzésében részt vevő fiatal szakemberek tapasztalatszerzése céljából hoztuk létre. Kiemelt feladatunk továbbá a releváns szubregionális térségi szerveződések fejlesztésének elősegítése, a fenntarthatóságra és a helyi erőforrásokra épülő fejlesztési feltételek és adottságok meghatározása.

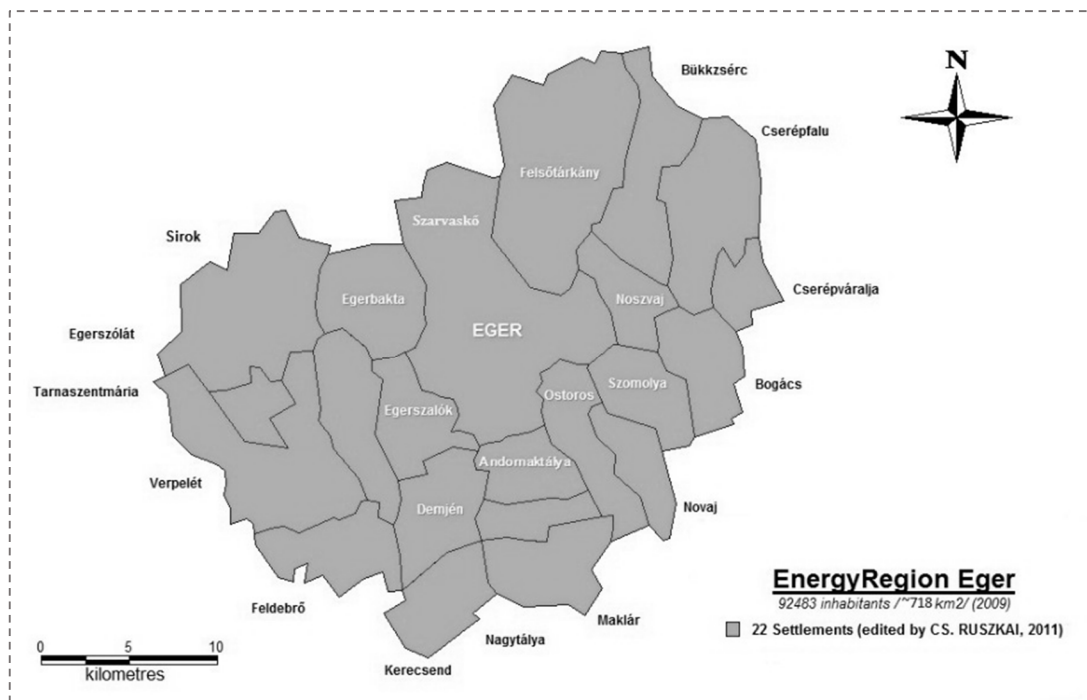
A Tudáscentrum, az Eszterházy Károly Főiskola Természettudományi Karának alap és célzott kutatási és szakértői szolgáltatásokat lebonyolító tudományos és operatív szolgáltató centruma, amelynek feladata szubregionális térségi szerveződések fejlesztésének elősegítése, a fenntarthatóságra és a helyi erőforrásokra épülő fejlesztési feltételek és adottságok meghatározása. 2011 nyarán a térség megújuló energia alapú kutatási feladataira és térségfejlesztésére együttműködési nyilatkozat született a Kasseli Egyetem Műszaki Város- és Tájtervezési Tudományos Részlegével, illetve Város- és Régiófejlesztési Gazdaságtan Tanszékével. Az együttműködés kezdeményezője és koordinátora az egyetemi OWWZ (Ost-West Wissenschaftszentrum) Tudásközpont, amely tudástranszfer keretében szakmai, módszertani útmutatást ad az Agria-Innorégió Tudáscentrumnak.

A tudáscentrum megalapításával képesek lehetünk elősegíteni a főiskola, mint tudásközpont hatékonyabb beágyazódását a térségi tervezési és fejlesztési folyamatokba, valamint elősegítjük a fiatal pályakezdő szakemberek munkaerő-piaci esélyeinek növelését. Célunk továbbá Eger Megyei Jogú Város és a szubrégió településeivel történő folyamatos szakmai együttműködés kialakítása és hosszú távú megszilárdítása. Ennek fontos eleme volt az első projekt elnyerése.

Az elnyert TÁMOP projekt

A 2012 októberében indult, 28 hónapos TÁMOP projekt vezérmotívuma egy fenntartható és erős gazdasági potenciált hordozó, minta-régió létrehozását célozza, amelynek a természet- és társadalomtudományi megalapozását a pályázó konzorcium végzi, élén az Eszterházy Károly Főiskolával. Azon dolgozunk, hogy az Eger központú energia-régióban (5. ábra) megvalósuljon az a szándék, hogy a megújuló energiaforrásokra és energiatakarékosságra épülő energiafelhasználás érzékelhetően csökkentse az itt lakók anyagi terheit, egyszersmind felfuttassa az ennek megvalósítására vállalkozó gazdálkodó szervezeteket. Az elképzelés záró

mozzanata az, hogy az egri minta-régió tanulságai ezt követően az ország és más kelet-közép európai térségek számára is modellként szolgáljanak.



1. ábra. Az Eger energia-régió, a kutatási projekt minta-területe

Figure 1. The Eger energy region, sample area of the research project

E célok megvalósításáig számos olyan tudományos kérdést kell megválaszolni, amelyekhez a geográfia komplex szemléletmódja szükséges, megerősítve néhány vonatkozás ezen túlmutató, speciális ismereteivel is. A megújuló energiaforrások térségi potenciáljának feltárása, környezetföldrajzi kockázatainak felmérése sokféle természettudományos ismeretet igényel. A megújuló energiaformák és az energiatakarékosság megvalósítása – adott piaci termékek tervezhető környezetében – elsősorban mérnöki és informatikai feladat.

Ugyanakkor, a felhasználói oldal gazdasági és társadalmi jellemzői meghatározzák az új és hosszú távon bizonyosan előnyös termékek felismerésének és tudatos megvásárlásának a feltételeit, mind a megújuló források, mint az energia-hatékony építkezés és közlekedés területén. Ezen a ponton a geográfia, mint egyszerre természet- és társadalomtudományi diszciplína képes elvégezni a szükséges felméréseket, értékeléseket és prognózisokat. Az elvégzett tudományos kutatások eredményei a vállalkozói gyakorlati tapasztalattal, valamint a modellrégióban szerzett tudás megszerzésével és átadásával a Főiskola tudományosan és szakmailag is meghatározó szerepet tölt be a régió gazdasági életében.

A kutatások és a gyakorlati megvalósítás során nemzetközi partnerként elsősorban a Kasseli Egyetem tapasztalataira építünk, akik Németország Hessen tartományában nemzetközileg ismert központjai a korszerű, környezetkímélő technológiák és életmód elterjesztésének.

A projekt lényege: A német Kasseli Egyetem közreműködésével a megújuló energiaforrások és a klímaváltozás területén célzott alapkutatások elvégzése, a kutatásra épülő térségi GIS adatbázis létrehozása, valamint a hozzá kapcsolódó energia-hatékony gazdasági növekedést szolgáló tevékenységek kidolgozása egy fenntartható modellrégió kialakítása céljából. Szakmai tevékenységeinek középpontjában a régióra vonatkozó természetföldrajzi-, társadalmi-, gazdasági- környezeti erőforrás feltárás és tájértékelés, hasznosíthatósági vizsgálat áll.

- Természeti, táji erőforrások minőségi és mennyiségi jellemzőinek kutatása (földtani alapok, talajtani adottságok, produktív növény-társulások, azok becsült biomassza hozama, szennyvízalapú biogáz-termelés helyi feltételei, bioetanol potenciál, hulladék, felszíni és felszín alatti vizek állapota, geotermikus adottságok, felszín közeli besugárzási értékek, szélpotenciál, védett településrészek, élőhelyek, értékes adottságok).
- A megújuló energiák helyi mennyiségének és jellemzőinek meghatározása, alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata, térségi energiastratégia tervezési alapjainak lefektetése.

- Demográfiai és életkörülményekre vonatkozó adatok kutatása. Gazdasági és infrastrukturális környezet adatsorának feltárása.
- Természeti/környezeti kockázatelemzés a veszélytényezők terepi felmérésével, éghajlat- és katasztrófavédelmi stratégiák tervezési alapjainak meghatározása.

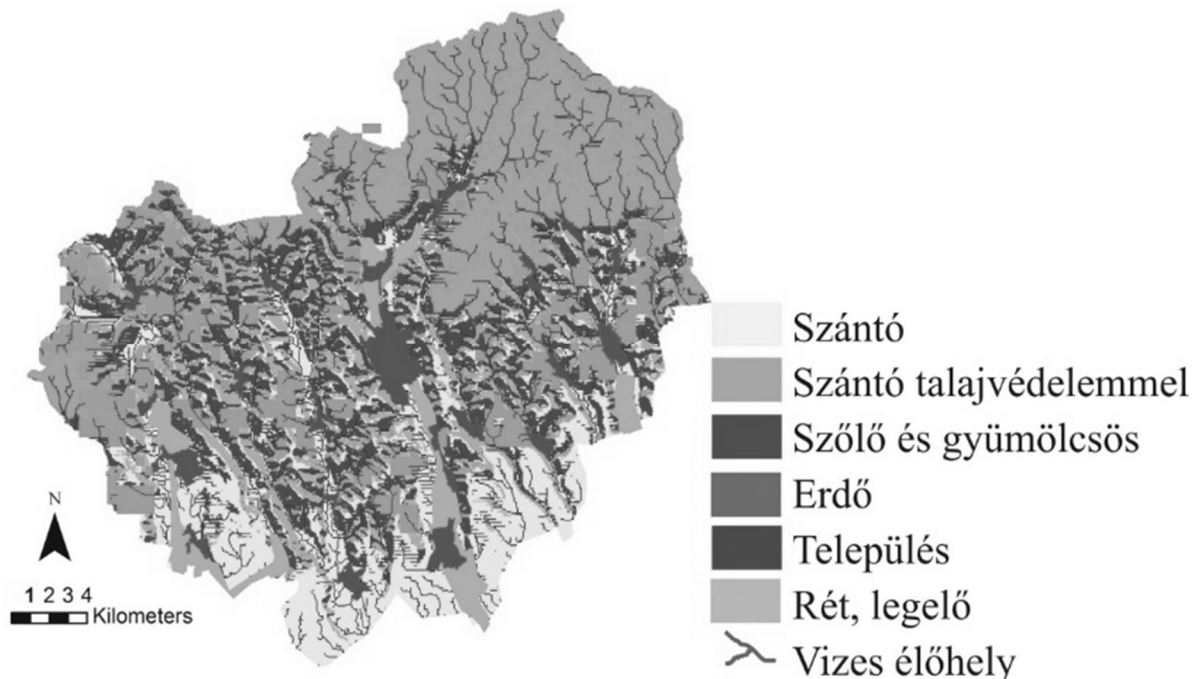
Társadalomföldrajzi szempontból a szubrégió Eger Megyei Jogú Város és vonzáskörzetére épül, melynek területe Dél felé a kistáj természet és közlekedés-földrajzi kereteinek megfelelően teljesedik ki.

Eger centrális fekvése a központ és vonzáskörzet kölcsönösségén alapszik, esetünkben a megújuló energiaforrásokból nyert elsősorban villamosenergia előállításának, szállításának és fogyasztásának indokoltága révén. A kijelölt településegység másik jellemvonása a turizmusra és a szőlőkultúrára épülő gazdasági szerkezet, mely által teljes mértékben megjelenik a kultúrtáj, az Egri Borvidék.

Első eredmények

Kutatásaink első eredményeit a Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés című konferenciakötetben (Dobos et al., 2013; Mika et al., 2013; Misik, 2013; Órsi, Kertész Á., 2013; Pajtókné Tari, 2013; Patkós, Tóth A., 2013; Piskóti-Kovács, 2013; Utsi, Kürti, 2013) illetve a Hungarian Geographical Bulletin 2014 évi 1. számában (Mika et al., 2014; Órsi, Kertész, 2014) ismertettük először. Ehelyütt néhány példa bemutatására van lehetőségünk.

Az ökológiai potenciál-típus-térkép 2. ábra szerint szántóföldi művelésre talajvédelem nélkül is mintaterületünk leglaposabb, déli része alkalmas, e területek a völgyek alján ennél északabbra nyúlnak. Az északi (főleg a bükki) területek erdő telepítésére alkalmasak. A kettő között fekvő közepes lejtésű (5-25%) terület közül az északi kitettségű területeket szántóföldi művelésre talajvédelem bevezetése mellett javasoljuk, a délies kitettségű területek pedig szőlő és gyümölcsstermesztésre alkalmasak. Ezeket a területeket erdő telepítésére javasolt területek szakítják meg, melyeken a vízmosság- veszélyeztetettség miatt nem javasoljuk a mezőgazdasági művelést. Vizes élőhelyeket a völgyekben jelöltünk ki, ezek a hegy- és dombvidéki, valamint az alföldi területeken egyaránt megtalálhatók. Rét- és legelőgazdálkodásra az ökológiai potenciáltípus térkép szerint csak a nagyobb vízfolyások (Tarna, Eger-patak, Hór-patak) allúviumai megfelelőek.



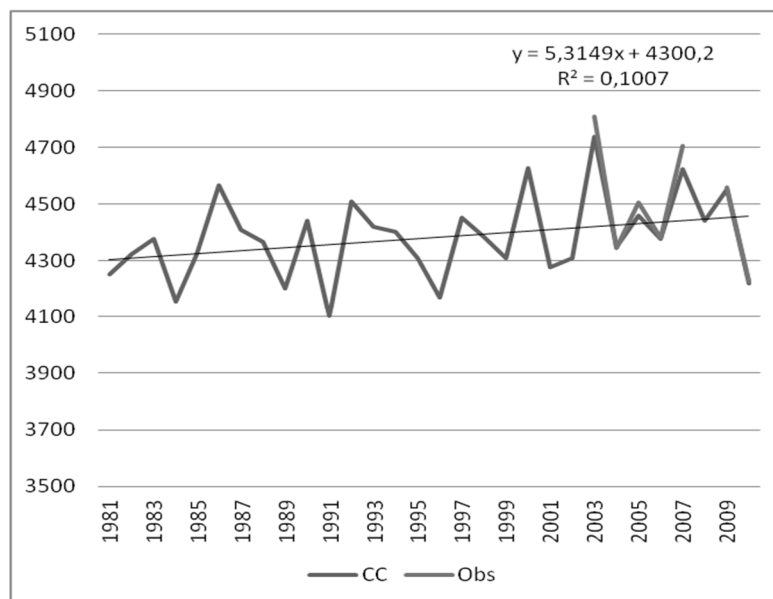
2. ábra. A mintaterület ökológiai potenciáltípus-térképe (Órsi A., Kertész Á., 2013)

Figure 2. Ecological potential map of the sample region (Órsi A., Kertész Á., 2013)

A **globálsugárzás trendvizsgálatát** a CarpatClim globálsugárzás idősorán végeztük el (CC), mellé téve az Egerben mért adatsort (R_{obs}) is, amely nagyon rövid (3. ábra). Az éves globálsugárzás összegek idősorára illesztett lineáris regresszió pozitív, azaz emelkedő trendet mutat. A sugárzásnövekedés átlagosan évente 5,3

3. ábra. Éves pontszerű, mért (rövidebb) és rácsponti (hosszabb) globálsugárzás összegek időszora és trendje (Mika J. et al., 2014)

Figure 3. Annual pointwise observed (shorter) and grid-point (longer) based trends of global radiation sum sin time series and linear trends (Mika J. et al., 2014)



MJ/m². Ugyanez volt megállapítható télen és tavasszal, míg a tavaszi, őszi és téli időszakban kisebb csökkenés mutatkozik.

Végül, bemutatjuk öt település hulladékgazdálkodási **jellemzőit** az 1. táblázatban. Ehhez az információhoz egy 2013 januárjában készült kérdőív alapján jutottunk, amely a táblázatban foglalt 8 kérdést tartalmazta.

1. táblázat. A régió 5 településének hulladékgazdálkodási jellemzői (Misik T., 2013)

Table 1. Waste treatment features of 5 settlement in the model region (Misik T., 2013)

	Bükkzsérc	Cserépfalu	Egerszólát	Feldebrő	Nagytálya
1.	Remondis Tisza Kft., Tiszafüred, 2006.05.26	Remondis Tisza Kft., Tiszafüred	AVE Heves Városfenntartó Kft. 2002 óta	Városgondozás Eger Kft. 2013.01.01-től	Városgondozás Eger Kft. 2007-2016
2.	385		350	403	290
3.	120 l és 60 l	120 l és 60 l	71%-ban 120 l, 29%-ban 60 l	90%-ban 120 l, 10%-ban 60 l	60 l és 110 l, fém és műanyag
4.	heti egyszer	heti egyszer	heti egyszer	heti egyszer	heti egyszer
5.	120 l kuka esetén 24200 Ft		120 l / 60 l kuka esetén 23200 Ft / 20000 Ft	110-120 l / 60 l kuka 24765 Ft / 19150 Ft	110 l / 60 l kuka esetén 24750 Ft / 19136 Ft
6.	14/2006 (IX.05.) és 10/2012 (VI.01.) rendelet módosítás	7/2002 (VI. 3.) és 11/2006 (XII. 18.) rendelet	10/2000 (XI. 29.) és 11/2010 (XII. 15.) rendelet	7/2004 (IV. 28.) rendelet	11/2003 (XI. 27.) rendelet
7.	igen	igen	igen	igen	igen
8.	gyűjtősziget	gyűjtősziget	zsákos, háztól begyűjtés havonta egyszer és 1 gyűjtősziget	zsákos, háztól begyűjtés havonta egyszer és 1 gyűjtősziget	zsákos, háztól begyűjtés havonta egyszer és komposztálás

Köszönetnyilvánítás: A fenti ismertető a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0016 munkaszámú, *A megújuló természeti erőforrások potenciális hasznosíthatóságának komplex vizsgálata az éghajlatváltozás tükrében, egy energetikailag FENNTARTHATÓ MODELLRÉGIÓ kialakítása céljából magyar-német közreműködéssel* című projektről szól, amely támogatásért a szerzők köszönetüket fejezik ki.

Irodalom

- Dobos, A., Z. Zelei, B. Hegyi, P. Hegyi, M. Horváth, 2013: The mapping of soils as renewable energy sources and the valuation of their functions on the regional planning. Case study: Egerszalók, North Hungary. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. A megújuló erőforrások szerepe a regionális fejlesztésben. (Pajtókné Tari I., Tóth A., szerk.) Eger 2013. október 10-12, ISBN 978-615-5297-11-3, pp. 88-96.
- Mika, J., A. Rácsi, I. Dobi, Zs. Molnár 2013: Mapping solar and wind energy resources, including their long-term tendencies. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. A megújuló erőforrások szerepe a regionális fejlesztésben. (Pajtókné Tari I., Tóth A.l, szerk.) Eger 2013. október 10-12, ISBN 978-615-5297-11-3, pp. 97-102.
- Mika, J., E.K. Csabai, I. Dobi, Zs. Molnár, Z. Nagy, A. Rácsi, Zs. Tóth-Tarjányi, I. Pajtók-Tari, 2014: Solar and wind energy resources of the Eger Region. Hungarian Geographical Bulletin vol. 63, No 1., 17-27.
- Misik T., 2013: Benchmarking alkalmazása Eger környéki kistelepülések hulladékgazdálkodásának összehasonlításában. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. A megújuló erőforrások szerepe a regionális fejlesztésben. (Pajtókné Tari Ilona és Tóth Antal, szerk.) Eger 2013. október 10-12, ISBN 978-615-5297-11-3, pp. 163-167.
- Órsi A., Kertész Á., 2013: Mező- és erdőgazdálkodási alkalmasság-vizsgálat az Egri modellrégióban. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. A megújuló erőforrások szerepe a regionális fejlesztésben. (Pajtókné Tari I., Tóth A., szerk.) Eger 2013. október 10-12, ISBN 978-615-5297-11-3, pp. 103-108.
- Órsi, A., Á. Kertész, 2014: Investigation of ecological potentials of the Eger Model Region by GIS methods. Solar and wind energy resources of the Eger Region. Hungarian Geographical Bulletin vol. 63, No 1., 43-53.
- Pajtókné Tari I., 2013: A megújuló energiaforrások oktatása és kutatása az EKF Földrajz Tanszékén. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. A megújuló erőforrások szerepe a regionális fejlesztésben. (Pajtókné Tari I., Tóth A., szerk.) Eger 2013. október 10-12, ISBN 978-615-5297-11-3, pp. 109-114.
- Patkós Cs., Tóth A., 2013: Energiarégió: a megújuló energiák hasznosításának egy lehetséges területi modellje. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. A megújuló erőforrások szerepe a regionális fejlesztésben. (Pajtókné Tari I., Tóth A., szerk.) Eger 2013. október 10-12, ISBN 978-615-5297-11-3, pp. 115-121.
- Piskóti-Kovács, Zs.: 2013 The implementation opportunities of an energy map in Hungary. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. A megújuló erőforrások szerepe a regionális fejlesztésben. (Pajtókné Tari I., Tóth A.l, szerk.) Eger 2013. október 10-12, ISBN 978-615-5297-11-3, pp. 122-127.
- Utasi Z., Kürti L., 2013: Az Eger – Energiarégió projekt topográfiai és kataszteri térképei a térinformatikai rendszerben. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. A megújuló erőforrások szerepe a regionális fejlesztésben. (Pajtókné Tari I., Tóth A.l, szerk.) Eger 2013. október 10-12, ISBN 978-615-5297-11-3, pp. 181-187.

HEGYCSÚCSOT NEVEZTEK EL AZ URÁLBAN REGULY ANTALRÓL

NAME A PEAK AFTER ANTAL REGULY IN URAL MOUNTAIN

Gábris Gyula

*ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék
gabris@ttk.elte.hu*

Abstract

Antal Reguly was searching for linguistic affinities between the Hungarian language and languages used in the Northern-Ural during 1843 and 1845. He was the first to draw a map from vast lands in this region. His cartographical methods: way of collecting information, units of measurement, way of compilation, using spherical geographical positions, can be briefly represented by his quotations that can be found in his own manuscripts above his map of Ural, written in 1852.

In honour of the Hungarian scientist, a "Reguly-expedition" was established by the Hungarian Geographical Society and the Section of Sverdlovsk of the Russian Geographical Society with the help of the Hungarian Academy of Sciences. In 1990, this venture reached an unnamed peak in the land of the Polar-Ural where they placed a memorial tablet in the honour of the Hungarian explorer. The chosen summit is a glacier horn between four glacier formed valleys, situated on the main watershed of the mountain. In the deep, south oriented cirque well up a tributary of the river Ob, called Many-Hobe-Ju, among which Reguly approached the main ridge of Ural. The Committee of the Geographical Names of the Russian Federation officially named this peak after Reguly in 1996. The Reguly-peak is rising 1711 meters above the sea surface, under the coordinates 64° 53' north and 59° 51' east.

Keywords: First map of Ural, geographical explorations, Antal Reguly

Kulcsszavak: Az Urál első térképe, földrajzi felfedezések, Reguly Antal

Bevezetés

Reguly Antalt néprajztudósként, nyelvészként, a finnugor nyelvrokonság tanának egyik megalapítójaként ismeri a tudós közvélemény, de az Észak-Urálról készített térképe révén nevét nagy betűkkel írta be a földrajztudományba is. A térkép jelentőségét aláhúzza az a tény is, hogy tudományos kutatóútjának ez az egyetlen általa készített nyomtatásban megjelent eredménye.

Reguly térképe egyrészt annak köszönheti keletkezését, hogy utazásai során kényyszerűen tájékozódnia kellett a bejárt (és bejárando) földterületek földrajzi-topográfiai viszonyairól, továbbá igyekezett áttekintést nyerni annak egészéről, és célja lehetett néprajzi-nyelvészeti megfigyelésének térképes rögzítése is. Fontos volt a szentpétervári tudós társadalom (Baer, Köppen és Struve) inspirációja és támogatása, amely lehetővé tette a geográfiai anyag rendezését és térképi feldolgozását. Másrészt Reguly térképére az Orosz Földrajzi Társaság által 1850-ben az Urálba küldött Hofman-expedíciónak volt igazán szüksége. Ők remélték annak jó hasznát tájékozódás céljára, s tervezték pontos mérések alapján történő kiegészítését.

A joghallgatóként külföldi utazásra induló Reguly nyelvészeti-néprajzi munkáit különösebb előképzettség nélkül kezdte meg, és csak később szerzett olyan ismereteket, amelyek lehetővé tették számára e területeken kutatások végzését. Ugyanez mondható el térképészeti munkájáról is: nem volt tanult földmérő, a vállalt feladat tette térképésszé.

Az Észak-Urál térképét a Magyar Földrajzi Társaság 1906-ban a Földrajzi Közlemények mellékleteként kiadta, és Pápay József tanulmányban foglalkozott az elkészítés módszerével. Pápay (1906) eredeti szándéka a két akadémiai előadás szövegének kiadása volt, de mivel ezek "oly annyira tele vannak javításokkal és pótlásokkal, hogy azokat pontosan kiadni majdnem lehetetlen", a KÖPPEN-hez írt levelet közölte magyar fordításban tanulmányához kapcsolva. Reguly fent említett akadémiai előadásainak eredeti kéziratairól készítettem egy olvasatot, amely kiegészítheti eddigi ismereteinket. Az alábbiakban ebből vett idézetekkel illusztrálva röviden áttekintjük Reguly térképkészítő módszereit a következő szempontok szerint: az információk gyűjtése, az alkalmazott mértékegységek, a szerkesztések, a csillagászati földrajzi helymeghatározások felhasználása.

A térképrajzoláshoz szükséges adatok gyűjtése

A tájékozódáshoz és főképpen a térkép készítéséhez sok adat, ismeret összegyűjtése kellett. REGULY írja, hogy "szokásom volt soha valamely vidékre nem lépni, mielőtt annak földirati anyagának legnagyobb részét tudakozódások által meg nem szereztem és vázolatban öszve nem állítottam; s ez által azon előnyöm volt, hogy kérdéseimet mindig úgy intézhetém és figyelmemet úgy irányozhatám és használhatám, miszerint lehető legrövidebb idő közben minden irányban otthonosnak érezhetém magamat, és papirosra jegyezhetém

mindazon sokoldalú határozatokat, melyek ... rám nézve fontosak valának." A térkép elővázlatainak rajzoláshoz is felhasznált ilyen információkat. "Ha tudva van előttünk és hisszük is, hogy a mi hegyeink egyszerű vadászának ismerete van az általa bebarangolt tájakról, ... akkor a soha be nem járt távoli vidékek utazója, vezetve a belföldi vadász által, ki azon vidékekben csatangolva keresi mindennapi élelmét, a halász által, ki folyójának minden tekervényét ismeri, vagy az iramszarvas nomad által hason biztonsággal kalauzoltattatik, pontos és helyes tudomást szerezhet magának a messzeségek és fölszíni minőségekről is. Mi nem hinnők, hogy a természet efféle emberei a havon vagy folyóik homokos partján lerajzolhatnák azoknak keresztülfolyt vidékeit fő irányjaikkal és kanyargásaikkal együtt ... És mégis így van. A Tapsija folyónál a nyert adatokat a Tapsija és Konda folyó telepeinek kölcsönös fekvése és távolsága felől hetekig nem voltam képes ... öszveköttetésbe hozni. Végre egy ember érkezett a Lepljá vizéről, ki saját folyójának, továbbá a Pelim és Tapsijának egész figurációját lerajzolta előttem és az által felvilágosítást adott ez utóbbi folyónak a Konda folyóhoz való kölcsönös viszonyairól is."

Az alkalmazott mértékegységek

Bármely térkép egyik legfontosabb jellemzője a méretarány, amelyhez a távolságok mérésére van szükség. Hogyan oldotta meg Reguly ezt a problémát, hogyan pótolta a mérések hiányát?

Előadásában erről így beszélt: "Egy egész vagy félnapi távolság, gyalog vagy iramszarvasokkal, és újra valamely nyári, őszi vagy téli naptávol ... valamint egy szürkületi vagy ebugatási távol (ameddig egy ebugatás elhallhatik), oly meghatározások, melyek nagyok és kicsinyek, és különböző egyének szerint, kik által felhozhatnak, nagyon különbözők lehetnek. De ha tekintetbe vesszük, hogy éppen az említett mozgékonyaságnál fogva ezen emberek nemcsak egyetlenegy hely korlátozott környékeit ismerik, hogy nekik az évszakok szerint változó két-három lakhelyök is van: akkor az utazónak mindenkor lehetséges lesz mértéket találnia, melyek előtte valamint őelőttök is ösméretesek, s melyeknek egybehasonlítása s ismételt megvizsgálása és becslése által viszonyosan meghatározhatja ezeket és saját mértékére átviheti."

"Továbbá voltak orosz kalmárok és kozákok is, kiket fel találni és tapasztalásaikat hasznomra fordítani mindig értettem. Ily emberek segítségével, ... a határozatlan adatok már visszavihetők lesznek biztosabb mértékekre is. Ilyenek előtt már nem is volt többé ismeretlen a verstek mértéke; sőt ellenkezőleg, hol kívántatott, néha egész könnyűséggel számláltak azokban."

A térkép szerkesztése

Egy olyan kiterjedt vidék, mint az Észak-Ural, nem térképezhető csupán az eddig említett módszerekkel. A részletes vázlatokat nagyobb egységbe kellett szerkeszteni.

Reguly példával illusztrálta az általa használt eljárást. "Legyen például ismeretes előttem a Petschora egyik pontjától egy út, mely az Uralon át Berezovba visz, legalább közel találó biztos távolsági adatokban helyről helyre; hasonlóképp ismerjek egy utat, mely ugyan hegyeken keresztül, de keleti irányban Obdorszkba vezet; harmadszor legyen meg egyszersmind ezen utóbbi két pontnak egymástóli távolsága is. Egy ethnographiai tény fog így előttem lenni, mely saját értéke mellett egy geográfiaival, habár még egészen bizonytalanul is, bírni fog. Ugyanazon mértékben mostmár, amelyben ezen háromszöggé zárkózó vonalak közt több és több pont fog tudomásomra jutni, fog a bezárt, általam csak üresnek ismert tér, egy földterület képévé kinővekedni, melynek vonalai és kisebb háromszögeinek mindig teljesebben kiegészített hálója alatt más vonalok fognak a legkülönbözőbb irányokban odakigyózni és a beltagozat formáit mindig teljesebben és élethívebben kitüntetni. ... az egybehasonlítás és összeállítás munkáját mindaddig fogja folytatni, míg ama formaviszonyok, melyek minden követelést kielégítőek és mint az egésznek úgy mint az egyesnek mértékeivel is megegyezhetők, fel nem találtattak."

Csillagászati földrajzi helymeghatározások

Az Észak-Ural térképének végső formába öntésekor Reguly felhasználta a Szentpéterváron feltalálható, s az általa térképezett terület széleiről származó néhány korábbi csillagászati helymeghatározás adatait. "Midőn utóbb a pétervári földirati társulat felszólítása folytán ezen anyagnak határozottabb földirati becset is adni feladatomban lett: akkor csillagászatilag és mértanilag határozott pontok és vonalaknak oly rájárást állott szolgáltatnomra, mely elegendő volt oly földirati jellemet ruházni arra, mely kiegészíthető éppen úgy a tudományi szükségleteket nagyban, mint a közönséges életet is kicsinyben. ... Ermann A. érdeme az, hogy Obdorszk és Berezov csillagászati meghatározásának következtén az Ob futása az én földabroszomon csaknem két hosszfokkal tovább mozdítva Nyugat felé tűnik fel; Fedorov orosz csillagász érdeme, hogy három helység ú. m. Tobolsk, Turinsk és Bogostonsk meghatározása által az én földabroszomnak azokkal határos déli részeire nézve szilárd kapcsolati pontokat nyerhettem; Kruzenstern úr érdeme, hogy az ő

tengerparti fölvétele által előterjesztett vidékeim nyugati és éjszaki határai számára szinte szilárdul álló, csillagászatilag meghatározott vonalakat nyerhettem. Az én érdemem, hogy az ezen négy vonallal bezárt tért jobbra sajátos anyagával, s amint a kép mutatja, új arányokban terjesztetem elő. Ama vidékek képe itt többé nem határozatlan, itt-ott csak ingatagul elvonuló vonalakkal (jelzett): az valamennyi meghatározásában beveződő, zárkózó egész, mi részeinek kölcsönös viszonyaiban mérhető s az odamellékelt számjegyek által alávethető a kiszámításnak, egyszersmind részletének teljességével önmagát sokféleképp megpróbált és határozott az. Itt nem az üresség, hanem a föld lép elének valamennyi ethnographiai meghatározásaival oly teljességben, hogy az a rajta végbemenő életet ... teljessé, szellemükben szemlélhetővé és ábrázolhatóvá teszi.”

Összességében így látja Reguly az Észak-Urál térképét: "Az általam gyűjtött anyagnak több mint 7000 geographiai négyzetmérföldnyi egész térsége magába foglalja hydrographiai és orographiai tekintetben mind azt, mi geographiai és népgazdászati szempontból egyenlőleg jelentékeny. Nemcsak a folyók az ő fő irányaikban, hanem 4-5 mérföldnyi hosszúságú patakok is, és nem csak a hegy- és dombvonulatok nagyban, hanem az Ural egész hegyláncának minden egyes fő és mellékszeme, valamint az ország belsejében levő valamennyi magaslat is felhozvák és nevével kijelölve abban. A lakhelyekre nézve nemcsak az emberek meglévő összességei a falvak, kirekesztőleg mind, hanem egyes emberek és egyes megtelepedései is elő vannak adva. Még az egészen elhagyott vidékeken levő üres vadászkunyhók sem hiányzanak, hol a vadász csak bizonyos időkben némely hetet szokott tölteni, sőt az urali expedíció tekintetéből még minden egyes nomád vándor sátorát is odatettem az déli felében az Uralnak azon helyen, hol nyár közepett tanyázni évenként szokott, hogy az utazónak ílymódon mind azon lehető kilátások megadassanak hol emberekre az oly lakatlan vidékeken találhat. További föld és néptani határozottság végett a helyeknek nem csak egymástóli távolságai, hanem ott, ahol azok mellőztével egyenes útvonalak metszik át a nagyobb vidékeket, versztekben is oda advák azok. Abroszom annyiban postai földabrosz jellemet nyert magának, amennyiben az előterjesztett vidék minden tetsző pontjából beláttatja az utakat, melyek akármily irányban vezethetik őt, és hosszúságát versztekben kiszámítani képessé tétetik. E tekintetben nem hiányzik a gyalogút sem, mely a lapályok lakóját folyóinak valamely pontjától az Ural tarajára vezet; nem hiányzik a kocsút sem, mely azon hegység nyugati lakóit a keletiekhez vezet egészen az Obig, és egy út sem, mely a lakatlan földek által elválasztott egyes folyók vidékeit köti össze egymással. Végre a tájékozás lehetőségéért lakossági, népességi, élet és táplálkozási viszonyaira nézve a növényzet, marhatenyésztés és földművelés, úgy a néptelepések határai is pontosan kijelöltettek kereskedők adatai és saját tapasztalmányaim és szemléleteim után. Az országisme anyagát ennél fogva földabroszom teljesen magába foglalja, mennyiben sikerült legyen annak összeállításában egyszersmind földirati valóság megközelítenem vagy elérnem, azt kimutatná annak egybehasonlítása az urali expedíció ujonnan megjelent földabroszával, ha az előttem fekünnék.”

Reguly és Hofman térképének összehasonlításáról

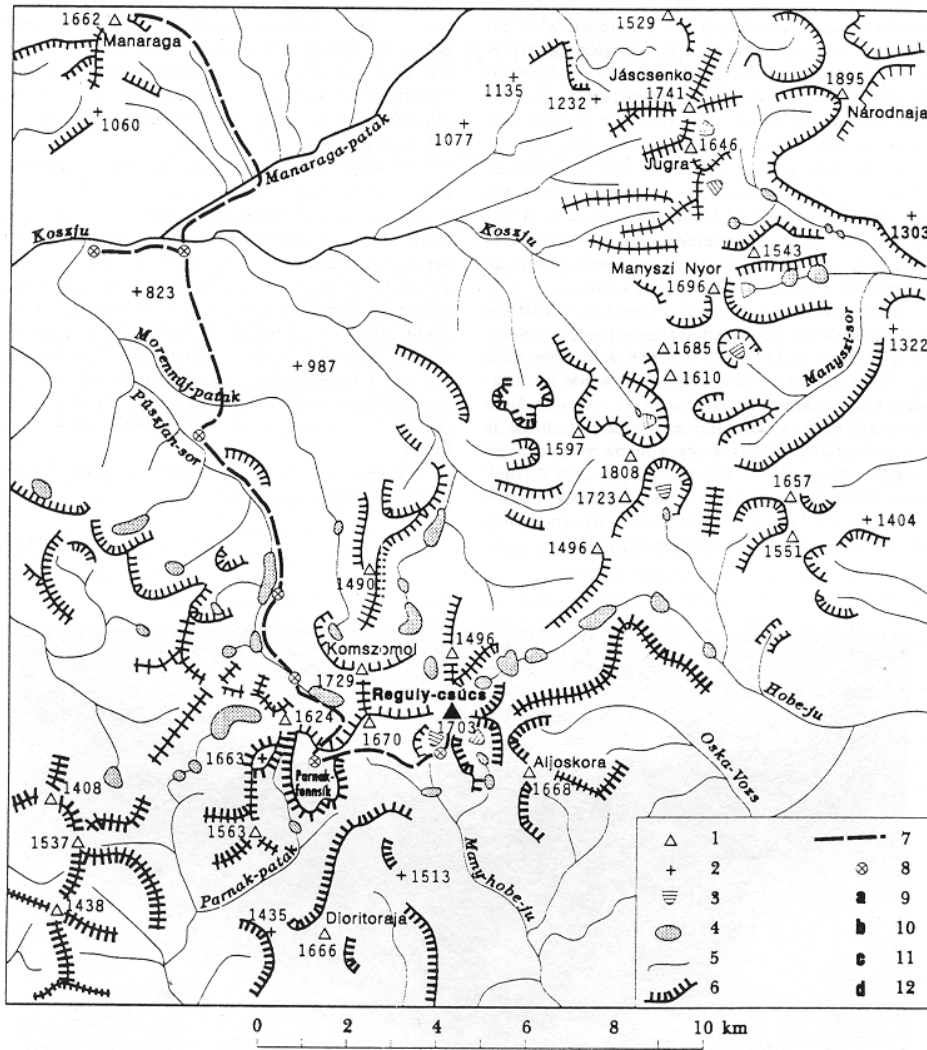
Az 1856. június 30-i akadémiai előadásában már a Hofmann-expedíció eredményeit tartalmazó második kötethez mellékelt térkép alapos tanulmányozása után értékelte saját munkáját, pontról pontra összehasonlítva a két alkotást. Érdemes összegző gondolatait, idézni ebből az írásból is:

”A (Hofman-) expedíció működésének eredményei azonban, miután az feladatához képest, csak az Ural hátvonalára s annak nyugati lejtőjére szorítkozott, s annak keleti lejtőjét, valamint az Ural és az Ob között fekvő terület tudományos megvizsgálását nem tette kutatásai tárgyává, az én térképemet nem csak hogy nem mellőzték, hanem annak az azt illető érdemét csak ők mutatták ki teljes világosságukban. Térképem bebizonyult pontossága az expedíció által felvett részekben jó s állásul kell hogy szolgáljon az expedíció által meg nem vizsgált terjedelmes területeknek, hasonló pontossággal is. Ily módon minden kételyek chartographiai eljárásom s azon lélekismeretességem irányában melylyel térképem szerkesztésében eljárám, eltávolíthatnak: ezután az érdem, melynél fogva amaz örök homálylyal fedett tájakat az etno- és geographiai tudás színvonalára emeltem, nem lehet többé hogy megvonassék.”

Expedíció a Sarki-Urálban Reguly Antal tiszteletére

A Magyar Tudományos Akadémia, a Magyar Földrajzi Társaság és a Magyar Természetbarát Szövetség közös szervezésében és támogatásával, az Orosz Földrajzi Társaság Szverdlovski Osztálya meghívására indított Reguly-expedíciót 1990 nyarán a Sarki-Urálba. Feljutva a hegység egyik, eladdig névtelen csúcsára, emléktáblát helyeztet el a magyar felfedező tiszteletére.

A kiválasztott csúcs a hegység főgerincén elhelyezkedő kárpiramis, amely négy jégvájta gleccservölgy között emelkedik. A völgyek között éles, csipkézett kárgerinc vezet föl a legmagasabb pontra. A mély, meredekfalú déli völgyben az Ob egyik mellékvíze, a Many-hobe-ju ered. Ez az a vízfolyás, amely Reguly naplójában is



1. ábra. Térképvázlat a Sarki-Urál központi részéről, a Reguly-expedíció [1990] útvonalával. Jelmagyarázat: 1. jégformálta csúcscok; 2. magassági pont; 3. „jégár”; 4. tó; 5. folyó, patak; 6. jégformálta hegygerincek, völgyoldalak; 7. a Reguly-expedíció útvonala; 8. az expedíció táborhelye

Fig. 1. Map of the central part of the Polar Urals with the route of the Reguly-expedition (1990). 1. horn; 2. altitude; 3. „glacier”; 4. lake; 5. river, patak; 6. cirque glacier; 7. route of the Reguly-expedition; 8. campsites of expedition

szerepel Mán-já néven. A naplóból kitűnik, hogy Reguly ebben a völgyben hatolt délkelet felől a hegység belsejébe, s ahol több napot töltött a manysi rénszarvaspásztorok társaságában. Az Urál főgerincén azonban nem itt vágott át; a nyugati oldal megismerésére sokkal északabbra talált megfelelő átjárót. A mellékelt térképvázlat (1. ábra) a Reguly-csúcs környékét mutatja be. A hegyen július 30.-án elhelyezett emléktábla kétnyelvű szövegének magyar változata a következő:

Ez a hegycsúcs 1990 júliusától a magyar Reguly Antal (1819-1858) nevét viseli.

Reguly múlhatatlan érdemeket szerzett

a finnugor népek, főként az obi ugorok nyelvének, néprajzának tanulmányozásával. Helyszíni kutatásai (1843-45) alapján ő készítette el az Észak-Ural első térképét.

Az emléktáblát a Magyar Tudományos Akadémia

és a magyar tudományos társaságok megbízásából a névadás tiszteletére szervezett szovjet-magyar Reguly-expedíció résztvevői helyezték el.

A tábla megelőlegezte az elnevezést, de később örömmel vehettük kézbe az orosz Intézményközi Földrajzi Névbizottság által Sahov, I. Sz. professzornak az Orosz Földrajzi Társaság Szverdlovszki Osztálya elnökének 1996. július 2-án írt levél másolatát, amely immár hivatalosan is elismeri és igazolja azt, hogy az előbbiekben leírt 1711 m magasságba emelkedő uráli hegycsúcs Reguly Antal nevét viseli. A levélből a fontosabb részeket az alábbiakban ismertetjük:

Tisztelt Iván Szemjonovics!

Az Intézményközi Földrajzi Névbizottság megtárgyalta az Orosz Földrajzi Társaság Szverdlovszki Osztályának javaslatát arról, hogy az Urál-hegység névtelen csúcsait P.A. Gorcsakovszkijról, Sz.U. Remezovról, V.N. Taticsevről, E.K. Hofmanról, Reguly Antalról és O.E. Klerről nevezzék el.

A Bizottság ülése a következő határozatokat hozta:

1. Egyetértésüket fejezték ki az Orosz Földrajzi Társaság Szverdlovszki osztályával abban, hogy névtelen csúcsokat Sz.U. Remezovról és Reguly Antalról, az Urál ismert felfedezőiről nevezzenek el.

Az északi szélesség 64° 53'-én és a keleti hosszúság 59° 51'-én emelkedő, 1711 m tszf. magasságú csúcsnak a Reguly-hegy nevet adományozza.

2. A további nevek adományozásától a Bizottság tartózkodik.

Tisztelettel,

*Oroszországi Geodéziai és Kartográfiai
Szövetség Szolgálatának elnöke, N.D. Zsdanov*

Irodalom

- Borbély A. 1955: Reguly Antal térképének szerepe az Észak-Ural megismerésében. Földrajzi Közlemények, 78 (3), 231-241.
Füsi L. 1984: Reguly, az Észak-Ural első térképezője. Földrajzi Közlemények, 97 (32), 296-299.
Gábris Gy. 1991: Reguly-expedíció a Sarki-Urálban. Földrajzi Közlemények 115 (39) /1, 80-82.
Gábris Gy. 1991: Felszínalaktani megfigyelések a Sarki-Urálban. Földrajzi Közlemények 115 (39) /1, 65-69.
Hunfalvi P. 1864: Reguly Antal hagyományai I. kötet. Pest, p.
Klinghammer I., Gercsák G.: Reguly Antal északi-uráli térképezése. Magyar Tudomány 2009/7
Pápay J. 1906: Reguly Antal urali térképe. Földrajzi Közlemények, 34, 349-370.
Reguly A. 1856: Térképemről - Előadás az Akadémián júni.-2.-án. Magyar nyelvtud. 4. r. 5. sz. csomó "x" jel; és a júni. 30.-i előadás "b" jel, MTA Kézirattár, Budapest
Toldy F. 1850: Reguly-album. Emrich Gusztáv Bizottmánya, Pest, 394 p.

FELSZÍNI KARSZTFORMÁK TÉRKÉPEZÉSE LIDAR ADATOK FELHASZNÁLÁSÁVAL AZ AGGTELEKI-KARSZT TERÜLETÉN

LIDAR-BASED MAPPING OF SURFACE KARST FORMES IN THE AGGTELEK KARST

Enyedi Péter, Lénárt Csaba, Tomor Tamás

Károly Róbert Főiskola
penyedi@karolyrobert.hu

Abstract

The airborne LIDAR technology allows to acquire highly accurate and detailed spatial information quickly from a large area even from areas covered by dense vegetation. The potential of the technology can be useful in mapping and identifying the surface of karst landforms. The point cloud derived from the LIDAR survey and the high spatial resolution terrain and surface model derivatives represent remarkable new information in the karst topography mapping compared to the formerly used contour maps as primary data. The aim of this paper was to study the mapping possibilities of the karst sinkholes of the Aggtelek Karst based on airborne laser-scanned data in 2013. The long-term goal of the study is to determine the advanced GIS methods, which are the most effective for the identification of the surface karst landforms.

Keywords: Remote sensing, LIDAR, karst mapping, sinkhole identification

Kulcsszavak: Távérzékelés, LIDAR, karszt térképezés, víznyelő azonosítás

Bevezetés

A felszíni karsztformák geomorfológiai célú vizsgálatának legfontosabb alapadatául napjainkban is a Földmérési és Távérzékelési Intézet által kiadott 1:10 000-es méretarányú topográfiai térképek, illetve az ezekből származtatott Digitális Domborzatmodell (FÖMI DDM-5) képezi (Király 2004, Winkler 2006).

Napjainkban már számos olyan (akár ingyenesen hozzáférhető) adatbázis létezik, amelyek alternatívát nyújthatnak a karszt kutatások domborzatra vonatkozó adatigényeihez. Az SRTM és ASTER GDEM domborzatmodelleket előszeretettel alkalmazzák különböző kutatásokban domborzati alapadatként, azonban a 90 m ill. 30 m térbeli felbontásuk a karsztos területek geomorfológiai jellemzéséhez nem elegendő, valamint a vertikális pontosságukat illetően számos tanulmány megkérdőjelezte (Szabó 2010).

A légi távérzékelés fejlődésével, különösen az aktív szenzorok alkalmazásával új dimenziók nyíltak a nagy kiterjedésű területek domborzati viszonyairól való gyors és nagy pontosságú adat előállításban. A bemutatásra kerülő felmérés során alkalmazott LIDAR (Light Detection and Ranging) technológia alkalmazásával nagy területről, rövid idő alatt nagy pontosságú térbeli adat állítható elő, időjárási körülményektől függetlenül, akár a vegetációs időszakban is pontos adatokat eredményezve a felmért terület domborzatáról. A kutatás célja a technológia és az ehhez kapcsolódó feldolgozási módszerek alkalmazhatóságának vizsgálata a karsztos vízvezetés domborzati formáinak azonosításában.

A munkaterület bemutatása

A módszertani jellegű vizsgálat lefolytatásához mintaterületnek az Aggteleki-karszt teljes felmért területén belül egy 10 km²-es területet választottunk, ahol nagy mennyiségben jelenik meg a karsztos vízvezetés felszíni formakincse.

A takaróredős szerkezetű Aggteleki-hegységben a K-Ny-i csapásirányú redők által tagolt területen a Jósvafői-fennsík területét jól karsztosodó, középső-triász, világos színű, vastagpados Wettersteini Mészke és Dolomit Formáció rétegei alkotják. Felszíne eróziós völgyekkel felszabdalt, forrás- és víznyelőbarlangokban viszonylag gazdag töbrösödött területté alakult át. Az oldódásos eredetű töbrök a közel lévő karsztvízszint miatt közepes- és kisméretűek (Láng 1955, Zámbo 1998). A mintaterületen különböző genetikájú (főként oldásos és szuffóziós) töbrök fordulnak elő.

A LIDAR technológia

A LIDAR egy aktív távérzékelési technológia, amely nagy mennyiségű távmérési adatot képes gyűjteni nagyon rövid időn belül. A légi LIDAR rendszer részei: a lézerszenzor, a hordozó eszköz (repülőgép), a GPS/INS inerciális navigációs rendszer. A mérés alapelve a következő: a szenzor lézersugarat bocsát ki a földfelszín felé, és méri a visszaverődés idejét, amiből távolságot számol. A nagy pontosságú navigációs rendszernek köszönhetően a szenzor helyét és helyzetét pontosan ismerjük, a mért távolság alapján a visszaverődési pont koordinátái meghatározhatók. A lézerszkennelés alatt a repülési irányra merőlegesen

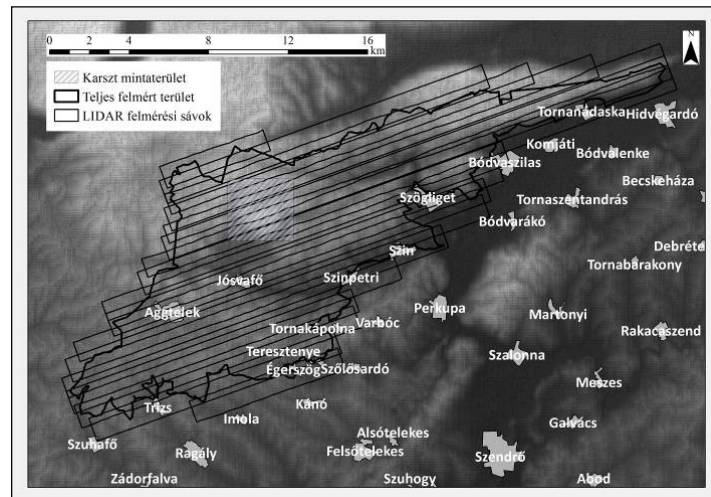
lézernyaláb pásztázza a tájat, miközben a repülőgép meghatározott sebességgel halad. Egy kibocsátott lézermimpulzus többszörös visszaverődésének detektálása lehetséges, az impulzus terjedése során különböző magasságú objektumokkal lép kölcsönhatásba, így az energiájának egy része a legközelebbi objektumról verődik vissza, a fennmaradó rész tovább halad és később verődik vissza. Így pl. erdős területen az impulzus egy része a korona szintről verődik vissza, míg a maradék része eljut a talajig, a felszínről információt nyújtva.

A légi felmérés

Az Aggteleki Nemzeti Park teljes területének felmérésére, tiszta időjárású körülmények között 2013. július 20-án került sor egy kb. 3 órás repülési kampány keretein belül (1. ábra).

1. ábra. A munkaterület bemutatása domborzati alaptérképen

Figure 1. Presentation of the study area on topographical base map



Mivel az adatelőállítás célja nem kifejezetten karsztkutatási célú volt, hanem a Nemzeti Park területének átfogó felmérése, a lézermimpulzust (logisztikai okok miatt) már lombos időszakban hajtottuk végre. A domborzat letapogatása szempontjából a lombos időszak már nem a legideálisabb viszonyokat jelentette, de a lézermimpulzusok lombkoronán áthatoló képességének köszönhetően a kívánt vizsgálatok elvégzésére az adat lehetőséget nyújt. A felméréshez Leica ALS70-HP típusú lézermimpulzuskent használtunk, amely egy távérzékelési célú Cessna C-206 Skywagon egymotoros repülőgépre került beépítésre.

A repülés megtervezéséhez és a repülési paraméterek meghatározásához (1. táblázat) SRTM domborzatmodellt használtunk, ennek segítségével biztosítható volt a teljes adatfedés a munkaterület nagy domborzati különbségei ellenére is.

1. táblázat. A LIDAR felmérés repülési paraméterei

Table 1. The flight parameters of the LIDAR survey

Felmért terület mérete	165 km ²
Repülési sávok száma	17
Repülési magasság (terepszint felett)	1200 m
Sáv szélesség	1220 m
Repülési sebesség	185 km/h
Szkennelés látószöge	54°
Lézermimpulzus kibocsátási sűrűsége	200 kHz
Elért pontsűrűség	7 pont/m ²
Repülési sorok közötti átfedés	20%

Adatfeldolgozási módszerek

A feldolgozási folyamat első lépéseként a felmérés során rögzített repülési nyom-vonalakat földi referencia állomások (FÖMI) utókorrekciós adataival pontosítottuk. A nyers adatokból a pontos GPS/INS adatok, a rendszer kalibrációs adatok alapján UTM vetületi rendszerű LAS kiterjesztésű pontfelhő pászta

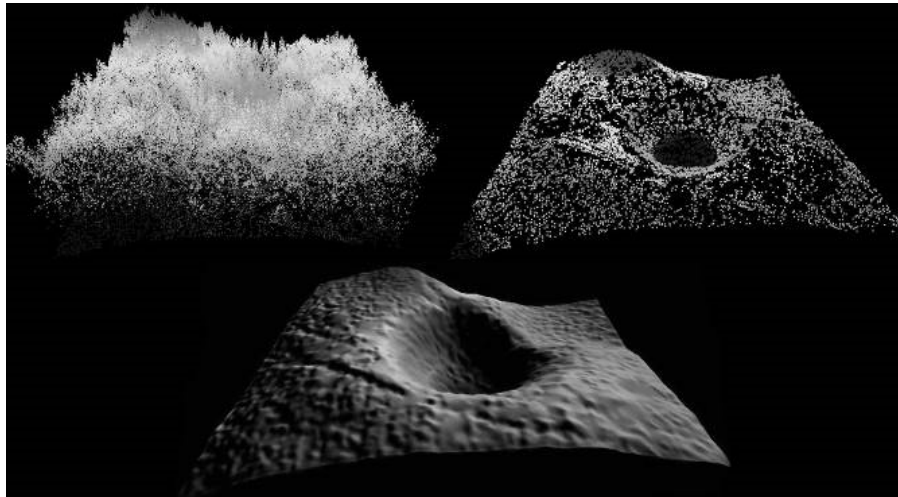
állítottunk elő. Az így előállított adathalmazt 1x1 km-es blokkokra osztottuk fel az óriási adatmennyiség hatékony feldolgozása érdekében.

Az adatból való információkinyerés egyik kulcspontja a talajpontok leválogatása volt, ezt Terrascan szoftver használatával végeztük el. Az eljárás során több lépésben ismétlődő szabálytalan háromszögháló (TIN) sűrítés módszerével, egy paraméterezzhető küszöbértéken belüli – adott szög alatti és távolságon belüli – pontok kerülnek hozzáadásra a háromszögháló pontjaihoz, amelyek a biztosan talajfelszínről visszaverődő pontokat jelentik. A talajosztályozó algoritmus alkalmazása után további félautomatikus szűrők segítségével eltávolítottuk a vertikálisan kiugró hibapontokat. Következő lépésben a leválogatott talajpontok alapján TerraMatch szoftver alkalmazásával korrigáltuk a repülési sávok közötti apróbb vertikális különbségeket, majd a sávok közötti átfedő részeket eltávolítottuk a pontfelhőből a homogén ponteloszlás érdekében. A pontfelhő további osztályozását – a vegetáció és épületek pontjainak leválogatását – is a TerraScan félautomatikus algoritmusainak segítségével végeztük el. A pontfelhő vizuális elemzésével megállapítható volt, hogy a vegetációval sűrűn borított területekről (a karsztos területekről) is elegendő mennyiségű visszaverődést kaptunk.

Az osztályozott és ellenőrzött LAS pontfelhőből ArcMap szoftver segítségével 1 m felbontású DTM-et generáltunk a teljes területre ún. Természetes szomszédok interpoláció használatával. Ezzel megkaptuk a munkaterület pontos és megfelelő részletgazdagságú domborzatmodelljét.

Eredmények

A LIDAR adatokból generált domborzatmodell, valamint az ebből ArcMap szoftverrel készített lejtőkategória térkép vizuális elemzésével könnyen azonosíthatóak a mintaterületen előforduló dolinák (2. ábra). A dolinák – mint célobjektumok – leválogatását szegmentálás segítségével végeztük el eCognition szoftver használatával.



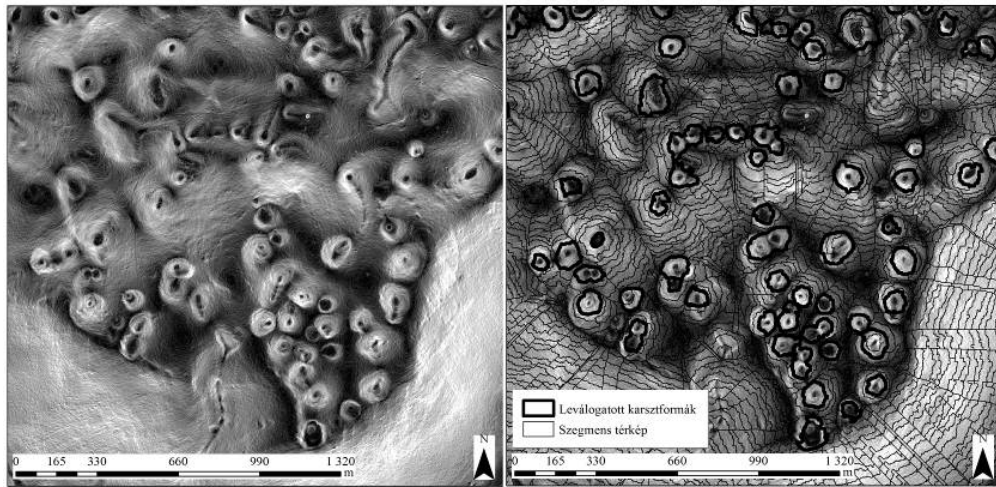
2. kép. Az osztályozatlan pontfelhő részlete (balra fent), a leválogatott talajpontok (jobbra fent) és a talajpontokból interpolált dolina terepmodellje (alul)

Figure 2. Unfiltered point cloud (top left), filtered terrain points (top right) and the interpolated Digital Terrain Model of a sinkhole (below)

Az eljárás során a vizsgált területet a LIDAR alapú geometriai információkat hordozó rétegekek pixel értékei alapján homogén foltokra, szegmensekre bontjuk (Czimer 2002, Kristóf 2005). A szegmentáláshoz a LIDAR alapú DTM-et, lejtőkategória térképet és a lefolyási utak hosszát (ArcGIS Hydrologic modeling tools) reprezentáló réteget használtuk. A szegmenstérkép elkészítése után, a bemeneti rétegek foltokra vonatkoztatott attribútumai alapján kiválasztottuk azokat, amelyek esetében küszöbértékek megállapításával lehetővé vált a dolinákat jelentő szegmentumok leválogatása (3. ábra). Az elsődleges vizsgálatok alapján a foltok lejtőszögének maximális értéke, a lejtőszög átlagtól való átlagos eltérése valamint különböző morfológiai jellemzők adták a legjobb eredményt.

A mintaterületen 111 db olyan objektum került leválogatásra, amelyek nagy valószínűséggel különböző genetikai típusú dolinákat (néhány esetben összeolvadt dolinákat) jelölnek. Jelen kutatásnak nem volt célja a töbrök morfológiai jellemzése vagy genetikai csoportokba való besorolása, csupán a technológia alkalmazhatóságát hivatott megvizsgálni. A dolinák pontosabb lehatárolásához, térbeli dimenziójuk

jellemzéséhez, esetleges csoportosításához a megkezdett vizsgálatok folytatására, valamint terepi hitelesítő adatokra van szükség.



3. kép. A vizsgált terület lejtőkategória térképe (balra), valamint a szegmenstérkép a leválogatott dolinákkal (jobbra)

Figure 3. The slope category map of the study area (left), and the segment map with the identified sinkholes (right)

Következtetések

A modern távérzékelési eljárásokkal előállított adatok és az azokból korszerű térinformatikai módszerekkel kinyerhető információ napjainkban számos természetföldrajzi kutatás kulcsfontosságú alapadatává lépett elő (Angel et al. 2004). Légi lézerszkennelt adatok alkalmazásával rövid idő alatt, nagy területre kiterjedően olyan nagy pontosságú geometriai információkhoz juthatunk, amelyek részletgazdagságukkal hozzájárulhatnak a karszterületek pontosabb megismeréséhez (Filin et al. 2010). Az elsődleges vizsgálat alapján a módszer térbeli felbontásának köszönhetően alkalmas a felszíni karsztfarmák vizsgálatára, ugyanakkor az eredmények hitelesítéséhez elengedhetetlen fontosságú a terepi kontrollmérések megléte.

Irodalom

- Angel JC, Nelson DO, Panno SV. 2004: Comparison of a new GIS-based technique and a manual method for determining sinkhole density: An example from Illinois' sinkhole plain. *Journal of Cave and Karst Studies* 66 (1): 9-17.
- Czímber K. 2002: *Geoinformatika, jegyzet*, Sopron, 101 p.
- Filin S, Baruch A. 2010: Detection of sinkhole hazards using airborne laser scanning data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 76 (5): 577-587.
- Jakucs L. 1971: *A karsztek morfogenetikája*. Akadémiai Kiadó. p. 310.
- Király G. 2004. *Domborzatmodellek előállításához felhasználható forrásadatok összehasonlító vizsgálata*. HUNDEM 2004, Miskolc. CD kiadvány
- Kristóf D. 2005: *Távérzékelési Módszerek a Környezetgazdálkodásban*, PhD dolgozat, SZIE-KTI, Gödöllő, 146 p.
- Láng S. 1955: *Geomorfológiai tanulmányok az aggteleki karsztvidéken*. – *Földr. Ért.* 4. 1. pp. 1-17.
- Nicod J. 1975: Relations debit-teneurs et debit-corrosion dans le karsts mediterraneens. *Proc. 6th Internat. Congr. Speleol.*, Olomouc, Czeschoslovakia, 1973,4, pp. 271-276.
- Szabó G. 2010: *Különböző módszerekkel előállított kvantitatív térképi adatbázisok pontosságának összehasonlító vizsgálata*. In: *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinformatikai konferencia és szakkiallítás Debrecen, 2010* / szerk. Lóki József, Demeter Gábor, Rexpo Kft., Debrecen, 419-425.
- Winkler P. 2006: *Nagyfelbontású digitális domborzat modell az ország teljes területére (ELK-DDM-51)*. Termékismertető, www.fomi.hu
- Zámbó L. 1998: *Felszínalaktani jellemzés*. – In: Baross G. (szerk.): *Az Aggteleki Nemzeti Park*. Mezőgazda, Budapest, pp. 70-96.

TÁJRENDSZEREK A KARTOGRÁFIÁBAN

LANDSCAPE SYSTEMS IN CARTOGRAPHY

Faragó Imre, Kovács Béla

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék

farago@map.elte.hu

Abstract

In cartography, the visualization of the landscape means the complex representation of the surface of the Earth and the representation of spatial structures according to the scale and purpose of the map. The content and the name of the landscape is specified by giving place names and the names of landscape regions. The maps represent physical geographical, ethnographical and historical-geographical regions. However, their hierarchical structure cannot be shown due to the limitations by the scale. It is a rule that the names of physical geographical regions and of historical-geographical-ethnographical regions, which form separate categories, are written in different letter types. In cartography, the physical geographical regions are divided into further details, thus forming new categories of names. The units of physical geographical regions are labelled by two different letter types according to whether they are denudation and accumulation surfaces. These are the names of mountains and hills (features under denudation) and of plains and basins (features of deposition). It is a convention that the Hungarian names ending in foothills (*-alja*) form a group of names of transitional regions. This means that the names of landscape regions should be treated in a wider aspect than just the geographical or linguistic interpretation of the general development process of the names landscape regions. The term, "landscape" is the object of study not only of geography, but also of other disciplines (ethnography, history). Most often, the cartographer tries to represent them at the same time and to distinguish their types by different lettering.

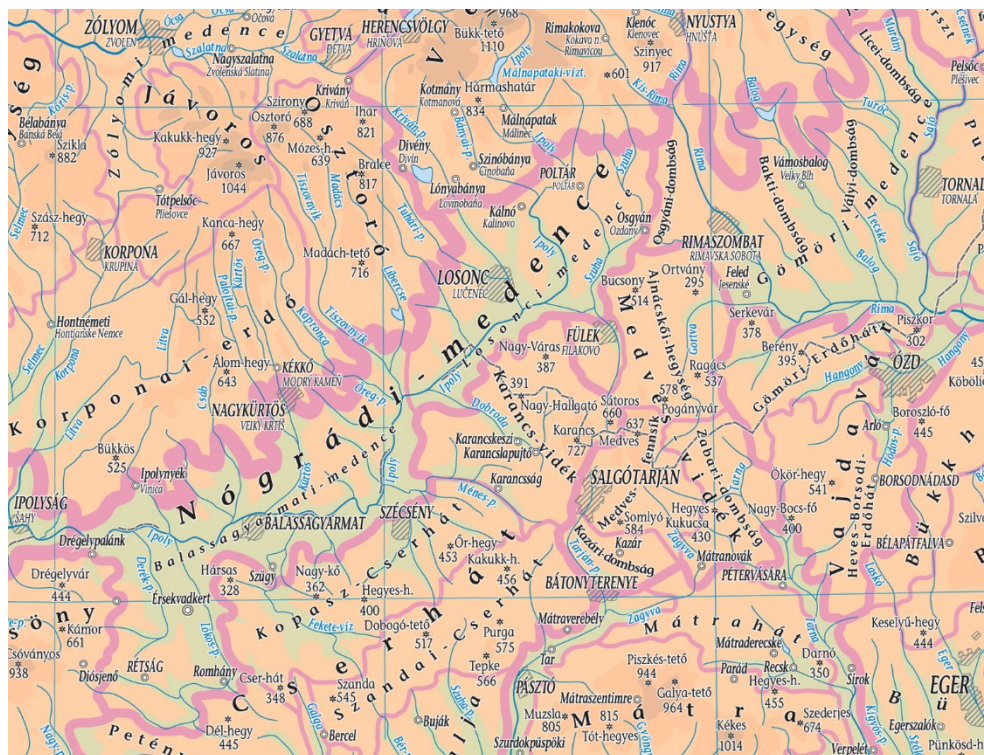
Keywords: names of landscape, physical geographical landscape, ethnographic region, historical-geographical regions, mountains-hills, plain-basin transitional region

Kulcsszavak: tájnév, természetföldrajzi táj, néprajzi táj, történeti-földrajzi táj, hegység-domság, síkság-medence-átmenetítáj

A táj fogalmának meghatározása olyan tudományterületekhez kapcsolódik, amelyek a földrajzi teret vizsgálataik és kutatásaik alapfogalmának tekintik. Ily módon pl. földrajzi táj, történeti táj, néprajzi táj, flóratáj, terep („katonai táj”) stb. alapkategóriák különíthetők el. Az egyes tudományterületek a maguk szempontjai szerint vizsgálva, „részrehajlóan” kezelik a táj fogalmát. A térképészet, mint a tájábrázolás tudománya, „egyensúlyi” tájkezeléssel dolgozik feltéve, ha az ábrázolás célja az általános tájbemutató. Ezt az „egyensúlyi” tájdefiniálást leginkább a jogalkotás tájfogalmában találhatjuk meg: „A táj a földfelszín térben lehatárolható, jellegzetes felépítésű és sajátosságú része, a rá jellemző természeti értékekkel és természeti rendszerekkel, valamint az emberi kultúra jellegzetességeivel együtt, ahol kölcsönhatásban található a természeti erők és a mesterséges (ember által létrehozott) környezeti elemek.” (Term.Törv.1996). Némiképp egyszerűbb, a lehatárolást mellékesnek tartó meghatározás szerint: „A táj az ember által érzékelt terület, amelynek jellege természeti tényezők és/vagy emberi tevékenységek hatása és kölcsönhatása eredményeként alakult ki” (Tájjegyzmény 2005), így a táj a természeti és az antropogén tájalkotó tényezők kölcsönhatásaiból létrejött működő egység, amely időbeli fejlődést is mutat (Csorba 2000). Ugyanakkor az „egyensúlyi”, tehát minden tájalkotó tényezőt figyelembe vevő tájdefiniálás inkább elméleti, a napi gyakorlattól idegen meghatározás. Ma a mindennapokban leginkább a természetföldrajzi tájak jelennek meg, a közoktatás, a tömegkommunikáció legtöbbször ezeket használja, terjeszti, így a társadalom szempontjából ezek a legismertebbek, leginkább használatosak. A természetföldrajzi (vagy csak egyszerűen földrajzi) táj létrejöttének alapja, határainak meghatározója a természeti tényezők összessége, de arculata az ott élő ember, a társadalom hatását is tükrözi (Marosi 1981), ugyanakkor a tájtényezőknek természeti és társadalmi faktorokra bontása legfeljebb az analízis eszköze lehet, míg szintézis csak a két faktorcsoport együttes szemléletével érhető el (Hajdú-Moharos 1996).

Kartográfiai értelmezésben a táj ábrázolása a földfelszín komplex bemutatását, a térszerkezet méretarányának és a térkép céljának megfelelő ábrázolását célozza. A táj jelentősége ezért a térképészetben egyedi, hiszen maga a földfelszín adott részletének grafikus bemutatása, önmagában is tájábrázolást feltételez, a természetes eredetű (domborzat, növényzeti fedettség) és mesterséges, antropogén eredetű (településhálózat, közlekedési hálózat) elemeinek grafikus megjelenítésével. A térkép szerkesztőjének úgy kell a térképi ábrázolást megvalósítania, hogy a térképolvasó a térképi grafika tanulmányozásakor képzeletében lássa, „érezze” a tájat, annak jellegzetes karaktereit. A térképi elemek látványa ne pusztán egy grafikus megjelenítés vizualizációját okozza, hanem váljon „élővé” az információhalmaz, amely a méretaránynak megfelelően, adja meg számára a táj jellemzőit, képét. Ezt az „élővé válást” a tájakat jelölő név felvételével tudjuk megvalósítani, amelyet a térképi ábrázolás harmadik nagy köre, a névrajz mutat be. A térképre felvett földrajzi nevekkal adjuk meg az adott táj konkrét fogalmát, a nevét, amely a

domborzatábrázolással és síkrajzi elemekkel már fizikailag láthatóvá tett „terepdarabot” egyéníti, és lehetővé teszi, hogy az ily módon névvel ellátott térszíni egységet megkülönböztessük más tereprészletektől. A térképészetben a tájnév fogalma szűkebb, mint amit általában értenek rajta. Nem minden területre vonatkozó név tájnév: kartográfiaiilag az 1:100 000-esnél nagyobb méretarányokban megjelenő legkisebb területdarabokat jelölő nevek nem tájnevek, ezek a határnevek, csak a nagy kiterjedésű, ahogy régebben mondták, a „több napi járóföld kiterjedésű” területekre vonatkozó névanyagot soroljuk a tájnevek körébe. Utóbbiak életrajzánál elsődleges fontosságú, hogy megjelenésük és életük az elmúlt korok folyamán egészen a XVIII–XIX. századig – a többi földrajzi névhez hasonlóan – természetes eredetű volt: a táj nevét ugyanúgy az egyszerű ember adta, mint a helységek vagy határrészek neveit. A lehatárolt egységekre bontott, a földfelszín minden egyes tájrészletét névvel ellátó tájrendszerek kialakítása a modern tudományos, elsősorban földtani és felszínalaktani vizsgálatok eredményeként jött létre a XX. században. Mintegy száz éve kezdtek kifejlődni a természetföldrajzi tájbeosztások, amelyek a földfelszín egy-egy darabját külön-külön névvel ellátva, az egységeket csoportosítva és hierarchikusan egymás alá- és fölé sorolva jelentek meg. Így lettek a természetföldrajzi tájak regionális földrajzi egységek, amelyeket alacsonyabb szintű egységekre bontottak. Ezek a tájak és tájhatárok egymással egységben állnak: egy völgy tájhatár két hegyvonulat között, egy hegység tájhatár két völgy között, az egyedi sajátosságok alapján dől el, hogy a hegyvonulat, a völgy vagy mindkettő szerepel-e a tudományos beosztásban. Egy-egy táj, tájrészlet besorolásának bizonytalansága az átmeneti jelleg következménye. A tájhierarchiának és a tájak elhatárolásának legjelentősebb hatása kartográfiai: a térképész ezek alapján tudja eldönteni, mit és hogyan szerepeltessen a térképen, és a névnek milyen súlyt adjon. Ezt a hierarchiát a földrajztudományban *kistáj* – *középtáj* – *nagy-táj* négyes tagolással jellemzik. (A négyes felosztás magyar terminológiája az 1997 előtti forrásokban: *kistáj* – *kistájcsoport* – *középtáj* – *nagy-táj*.) Az egymásra épülés következménye, hogy a heterogenitás a kistájrésszellettől a nagy-táj felé folyamatosan növekszik, az egymásra épült szintek határait mindig a tájalkotó, elsősorban természeti tényezők figyelembevételével állapítják meg. A tájak jelölésénél a földrajztudományban általában felhasználták az évszázadok során kialakult természetes keletkezésű neveket, de a hierarchikus felépítés miatt szükség volt mesterséges névadásra, szakmai műnevek létrehozására is (1. ábra).



1. ábra. Természetföldrajzi tájhatárokat (nagy-táj, középtáj, kistáj) bemutató térképi ábrázolás közel teljes tájnévanyaggal (kistájrésszeltek szelektálva, lehatárolás nélkül) 1:850 000-es méretarányban (részlet)

Figure 1. Cartographic representation of physical geographical regions (macro, middle and micro regions) with almost complete labelling place names (selected names of micro regions without borders) at 1 : 850 000 scale (extract)

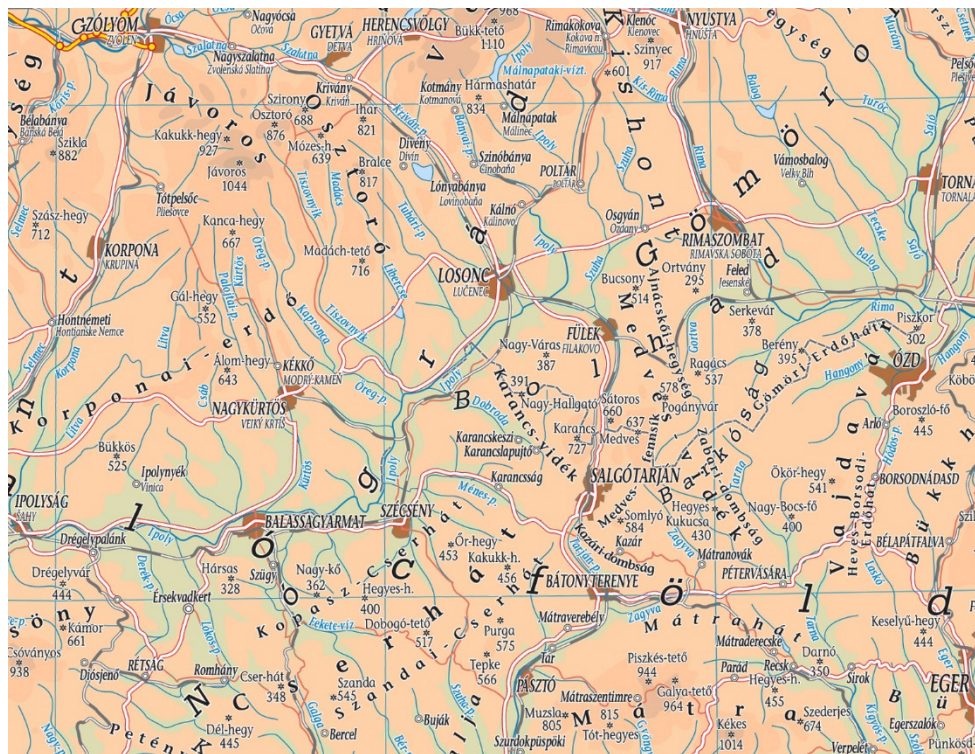
A térképi ábrázolásban a természetföldrajzi tájbeosztások szigorú hierarchikus rendszerében lévő minden szint és részlet – a térképi méretarány (a kicsinyítés) következményeként – nem jeleníthető meg, abból a térkép szerkesztőjének szelektálnia kell. Az első szelektáló tényező a méretarányból fakadó befogadóképesség: egyes tájneveket el kell hagynunk. Ez sokszor egyszerű „fizikai” szempontok alapján történik. A kis területű, de hosszú nevű tájak nevei nem mindig ábrázolhatók. Második lépcsőben a térkép tematikájához szorosan nem tartozó tájak neveit hagyjuk el, majd a földtani és morfológiai alapokon létrehozott, a mindennapokban nem használt műnevek esnek ki (pl. *Dunazug-hegyvidék*, *Kelemen–Görgény–Hargita-hegyvidék*). Gyakran előfordul, hogy a tájbeosztásban közölt névalaktól eltérő, de ahhoz hasonló nevet teszünk fel a térképre. Ez a jobb olvashatóság, illetve a közérthetőség miatt következik be (pl. *Börzsöny-vidék* helyett *Börzsöny*, *Osztoróc-hegycsoport* helyett *Osztoróc* stb.). Gyakori jelenség, hogy a térképre felvett műnév földrajzi köznevet egyszerűsítjük (pl. *magassík* helyett *sík*, *dombvidék* helyett *dombság* stb.). Mindezek eredményeképpen a természetföldrajzi tájbeosztások mellett létrejött a térképészek által, a napi nyelvhasználók szokásához igazított, szelektált természetföldrajzi tájnévanyag, amely a forrás-tájbeosztás szellemiségét hordozza, de belőle a tájrendszer szoros hierarchiáját nem lehet leolvasni. Így a térkép tájnévanyagának felvételekor létrehozunk egy „térképészeti tájbeosztást”, amely a térképi ábrázolási követelményekhez igazítottan, de hierarchia nélkül jeleníti meg a tájneveket.

Vannak olyan tájneveink, amelyek nem illeszthetők be a természetföldrajzi tájrendszerbe, létrejöttük részben vagy teljesen független a természetföldrajzi tényezőktől. Amikor egy táj elkülönülése az ott élő emberek valamilyen sajátos tulajdonságai (nyelv, vallás, termelési mód, társadalmi elkülönülés, hagyományos életforma stb.) vagy közigazgatási alapon jön létre, akkor néprajzi és történeti-földrajzi tájakról beszélünk. Fontos fejlődési momentum, hogy ez a tájnévanyag a természetföldrajzi szemléletet és az abból fakadó tudományos alapokon álló természetföldrajzi tájnévanyagot megelőzve alakult ki. Létrejöttük spontán, természetes keletkezésű, vagyis a tájjá válás az egyszerű népi megfigyelés és emberi, társadalmi csoportok elkülönítése, elkülönülésének eredménye. E tájak a tudományos alapokon kialakított természetföldrajzi tájrendszer kezdeti alapjai, főképp az elnevezések körében, a népi keletkezésű *néprajzi* és a századokon át használatban volt, közigazgatási alapú *történeti-földrajzi tájrendszer*.

A néprajzi tájak eredete az emberi, társadalmi tényezők függvénye, ugyanakkor létrejöttük sokszor természetföldrajzi jellemzők hatására következett be. *Erdélyben*, a *Székelyföldön* a magasan fekvő zárt hegyi medencék, *Csík*, *Gyergyó*, *Háromszék* stb. mind-mind egy-egy néprajzi tájat alkotnak, sőt a székelyek lakta vidék együttesen is egy néprajzi táj, a *Székelyföld* területe. A *Székelyföld* sajátosan zárt hegyi medencéi külön-külön természetföldrajzi egységek is: *Csíki-medence*, *Gyergyói-medence*, *Brassó–Háromszéki-medence* stb. A népi tájszemlélettől idegen a földrajztudományra jellemző minden egyes tájdarabnak nevet adó, mesterségesen elnevezett, földrajzi-földtani szemlélet. Ugyanakkor a tudományos néprajzi tájszemlélet a földrajzhoz hasonlóan törekszik tájrendszerének hierarchizálására. Rendszerében nem csak a kartográfiai értelmezésű táj, hanem a kartográfiai névrendszerben határrészként kezelt és határnevekkel jelölt legkisebb földrajzi részletek is benne vannak. Ezzel a körrel jelen írásunkban nem foglalkozunk, ahogy fent említettük térképészetileg e névanyag már külön kategóriát képvisel.

A közigazgatási alapú tájrendszer kialakulása elsőként magában a közigazgatásban öltött testet. Ez a táji alap Magyarországon a vármegyerendszer évezredes fennállásának eredményeként alakult ki. A táji tényezők alapja az élő közigazgatás volt, a közigazgatási egységek, a vármegyék, adták a területi tájékozódás egyik alapját. A vármegyei igazgatás a XX. században komoly területi és névváltozásokon ment keresztül. Egyrészt a trianoni békediktátum nyomában kialakult változások, másrészt a modern közigazgatás adta területi és névanyagbeli átalakulás okozta, hogy a táji elkülönítés és a közigazgatás korábbi egyezése több területen is eltért és ma is eltér egymástól. Ennek eredményeként alakult ki a *történeti-földrajzi tájnévanyag*, amelyet az *egykori közigazgatási egységek nevének tovább élő formáiként* definiálhatunk. Egykori vármegyék népe, annak ellenére, hogy megyéjük eltűnt vagy más megyébe lett betagolva, számon tartja és tájként kezeli a volt igazgatási területet. *Gömör*, *Abaiúj*, *Bars*, *Hont*, *Zemplén*, *Zaránd* stb. egykori vármegyék nevei élnek, az ott lakók használják, annak ellenére, hogy e területek igazgatási értelemben már nem léteznek. Az Osztrák–Magyar Monarchia egykori tartománya *Galícia*, amelynek közigazgatási szerepe, tartományi léte 1918 után megszűnt. Területe előbb Lengyelországhoz, majd a II. világháború után kettéosztottan, részben a Szovjetunióhoz, később a függetlenedő Ukrajnához került. Mindkét országban kisebb közigazgatási egységek működnek, Lengyelországban, a történeti-földrajzi tájakhoz csak kis mértékben igazodó, vajdaságok, Ukrajnában területek adják a közigazgatás felső szintjét. Ennek ellenére *Galícia* a mindennapi kommunikációban, a lokálpatriotizmusban élő név. Már nem igazgatási terület egység, hanem táj, amelynek megvannak a maga határai, történeti-földrajzi egységgé lett. Hozzá hasonlóan sorolhatnánk a *Kárpátok* külső oldalának más történeti-földrajzi tájait is, egykori osztrák tartományokat: *Morvaország*, *Szilézia*, az említett

Galícia, ill. *Bukovina*. A sort folytathatnánk, de e példából is látszik, hogy egy terület közigazgatási különállásának megszűnése után is rendelkezhet saját, használt névvel, amely a történelmi hagyományok, népének egykori összetartozása alapján áll. Élő neve így nem csak a mindennapok, hanem a térképi névrajz élő része is, ugyanolyan része, mint a természetföldrajzi tájnevek.



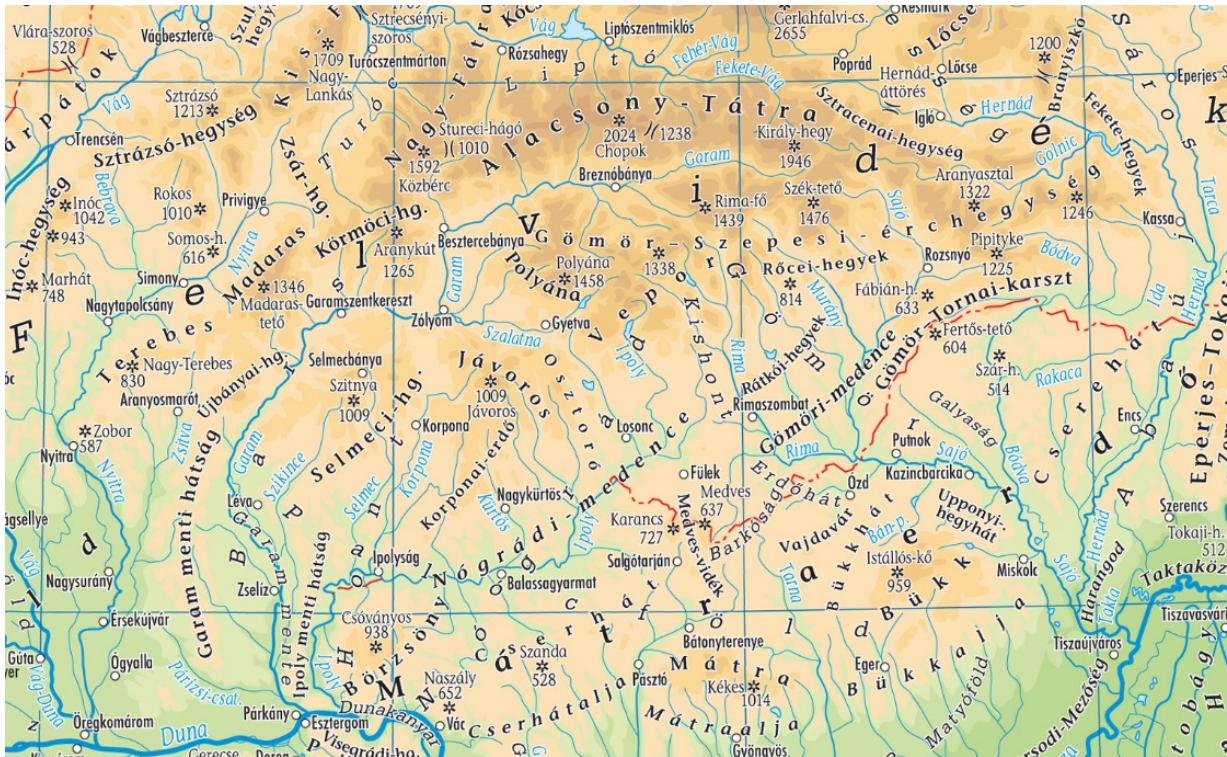
2. ábra. Általános földrajzi térképi tematika szelektált természetföldrajzi tájnevekkel, történelmi-földrajzi-néprajzi tájnévanyaggal 1:850 000-es méretarányban (részlet)

Figure 2. General geographical map themes with selected names of physical geographical regions and names of historical-geographical-ethnographical regions at 1 : 850 000 scale (extract)

A térképi tájbábrázolás konkrétumai közé tartozik, hogy a természetföldrajzi és a történelmi-földrajzi-néprajzi tájnevek külön névrajzi kategóriaként, eltérő betűjellemzőkkel kerülnek felvételre. Így tájnevek tekintetében a térképen két alapvető kategória alakult ki (FARAGÓ 2014). Ez az elkülönítés teszi lehetővé, hogy a térképen a két tájrendszer elváljon egymástól, ugyanakkor együttes ábrázolásukkal összefüggéseik megvilágítására nyílik mód. Fontos tényező, hogy a tájrendszerek térképi bemutatásakor nem teszünk fel párhuzamosan azonos tájneveket, ezért a névazonosság esetében a térkép szerkesztőjének döntése az adott tájnév természetföldrajzi vagy történelmi-földrajzi-néprajzi névcsoportba sorolása. Általában a felveendő tájnév természetföldrajzi jellemzőjét vesszük prioritásnak, így a néprajzi rendszerbe történt besorolása háttérbe kerül. Ezt a megoldást alkalmazzuk az általános földrajzi és a turistatérképek esetében. Amennyiben a térkép célja inkább a néprajzi, társadalomföldrajzi tematika kidomborítása, úgy a táj néprajzi jellemzőjét emeljük ki, ez esetben az azonos nevek inkább történelmi-földrajzi-néprajzi besorolást kapnak.

A térképi tájbábrázolásban a természetföldrajzi tájnév és a történelmi-földrajzi-néprajzi tájnév alapkategóriák csak elméleti elkülönítést adnak. Az ábrázolási gyakorlatban a hagyomány és a jobb olvashatóság érdekében a természetföldrajzi tájnévanyagot tovább osztjuk, ezzel újabb kartográfiai tájnév-kategóriákat képezve. E felosztás lényege, hogy a természetföldrajzi tájbeosztás lehatárolt egységeit aszerint, hogy azok pusztuló vagy feltöltődő térszínek kétféle betűjellemzővel tesszük jobban láthatóvá. Ennek eredményeként a természetföldrajzi tájrendszerbe tartozó kiemelkedést mutató, pusztuló térszínekre vonatkozó nevek a hegység- és domboságnevek. A feltöltődő térszíneket jelölő névanyag a síkság- és medence nevek. Konvenció, hogy ezekkel egy csoportot képeznek a hegylábi térszíneket jelölő, a magyarban -alja végződésű tájnevek, az átmenetitáj nevei. A térképi ábrázolásban gyakran elkülönített névtípus a sziget- és félszigetnevek, amelyeket kizárólag a természetföldrajzilag sziget- és félsziget jellegű tájak nevének megírására alkalmazunk. Ugyanakkor ez a névcsoport gyakran összevonásra kerül a síkság-, medence és átmenetitáj nevekkel (3. ábra) (Faragó 2014).

A kartográfia tájnév értelmezése a tájnevek általános fejlődési folyamatának földrajzi vagy nyelvészeti értelmezésénél tágabb kezelési rendszert mutat. Tehát a térképészetben a „táj” fogalma nemcsak a földrajztudomány, hanem más tudományok, (néprajz, történettudomány) kutatásai alapján is vizsgálat tárgya. A térképész ezek ábrázolásában legtöbbször együttes bemutatásra, de az egyes tájtipusok névmegírással megoldott elkülönítésére törekszik.



3. ábra. Betűjellemzőkkel elkülönített hegység-domság (álló), síkság-medence-átmenetítáj (dőlt) és történeti-földrajzi-néprajzi (vékony dőlt) tájak térképi ábrázolása 1:2 000 000-ós méretarányban (részlet)

Figure 3. Differentiating regions by letter types: mountains and hills (upright), plains, basins and plain-basin transitional regions (italics), and historical-geographical-ethnographical regions (narrow italics) at 1 : 2 000 000 scale (extract)

Irodalom

- Term.Törv.1996: Természetvédelmi törvény 1996. 6.§ (1)
Tájjegyzmény 2005: Európai Tájjegyzmény (2000, Mo. 2005)
Csorba P. 2000: A tájökölógiai szemlélet érvényesülése a tájvédelemben. 2000. P. 25–35. In: Schweitzer F. – Tiner T. (szerk.) 2000. p. 25–35. Tájkutatói irányzatok Magyarországon. MTA FKI, Budapest
Marosi S. 1981: Tájkutatói irányzatok, tájértékelés, tájtipológiai eredmények. MTA FKI, Budapest 1981.
Hajdú-Moharos J. 1996: Természeti és történeti tájbeosztások. In: Frisnyák Sándor (szerk.): A Kárpát-medence történeti földrajza, p. 249–257. BGYTF, Nyíregyháza. 1996.
Faragó I. 2014: Sokrétű térképészet, II. kötet: Domborzat és tájbrázolás, pp.406–408., 460–461.

Térképészletek:

- 1., 2. ábra: A Kárpát-térség alaptérképe M=1:850 000, szerk.: Faragó Imre
3. ábra: A Kárpát-térség hegy- és vízrajza M=:2 000 000, szerk.: Faragó Imre

KATONAI TÉRKÉPÉSZETI ADATBÁZISOK MAGYARORSZÁGON

MILITARY MAPPING DATA BASES IN HUNGARY

Mihalik József

HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú Nonprofit Kft.
mihalik.jozsef@topomap.hu

Abstract

The article introduces the main features, data contains, data format, precision, geodetic datum, usage and the recent developments of the digital mapping databases, made and maintained by the Hungarian military cartography.

Keywords: mapping databases, data contains, data format, precision, geodetic datum

Kulcsszavak: térképészeti adatbázisok, adattartalom, adat formátum, pontosság, geodéziai vonatkoztatási rendszer

A Magyarországon készült katonai térképészeti adatbázisokat, azaz a Magyar Honvédség (a továbbiakban: MH) digitális térképészeti adatbázisait a HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság (a továbbiakban: HM Zrínyi Nonprofit Kft.) készíti, aktualizálja, üzemelteti és szolgáltatja a felhasználóknak.

Az MH digitális térképészeti adatbázisai többféle célt szolgálnak. Az 1980-as évek végén, alapvetően csak a térképkészítési technológia korszerűsítésének céljából készültek digitális térképészeti adatbázisok. Ma már szinte kivétel nélkül alkalmasak térinformatikai adatbázisok geometriai alapjául is.

Kezdetben, a digitális térképészeti adatbázisok előállítására, a topográfiai méretarányoknak megfelelő adattartalommal – elsősorban költség takarékosági okokból – a meglévő térképek digitalizálásával történt. Ilyen adatbázis a DTA-200 és a DTA-50, melyek fejlesztése az 1980-as évek végén kezdődött.

A Magyar Honvédség – térinformatikai célokra is alkalmas – digitális térképészeti adatbázisai fejlesztésének kezdeti időszakában a készítők a Micro Station DWG adatformátumot választották alap adatformátumként. Ez természetesen lehetővé tette az adatok más formátumokba való exportálását is. A technológiai fejlesztések eredményeként, mára a Geomédia MDB adatformátum vált uralkodóvá.

Az 1990-es évek elejéig az adatbázisok geodéziai vonatkoztatási rendszere alap esetben, az Kraszovszkij/S42/83/Gauss-Krüger rendszer volt, de a polgári felhasználók részére, rendelkezésre álltak az adatbázisok IUGG-67/HD-72/EOV rendszerben is. Az 1990-es évek politikai változásai, Magyarország társadalmi rendszerváltása, és a politikai és katonai szövetségi rendszerkörnyezet megváltozása következményeként az adatbázisok felújítása során, azok geodéziai vonatkoztatási rendszerét is megváltoztatták. Ma már rendelkezésre állnak WGS-84/ETRS-89/UTM rendszerben is. Az IUGG-67/HD-72/EOV rendszer továbbra is használatban maradt a hazai polgári felhasználók igényeinek megfelelően.

Az alapvetően a kartográfiai célú adatbázisok, elsősorban a grafikus térképi megjelenítést szolgáló adatformátumokban készültek. Jellemzően OCAD és CDR formátumokban. Ennek természetesen takarékosági okai is vannak, mert ezek a szoftverek jelentősen olcsóbbak a fentebb említetteknél és betanításuk is egyszerűbb az operátorok számára.

A raszteres adatbázisok adatformátuma TIF vagy GeoTif. A domborzat- és felületmodellek adatformátuma bináris (sorfolytonos), ASCII formátum, vagy ARC/INFO formátum.

Magyarországon elsőként a „DTA-200” vektoros digitális térképészeti adatbázis fejlesztése indult el.

A DTA-200 a következő attribútum adatokat tartalmazza: Települések: a megye, a település neve, a település KSH kódja és lakosság száma (csak magyarországi település esetén). Létesítmények: a villanyvezetékek adatai. Utak: nemzetközi útszám, nemzeti útszám (csak az elsőrendű utak esetében). Vízrajz: a vizek nevei. Domborzat: a szintvonal értékek. Növényzet: az erdők adatai a térképi adatok alapján (tűlevelű, lomblevelű, vegyes). Határok: A terület neve.

Az adatbázisnak kétféle – az alkalmazási céltól függő – mutációja létezik: A „DTA-200 2K2 Gripen” a MH negyedik generációs, több feladat típus végrehajtására alkalmas, „Gripen” harci repülőgépei alkalmazásához szükséges adatbázis. A DTA-2K6 a topográfiai, a helikopteres és az autós térképek készítését szolgáló adattartalommal rendelkezik.

A DTA-50, alap változatában Magyarország 1:50 000 mértarányú, nemzetközi szelvény beosztású, katonai topográfiai térképének teljes adattartalmát tartalmazza, a térkép méretarányának megfelelő pontossággal. Szelvényezve készült, de akár a teljes adatállomány egybe fűzhető. Belőle készült el az ország 1:50 000

méretarányú, 319 szelvényből álló, WGS-84/ETRS-89/UTM vonatkoztatási rendszerű, katonai és állami topográfiai térképe. Az adatbázis – a többcélú katonai felhasználás mellett – geometriai alapja sok polgári célú térinformatikai rendszernek is.

A DTA-50 a következő attribútum adatokat tartalmazza: Alappontok: az alappontok magassága (csak a magyarországi területeken). Domborzat: a szintvonalértékek. Határok: Ország nevek, kistérség nevek, a megyék nevei, a védett területek igazgatóságai. Közlekedés: nemzetközi és nemzeti útszámok, út adatok (burkolat, szélesség). Létesítmények: villamos vezetékek adatai, a szélérőművek magassági adatai. Növényzet: az erdők adatai (sűrű vagy ritka, tűlevelű, lombos vagy vegyes). Települések: a település neve, lakosság száma, megyei hovatartozása, a kistérségek neve, a régiók neve, a járások neve, a településrészek jellege, a településrészek lakosság száma, a települések KSH kódja. Vízrajz: a vizek nevei.

A fent említett vektor adatbázisok alap adatformátumai: GeoMedia mdb vagy shp.

A DDM-10 domborzatmodell az 1:50 000 méretarányú Katonai topográfiai térképek eredeti domborzatrajzának digitalizálásával készült és tíz méter sűrűségű TIN háló csomópontjaiban tartalmazza – Magyarország teljes területén – a terep domborzatának magasságait. Természetesen a magassági adatok kisebb sűrűséggel is leválogathatók az adatbázisból.

A nagyméretarányú adattartalommal rendelkező adatbázisok készítése során – már a kezdetekkor is elsődleges adatnyerési eljárásokat alkalmaztak.

A katonai térképészeti adatbázisok nagyméretarányú adattartalommal, katonai szempontból fontos, általában kicsi, néhány négyzetkilométeres területre készülnek.

Az MH nagyméretarányoknak megfelelő adattartalommal bíró digitális térképészeti adatbázisai elsősorban a katonai gyakorlóterek, laktanyák, fontos szárazföldi terepszakaszok, vízi átkelő helyek, stb. területéről készülnek. Adattartalmukat a felhasználói igények függvényében alakítják ki. Általában tartalmazzák a földmérési térképeknek megfelelő adattartalmat, a terep részletes domborzatát, felületmodelljét, a katonai létesítményeket, a területen található föld feletti és földalatti közműveket, valamint azok műszaki adatait. Adatformátumuk általában: AutoCad dwg, GeoMedia mdb vagy shp.

Ma már, a topográfiai méretarányoknak megfelelő adattartalmú vektor adatbázisok előállítása és aktualizálása során is, az elsődleges adatnyerési eljárások alkalmazása a jellemző. Adattartalmuk előállítása ortofotók kiértékelésével vagy térfotogrammetriai eljárások alkalmazásával és terepi helyszíneléssel történik. Attribútum adataik begyűjtése során, ellenőrzés után, jelentős mértékben felhasználhatók a már meglévő tematikus adatbázisok adatai.

A térképészeti vektor és raszter adatbázisokat az MH szárazföldi és légi haderőnemeinél, valamint szakcsapatainál alkalmazzák a katonai feladatok térinformatikai támogatásához szükséges alkalmazások geometriai alapjául.

Ilyen adatbázisok a szárazföldi haderőnem által alkalmazott DDM-10, DTA-50, DTA-200, DTA-500 és a DTA-1M.

A DTA-500 alap változatában a Magyarországot is ábrázoló kilenc darab, 1:500 000 mértarányú, nemzetközi szelvény beosztású, katonai topográfiai térképszelvény teljes adattartalmát tartalmazza. A térképszelvények eredeti példányainak digitalizálásával, a térkép méretarányának megfelelő pontossággal, szelvényezve készült, de akár a teljes adatállomány egybe fűzhető. Belőle állították elő az ország 1:500000 méretarányú, kilenc szelvényből álló, WGS-84/ETRS-89/Lambert-féle kúp, vonatkoztatási rendszerű, katonai topográfiai térképét. Alap adatformátumai: GeoMedia mdb vagy shp.

A DTA-1000 alap változatában a Magyarországot is ábrázoló hat darab, 1:1000000 méretarányú, nemzetközi szelvény beosztású, katonai topográfiai térképszelvény teljes adattartalmát tartalmazza. A DTA-500 adatbázishoz hasonló technológiával készült. Alapanyaga az ország hat szelvényből álló, 1:1 000 000 méretarányú, WGS-84/ETRS-89/Lambert-féle kúp, vonatkoztatási rendszerű, katonai topográfiai térképének. Alap adatformátumai: GeoMedia mdb vagy shp.

A DTA-500 és a DTA-1000 a következő attribútum adatokat tartalmazza: Magassági pont: a pont magassága. Település: a település neve. Utak: nemzetközi útszám, nemzeti útszám. Vízrajz: víznevek. Határok: ország nevek, megye nevek.

A Légierő alapvetően a légi-navigációs térképészeti és a repülési akadály adatbázisokat használja.

Légi-navigációs térképészeti adatbázisok az alábbiak: a JOG-250 ocd és a NAV-500, GeoMedia mdb vagy shp formátumban. Ezek alapvetően a JOG, az LFC, a TFC és az ICAO térképek készítését szolgálják.

A repülési akadály adatbázisok a repülőeszközök különböző repülési tulajdonságait figyelembe véve, az adott repülő eszköz csoport (vadász repülőgépek, katonai helikopterek, polgári utasszállító és sport repülőgépek) számára akadályt, veszélyt jelentő mesterséges és természetes tereptárgyak adatait tartalmazzák. A

különböző repülési akadály adatbázisok által lefedett területek kiterjedése a végrehajtandó repülési feladatok jellegétől függ.

Az MH jelenleg a következő repülési akadály adatbázisokkal rendelkezik:

A „REP-60” adatbázis Magyarország teljes területén – államhatárának vonaláig – tartalmazza a helyi átlagos terepszinthez viszonyítva 60 méter magas, vagy annál magasabb tereptárgyak helyzetét, abszolút és relatív magasságát, jellegét és a hozzájuk tartozó – az ICAO Annex 15 szabványban meghatározott – egyéb adatot. Tartalmazza továbbá minden olyan földrészlet helyrajzi számát, melyen a helyi átlagos terepszinthez viszonyítva, legalább 60 méter magas tereptárgy található. Az „Annex 15” adatbázis Magyarország teljes területén – államhatárának vonaláig – tartalmazza a helyi átlagos terepszinthez viszonyítva 100 méter magas, vagy annál magasabb tereptárgyak helyzetét, abszolút és relatív magasságát, jellegét és a hozzájuk tartozó – az ICAO Annex 15 szabványban meghatározott – egyéb adatot. Tartalmazza továbbá minden olyan földrészlet helyrajzi számát, melyen a helyi átlagos terepszinthez viszonyítva, legalább 100 méter magas tereptárgy található.

A „REP-25” adatbázis a katonai repülőterek vonatkoztatási pontjainak 10 kilométer sugarú környezetében és a Magyar Honvédség Légi Gyakorlóterének teljes területére vonatkozóan tartalmazza a helyi átlagos terepszinthez viszonyítva 25 méter magas, vagy annál magasabb tereptárgyak helyzetét, abszolút és relatív magasságát, jellegét és a hozzájuk tartozó – az ICAO Annex 15 szabványban meghatározott – egyéb adatot. Tartalmazza továbbá a fent említett területekre vonatkozóan, minden olyan földrészlet helyrajzi számát, melyen a helyi átlagos terepszinthez viszonyítva, legalább 25 méter magas tereptárgy található.

A nagy és közepes méretarányoknak megfelelő adattartalommal bíró adatbázisokat alapvetően a szárazföldi haderőnem, a hadihajós folyami flottilla és az MH szakcsapatai alkalmazzák. A kisméretarányoknak megfelelő adattartalommal készített katonai adatbázisokat alapvetően a légierő alkalmazza.

Az előzőekben ismertetett vektor adatbázisokból készített térképek georeferált digitális raszter állományként is megjeleníthetők. Ez a megjelenési formája az úgynevezett RTA adatbázisoknak.

Nemzetközi együttműködésben jelenleg a magyar katonai térképészet a Többszemélyes Térinformatikai Programban (MGCP) vesz részt. Az együttműködő országok célja egy közepes méretarányú (1:50 000 vagy alapanyag függvényében 1:100 000) megfelelő adattartalmú és geometriai pontosságú, globális kiterjedésű, térképészeti és térinformatikai célokra egyaránt alkalmas, digitális vektor adatbázis létrehozása és fenntartása. Az adatbázis digitális fotó űrfelvételekből készített ortofotó állományok kiértékelése útján készül.

Az MH nem nyilvános, tisztán katonai célra készített adatbázisain kívül az adatbázisok többsége polgári célú felhasználásra is alkalmas. Annak ellenére, hogy alapvetően katonai célokra készültek – geometriai alapjául szolgálnak Magyarország állami és egyéb polgári térinformatikai rendszerei jelentős részének.

A magyar katonai térképészet a 2013. évben előkészítette és 2014 januárjában megkezdte egy új, 1:50 000 méretarányú megfelelő adattartalmú, de 1:25 000 méretarányú megfelelő geometriai pontosságú digitális térképészeti vektor adatbázis, a DITAB (Digitális Topográfiai Adatbázis) elkészítését. A tervek szerint – a program eredményeként – a fent említett adattartalommal és pontossággal létrejön Magyarország digitális topográfiai vektor adatbázisa valamint 319 szelvényből álló, új, 1:50 000 méretarányú térképe. Az adatbázis elkészítési technológiája, ortofotók alkalmazásával végzett topográfiai újfelmérés, ezért a program Magyarország ötödik katonai felmérésének is nevezhető.

Irodalom:

Az MH Geoinformációs Szolgálat, a HM Zrínyi Nonprofit Kft és jogelődjeik által a digitális térképészeti adatbázisokhoz készített és aktualizált műszaki dokumentáció.

TÉRADATOK JELENE ÉS JÖVŐJE AZ MFGI-BEN

PRESENT AND FUTURE OF SPATIAL DATA IN MFGI

Turczi Gábor

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

turczi.gabor@mfgi.hu

Abstract

The application of geoscience at wide scale produced spatial data even when the information technology and the term 'GIS' did not exist. The location is an important information for an earth scientist, in some cases the location gives the explanation for the geological situations, in other cases the geology refers to the location. The ongoing natural events of the earth and its complexity is wondrous to understand and handle without the application of the latest information technology. Geology was not the early stage of the application of informatics. Geophysical activity with its intensive mathematical background applied IT much earlier. The map has a distinct role in earth science as the most important medium to store and visualize information. All data are in digital form and mostly well organised in MFGI at present, therefore we put significant effort to develop or keep up to date our IT systems. Well organised data is the key to give accurate and adequate answers. In the last period MFGI took part in various projects, in some cases as the project leader. All these projects were built on our spatial data systems and the results certainly contributed to the growth of these datasets. The review of the recent projects and the datasets they use show the value of the experts' knowledge and their utility. NATÉR (National Adaption GIS) is one example, that is not only an institute-level project, but it is also important on a nationwide-level. The result of the project will be a decision support GIS that integrates data from different institutes and helps to solve some questions related to the rapid change of the environment.

Keywords: GIS, NAGIS, INSPIRE, geological 3D model, geological – geophysical spatial data

Kulcsszavak: GIS, NATÉR, INSPIRE, földtani térmodell, földtani – geofizikai téradatbázis

A térinformatika az intézet munkáiban a 80-as évek második felében jelent meg. Előre látható volt, hogy a térképkészítés folyamata hasonló változáson fog átmenni, mint ami akkor már a szövegszerkesztők jóvoltából a dokumentum készítésben végbement. Ezt az időszakot útkeresésnek is nevezhetjük. Nem voltak ipari szabványok vagy szabvány értékű megoldások. A térinformatika funkcionalitása kialakulóban volt, s elindult a megkülönböztető elszakadás a digitális rajzok világától. Általánosságban a térinformatikáról, mint új technológiáról többek között az a definíció terjedt el, hogy az informatika egy speciális ága, ahol a hely szerepe döntő fontosságú. De vajon tényleg speciális?

Ha külön választjuk a technológiát, az alkalmazott szoftvereket és az adatbázis építés – feldolgozás folyamatát, akkor ez utóbbi tekintetében bátran kijelenthető, hogy nem speciális. Különösen nem az, ha látjuk, hogy mára a tér adatok az adatbázis technikák szerves részévé váltak. A relációs adatbázis kezelőkben a klasszikus adattípusok mellett (szöveg, egész szám, stb.) megjelent a geometry/geography típus is. A különböző logikai operátorok (AND, OR, <, >, stb) térbeli operátorokkal egészültek ki. A klasszikus relációk, azaz a rekord azonosítókra épülő tábla kapcsolat, hely alapú kapcsolattal egészül ki, azaz két különböző objektumhoz tartozó geometriát és azok relációs attribútumait a térbeli kapcsolatuk is összeköti.

A térinformatika egy lehetséges megkülönböztető eleme a megjelenítés, hiszen a szekvenciális olvasás vagy táblázatos rendezéshez képest az alfanumerikus jelek mellett számos szimbólum térbeli rendszerét be kell mutatni.

A térkép használat a földtudományban kiemelt szerepet tölt be. Olyan közlési forma, amit semmi nem helyettesíthet. Különösen nem helyettesíthető, ha emberi tevékenységgel kapcsolatban térbeli információt kell közölni, értelmezni. A klasszikus értelemben vett térkép informatikai szempontból nézve egy tér adatokat tartalmazó adatbázis képe. Még akkor is az, ha valójában a térkép „mögött” nincs adatbázis, az adatbázis maga a kép.

A földtudományokkal foglalkozó szakember kutató vagy alkalmazott munkájában számos munkafolyamat klasszikus térképhasználatra épül, ami alapvetően a látvány értékelését, manuális szerkesztését jelenti. Ebben a folyamatban a vizuális élmény meghatározó fontosságú. Ez azt is eredményezte, hogy a térinformatikai eszközök a hagyományos vizuális megközelítést helyezték a központba, s e köré épültek a rendszerek.

A vizualitás olyan szemléleti kérdés, ami számos belső vitát eredményezett az intézmény életében is. Egy adott feladat eredménye térképben ölt testet. De vajon mi a feladatban a végtermék? Az adatbázis, ami

minden értékes információt tartalmaz vagy a kartografált térkép? Külön lehet e választani az adatbázist a látványtól, azaz a térképtől? A digitális világban mit jelent a térkép?

A kartografált térkép a kultúra része, valójában műalkotásnak is tekinthető. A valóban értékes, kidolgozott térkép előállításához sok esetben több energia befektetése szükséges, mint a kiinduló adatbázis létrehozásához. Ennek megfelelően ezt a befektetést csak az erre a státuszra megérett, a tudomány, a megismerés egy adott állapotát bemutató térkép esetén éri meg elvégezni. A digitális világban a térkép egy összetett adatbázis, ahol a geometriával jellemezhető objektumok topológia rendben helyezkednek el, számos attribútumuk lehet, melyek között akár a megjelenítésre vonatkozó információk is fellelhetők.

A földtudományban és szűkebb értelemben az MFGI-ben használt, előállított térképek a tematikus térképkörhöz tartoznak. A térképek világában szélesebb értelemben vett technikai vagy akár a tartalmat is érintő tendenciák azonban erre a szűkebb térképkörre is igazak.

A napi munkában, de a különböző jelentésekben vagy záródokumentumokban megjelenő térképek esetén az automatizmusokkal, minimális kézi beavatkozással elérhető munkaváltozatok jellemzőek. A dokumentumba elhelyezett térkép egy adott időpontot bemutató statikus állapot.

A térinformatika kezdeti szakaszára az adatrögzítés, a digitalizálás volt a legjellemzőbb tevékenység. Ez egy „mennyiségi szakasz” volt, ahol az analóg térképek digitális környezetbe helyezése volt a döntő cél. Mára elértük, hogy az intézet napi munkájához szükséges térképek vektoros formában rendelkezésre álljanak. A jelenlegi időszakra alapvetően az jellemző, hogy új információ digitalizálása csak elenyésző mennyiségben jelentkezik. Alapvetően a meglévő adatok minőségi javulása, harmonizálása és a standardoknak való megfeleltetés a fő cél. De szintén alapvető feladat a különféle feltételrendszerek alapján már létező alapokból levezetett, származtatott térképek előállítása.

Új elemnek tekinthető a digitális adatgyűjtés, ami már a terepen az adatbázis tényleges építését jelenti. Itt két csoportra oszthatók a módszerek. Egyik esetben helyhez vagy GPS-szel összekötött mérőrendszerről beszélünk, ami valós időben gyűjt mérési adatot. A másik esetben interaktív munka alapján épül az adatbázis. Ez az emberi döntésekre, szakértői véleményekre épülő észlelés és adatbázis építés jellemzője.

A geofizikai mérések alapértelmezetten terepi téradatokat szolgáltatnak. A geológia esetében a terepi észlelés, a geológus döntéshozatala, leíró tevékenysége miatt ez kevésbé volt természetes. A helyszín analóg térképen történő jelölése és a jegyzőkönyv elkülönült, s később, az irodai munka során került feldolgozásra, utóbbi időben digitalizálásra. Ma a terepi munkában gyakorlatilag a teljes adatbázis rendelkezésre állhat a terepen - akár online formában is -, eszköznek elegendő egy okos telefon...

A mai időszak egyik kihívása annak a metaadat környezetnek a megteremtése, ami elősegíti a tájékozódást a rengeteg adat között, és dokumentálja is azt. Az aktuális munkák és az aktív dolgozók mindig meghatározzák azt a helyismeretnek is nevezhető tudást, információ kört, ami a mindennapos munkát jellemzi. Egy új projekt, új szakértők, kutatók megjelenése a helyismeret megszerzését teszi szükségessé. Ez lehet időigényes adatbányászkodás is, ami még nem biztosítja a különböző járulékos információk megszerzését. Ilyen az adat megbízhatósága, adott esetben a mérés körülményei, stb. A jól kialakított metaadat-rendszer nemcsak az adat felkutatását segíti, hanem hozzájutunk a járulékos információhoz is.

Az EU INSPIRE téradat infrastruktúrára vonatkozó direktívája, melyet a tagországok parlamentje is elfogadott, több szintű szabványt biztosít. Biztosítja azt a technikai felületet, amihez ha csatlakozunk, elérhető a megfelelő információ. Biztosítja a szabványos adatszerkezeteket és adott esetben az egyes tartalmak szabványos értékkészletét (pl. litológiai nevek, geokronológia, stb.)

Az adat-érték, az információ-kezelés védelme, a hozzáférés biztosítása stratégiai kérdés. Ez a szemlélet az állam által meghatározott törvényi, rendeleti környezetben is nyomon követhető. Az intézet munkáját, tevékenységét meghatározó 267/2006. (XII. 20.) Korm. rendelet a tevékenységi körök mellett az építendő adatrendszereket is szabályozza: „az ország földtani, geofizikai tér-adat infrastruktúrájának építése és fejlesztése, adatszolgáltatás,” Kiemelten kell megemlíteni a 94/2014. (III. 21.) Korm. rendeletet, mely a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer működését részletesen szabályozza. Alapja a NATÉR (Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer), melynek kezelője az MFGI.

Az MFGI adatrendszerei tartalmuk, jellegük szerint többféle megközelítésben csoportosíthatók. Lényeges kiemelni, hogy az országos földtudományi adatvagyon alapadat körét és az ezekből levezethető legfontosabb származtatott adatköröket az MFGI kezeli. Az alapadatokat körét nehéz jól definiálni, különböző szemléletek vannak. A legszigorúbb változat az az eset, ami a terepi mérés nyers változatát tekinti alapadatnak. Abban a pillanatban, ha szakértői döntés, vélemény is megjelenik, az már nem számít alapadatnak. Ennél egy kicsit

rugalmasabb az a megközelítés, ami alapadat helyett elsődleges adatról beszél, és ezzel nem zárja ki az alapvető szakértői döntéseket, az elsődleges adatfeldolgozást. Ha alapadatról beszélünk - az én felfogásom szerint - közel állunk az adat születéséhez, egy következő felmérésig statikus információval állunk szemben. Ilyen például egy földtani térkép.

Nagy jelentősége van a levezetett térképnek. Több szakértő tudása integrálható, illetve olyan információk összevetésére nyílik lehetőség, ami hagyományos technikákkal sok esetben meg sem oldhatók. A térinformatika azonban az integrált adatértékelésre igen hatékony eszközöket biztosít. A levezetett, származtatott térképek átvezetnek a modellezés világába.

A klasszikus térinformatika legszűkebb keresztmetszete a 2D térkép. A földtudomány alapvetően 3D környezetben értelmezhető, legalábbis ami az objektumok geometriáját jelenti. A jelenlegi vektoros térinformatikai technológiák a 3D technikákat csak korlátozott mértékben támogatják. Igaz viszont, hogy számos modullal kiegészítve átjárható, egységes rendszert alkotnak a térbeli elemző eszközökkel, modellező szoftverekkel és a távérzékeléssel. Külön elemzést érdemelne a vektor – raszter – voxel adatkör értékelése, átjárhatósága.

Az informatika fejlődési tempóját nem kell külön hangsúlyozni. A fejlesztési irányokat nem az MFGI méretű intézmények határozzák meg, hanem az ipar szereplői. Mindez persze nem zárja ki, hogy saját érdekeink mentén ne fejlesszünk. A stratégiailag döntő irányok azonban mindenképpen a nagy rendszerekhez köthetők, kezdve az operációs rendszertől, folytatva a ráépülő adatbázis kezelőre és a különböző alkalmazásokra. A kérdés alapvetően az információhoz való hozzáférés jellege. A Google a földfelszín látható képét szinte online biztosítja, és egyre több téradat kapcsolódik a rendszerhez. A szabványos téradat szolgáltatások terjedésével a megfelelő autentikus helyről a legjobb minőségű, ismert megbízhatóságú téradattal dolgozhatunk. A jövőt tehát a hozzáférhető adat egyre jobb felbontású, egyre megbízhatóbb tartalmú változata jelenti.

A PONTOSSÁG ÉS A TORZÍTÁSOK EGYENSÚLYA A KARTOGRÁFIÁBAN

THE BALANCE OF PRECISION AND DISTORTIONS IN CARTOGRAPHY

Zentai László

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék,
lzentai@caesar.elte.hu

Abstract

Cartographers can change reality to allow map users to perceive the map content correctly taking into consideration cartographic techniques like generalization and all methods that aim at simplifying reality and making it easier to comprehend. The balance of precision and distortions is a sensitive question in cartography, but all these items are subordinated to the legibility of the map. We can check Paul Klee's quote Art does not reproduce what we see. It makes us see. The aim of maps is not only represent phenomenon at a somehow simplified manner, but to demonstrate the most characteristic attributes. Nowadays cartography has been widely used, everyone thinks that now is able to visualise spatial data, but is not necessarily aware of the effect of different distortions. It should be the cartographers' task to make this knowledge known, and to indicate, wherever this might apply, for which type of map use and analysis the resulting maps would be suitable or unsuitable.

Keywords: generalization, cartographic traditions, precision, distortions

Kulcsszavak: generalizálás, kartográfiai hagyományok, pontosság, torzulások

Bevezető

Nincs tökéletes térkép, nincs egyetlen, minden felhasználó számára optimális térképi vizualizáció. Azaz hiába ábrázolják például az általános térképek az objektív valóságot, a jelkulcs, a térképi nyelv minden esetben a térkép alkotójától, a térképésztől függ. A térképeknek minden esetben van valamiféle szociális háttere, a készítőik tapasztalataitól, ízlésétől, preferenciáitól függően. A térképi megjelenítés megtervezése alapvetően a térkép céljától, illetve a felhasználóktól függ, de olyan objektív körülmények is befolyásolják, mint az, hogy a társadalom mely térbeli adatok összegyűjtését tartja fontosnak, s melyek hozzáférhetőek a kartográfusok számára.

Természetesen önmagában a társadalom nem képes ilyen befolyást gyakorolni a kartográfiai termékekre, a legtöbb országban a legfontosabb tényező az állam, a kormányzat információs stratégiája (*SDI: spatial data infrastructure*): mely objektumok, jelenségek ábrázolhatók a térképeken, s melyek nem. Ezt az esetenként egyoldalú, irányított nézőpontot jelentősen megváltoztatták a globális térképszolgáltatások, mint pl. a GoogleEarth vagy az OpenStreetMap, illetve azok a hirdetésekkel, marketinggel foglalkozó cégek, amelyek ezekre a térképszolgáltatásokra építve tematikus térképek segítségével próbálják szemléltetni a szociális-gazdasági folyamatokat.

A kartográfiai tradíciók és a művészet

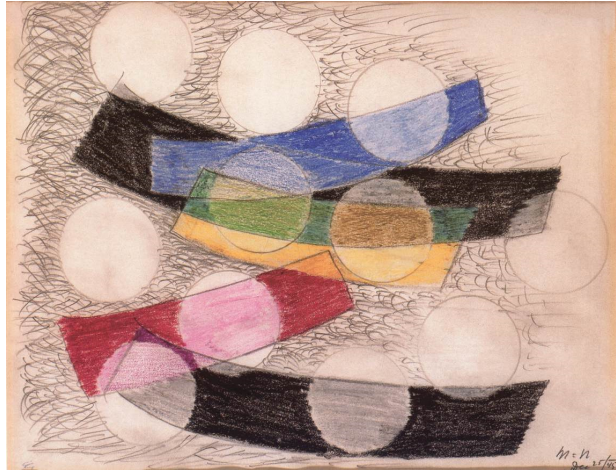
A kartográfiai tradíciók is optimalizálták a térbeli információk szemléltetését, ami gyakran együtt járt azzal, hogy a hangsúlyozni kívánt tematika érdekében önhatalmúlag eltorzították a valóságot, követve Paul Klee, a híres svájci festő és grafikus, a modern művészet egyik úttörője mottóját 1920-ból: *A művészet nem a láthatót adja vissza, hanem láthatóvá tesz*. Moholy-Nagy László (Klee kortársa) összes műve kísérlet, a művészet működésének megértése terén végzett forradalmi kísérletek. Ő másképp fogta fel a művészetet, másképp kezelte a műalkotásokat, az alkotás folyamatát magát, és persze az embert is. A térképészethez közeli, az ipari formák jelentésének a kutatása terén Moholy-Nagy (1895–1946) hatalmas munkát végzett, s az embert körülvevő hétköznapi, alkalmazott művészet, a tervezett életkörnyezet terén is, ami a kartográfiára is értelmezhető. Az általa művelt geometrikus absztrakt festészet egészen más, mint a festészet, amiből kinőtt, beleértve még akár a kubizmust és az absztrakt festészetet is. Moholy-Nagy összes műve kísérlet. Ma már konkrétan feladtuk, hogy tudományosan rendszerezve megértsük, feltérképezzük, hogyan gyakorol ránk hatást egy-egy szín, egy-egy alakzat, egy-egy absztrakt grafikai felület. Moholy-Nagy másképp fogta fel a művészetet, másképp kezelte a műalkotásokat, az alkotás folyamatát magát, és persze az embert is. A geometrikus absztrakt egy új szint, egy új dimenzió, amely egy totálisan új korszak alapját képezi. A térképészeten is nagy szerepe volt a kísérletezésnek, hiszen az egyre újabb technológiák kartográfiai alkalmazása sokszor nem volt magától értetődő, lévén ezen technológiák nagy része nem elsődlegesen a térképészek céljaira lett kifejlesztve és az adaptálás folyamata részben kísérletezéssel valósult meg (*1. ábra*).

Klee mottója a kartográfiára is vonatkoztatható. Hogy a valóságot láthatóvá tegyük, a térképészeknek torzításokat kell alkalmazni (s itt nem a magától értetődő vetületi torzulások a lényegesek, amelyek matematikailag könnyen leírhatók). Szándékosan torzítunk, hogy a valóság igazi, szemléletesebb képét

mutathassuk be. A térképeknek nem az a célja, hogy a jelenségeket többé-kevésbé egyszerűsített formában mutassa be, hanem, hogy a jelenségek legjellemzőbb tulajdonságait szemléltesse. Lényegében a kartográfiai generalizálásnak is ez a lényege, legyen szó akár mennyiségi, akár minőségi generalizálásról.

1. ábra. Moholy-Nagy László: Lebegő formák (1945)

Figure 1. Moholy-Nagy: Floating forms (1945)



A XXI. század térképhasználóinak meg kell barátkoznia a térbeli információk vizualizációjának új módszereivel. A meglévő technológiák konvergenciája figyelhető meg: automatikus helymeghatározás, vezetékmentes kommunikáció, digitális térbeli adatok kezelése. Ezek beépülése a kartográfiai ábrázolás formáiba már feszegeti a hagyományok által meghatározott kereteket. A térképészeti fejlesztések alkalmazását nem lehet másképp tekinteni, mint a többségi társadalom determinisztikus ciklusát, amely a technikai fejlesztéseket társadalmilag hasznos előnyökké képes alakítani (Vuorela et al. 2002).

A generalizálás szerepe

A generalizálás az általános térképek – főleg a topográfiai térképrendszerek – készítésekor figyelembe veendő egyik legfontosabb elv. A térképészet önálló tudománnyá válásának egyik fontos eleme volt a generalizálás rendszerbe foglalása, de az elméleti megalapozás csak általánosságban írta le a folyamattal kapcsolatos elveket. A digitális korszak követelte meg, hogy az elméletben már jól ismert elveket egy konkrét szoftver környezetben algoritmizáljuk segítséget nyújtva az automatikus generalizálás végrehajtásában. Lényegében ekkor szembesültek a kartográfusok, térinformatikai szakemberek azzal, hogy a generalizálás különféle fajtáinak, lehetőségeinek egymásra hatása, hierarchikus rendszerbe szervezése egy ilyen komplex feladat esetében nem valósítható meg emberi beavatkozás nélkül. Az ismertebb szoftverek természetesen napjainkra már felkínálnak generalizálási lehetőségeket, amelyek legalább részben megoldják ezt a feladatot és az állami topográfiai térképrendszerek esetében a nemzeti polgári vagy katonai térképészszolgálatok is kifejlesztették a saját megoldásaikat, amelyek nem minden esetben épültek a nagy térinformatikai szoftverekre, inkább saját fejlesztésű rendszerek megoldásaira támaszkodtak.

A generalizálás természetesen szubjektív lesz, még akkor is, ha egy kartográfiai vagy térinformatikai szoftver hajtja végre, hiszen a beépített általánosítási algoritmusokat a térképész szakemberek hozták létre és az egyes eljárások sorrendjét, egymáshoz való viszonyát is ők határozták meg (Ormeling 2014).

Sajátos problémát vetnek fel napjaink térképészetének olyan adatforrásai, amelyek jellegükből adódóan mentesek a generalizálástól (legfeljebb a fizikai felbontás tekinthető egyfajta automatikus mennyiségi generalizálásnak): a nagyfelbontású légifelvételek, ortofotók, úrfelvételek, lézershakkelésből (LIDAR) származó pontfelhők. Ezek olyan nagymennyiségű információt tartalmaznak, amelyek automatikus feldolgozása már nemcsak kartográfiai, hanem informatikai szempontból is komoly kihívást hordoz.

Pontosság, megbízhatóság

Az informatikai korszak sajátossága, hogy a felhasználók szinte feltétlenül megbíznak az ilyen térképekben, másrészt szeretnének a digitális térképekhez ingyenesen hozzájutni. Természetesen a felmerülő felhasználói igények egyre sokrétűbbek, komplexebbek: interaktivitás, gyors hálózati kapcsolatok, nyílt adatformátumok, naprakész térbeli információk, de a magánélet és az adatok feletti tulajdonjog figyelembe vételével. A felhasználók általában nincsenek tisztában azzal, hogy a digitális térképek esetében is ugyanazokkal a pontossági, megbízhatósági problémákkal kell megküzdenie a szolgáltatóknak.

A problémák a legtöbb esetben nem kapcsolódnak a digitális megjelenítéshez, sokkal inkább a felhasználóknak a digitális technológiákkal és adatokkal kapcsolatos korlátozott ismeretei, esetleg a konkrét termékkel (szoftverrel, adatbázissal) kapcsolatos hiányos ismeretek okozzák ezeket. A térképészet néhány alapvető elve, mint például a felmérési technikák, a kartográfiai sokszorosítási módszerek annak ellenére lényegében változatlanok maradtak, hogy az űrtávérzékelést és a helymeghatározási technológiákat már évtizedek óta használjuk.

A digitális térképek esetleges pontatlanságának és gyenge minőségének okai az alábbiak lehetnek: a különféle forrásból származó digitális adatok kombinálása, a térbeli adatok vizualizációja és a piaccgazdaság befolyásoló tényezői a digitális térképek előállításában.

Amióta a földrajzi információkat egyre nagyobb mértékben tároljuk digitális, georeferált formában a különféle forrásból származó adatok kombinálása nagyon rugalmasan és könnyen megvalósítható s ennek gyakran gyenge minőségű térkép a következménye. Bár az adatok jellemzőivel kapcsolatos zavarok előzetesen tesztelhetők, modellezhetők és dokumentálhatók lennének, de a térinformatikai adatkészletekben folyamatosan növekszik az inkonzisztencia és a heterogenitás. Ennek oka elsősorban az, hogy a helytelenül kombinált adatokat különböző szakterületek és szervezetek állítják elő, akik nem fordítanak kellő figyelmet a metaadatokra, illetve az adatok pontossági paramétereire.

A különféle térképészeti vizualizációs technikák, mint például a színek, betűtípusok, vonal attribútumok a digitális korszakban sokkal könnyebben alkalmazhatók, mint előtte. Viszont ezeknek és a további új technológiáknak figyelembe kell vennie a digitális megjelenítő eszközök (számítógép monitor, okostelefon képernyő) korlátozott képességeit. Ilyen körülmények között a térképszerkesztőknek jobban felkészültnek kell lenniük, hogy a térkép által hordozandó üzenetet optimális formában közvetíthessék. Viszont napjainkban a térképészeti ismeretekkel nem bíró felhasználók aránya folyamatosan növekszik a geoinformatikával foglalkozók között (hiszen napjainkban sokkal egyszerűbb a geoinformatikai adatokhoz való hozzáférés), így annak a veszélye is folyamatosan növekszik, hogy az elkészült térképek gyenge minőségűek lesznek. Természetesen nem szabad figyelmen kívül hagyni a társadalmi elvárásokat sem ebben a tekintetben. Az állami alapadatokhoz való ingyenes hozzáférés biztosítása nemcsak szakmai, hanem elsősorban politikai és költségvetési kérdés. A térképhasználók számára az sem ismert, hogy az állami alaptérképek mögött álló térinformatikai adatbázis nem szükségszerűen egyezik meg az ezen adatok alapján készült és kinyomtatott papírtérképekkel. Így semmiképpen nem vonatkoztathatók egy konkrét papírtérképpel kapcsolatos minőségi kifogások a mögötte álló térinformatikai adatbázisra (Vuorela et al. 2002).

A térképekkel szemben felmerülő minőségi problémák harmadik fontos forrása a digitális térképek, mint piaci termékek jellegéből következik. Az elmúlt években több olyan térképi adatbázis vált hozzáférhetővé (akár piaci terméként, akár ingyenesen letölthető adatbázisként), amelyek minősége riasztóan heterogén volt. Ezzel részben rossz fényt vetettek az ingyenesen hozzáférhető térképészeti adatbázisokra is. Természetesen az egyes országok állami térképészete a saját adatbázisai tekintetében komoly minőségi követelményeket támasztott, ezért sem olyan egyszerű és magától értetődő ezen adatbázisok ingyenesen hozzáférhetővé tétele. Értelemszerűen a térinformatikai adatbázisokkal foglalkozó cégek nagy része jóval kisebb pénzügyi erőforrásokkal rendelkezik, mint a nemzeti térképészeti szervezetek. A piaci verseny is arra ösztönzi ezeket a cégeket, hogy a termékeiket folyamatosan és nagy ütemben fejlesszék, a frissítés ciklusa rövidüljön (2. ábra).

2. ábra. A nagy hírveréssel beharangozott Apple Maps egyik durva hibája (2012)

Figure 2. Example of a disturbing error of Apple Map's early version (2012)



Összefoglalás

Amikor a kartográfusok létrehozzák saját térképüket ezek általában egy konkrét célközönségnek készülnek, s ezzel egyidejűleg a többi felhasználó számára elveszthetik jelentőségüket. A kartográfusoknak is tisztában kell azzal lennie, hogy bár ők tudatában vannak a térképi pontatlanságoknak torzulásoknak, de a felhasználóknak erről nincs tudomásuk. A térképészeti lehetőségek demokratizálása most már bárki számára lehetővé tette térképek készítését. A térképészek ismeretei azonban ebben az új időszakban is fontosak maradnak.

Irodalom

- Ormeling F. 2014: Cartography as Intentional Distortion. In: Thematic Cartography for the Society, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer, 341-357.
- Vuorela N., Burnett C., Kalliola R. 2002: Cartographic traditions and the future of digital maps: A Finnish perspective. Fennia 180: 1-2, 111-121.

NAGY SÁMUEL, EGY 18. SZÁZADI DEBRECENI MINERALÓGUS

SÁMUEL NAGY, A 18TH CENTURY MINERALOGIST FROM DEBRECEN

Viczián István

Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék
viczianif@gmail.com

Abstract

Sámuel Nagy (1773? – 1810) was born and died in Komárom. He studied in the Reformed College in Debrecen. He translated a book of Heinrich Sander on physical theology, published in Pozsony and Komárom, 1794. He studied in the Jena University 1797-1799. He was one of the Hungarian founding members of the Jena Mineralogical Society and in 1798 he became its Hungarian secretary. He presented a lecture in the society on “Chemical and mineralogical history of Hungary” in 1799.

Keywords: Sámuel Nagy, Debrecen, Reformed College, physico-theology, mineralogy, Jena Mineralogical Society

Kulcsszavak: Nagy Sámuel, Debrecen, Református Kollégium, fiziko-teológia, ásványtan, Jénai Ásványtani Társaság

Élete

Teljes nevén pathi Nagy Sámuel Komáromban született 1773 körül és ott is halt meg 1810-ben. A pathi Nagy család Komárom megyei nemes család volt, a név gyakran előkerül a megye 18. századi, különféle, nemességet igazoló iratai között (Alapi 1911). Előnevüket bizonyára arról a Path-pusztáról kapták, amely Fényes Elek (1851) szerint Komáromtól nem messze kelet felé, Izsa község közelében, a Duna mellett fekszik.

Élete úgy kapcsolódik Debrecenhez, hogy 1788-tól a református kollégiumban tanult, ahol később könyvtáros és szenior is lett. Debrecenben a szintén itt tanuló Csokonai baráti köréhez csatlakozott. Már ekkor kezdett ismertté válni a tudományos életben, amit elsősorban Campe: *Psychologia* és Sander: *Az Istennek jósága és böltsessége a' természetben* c. könyvének magyarra fordításával ért el. Mindkettő ugyanabban az évben, ugyanannál a kiadónál jelent meg, 1794-ben, Wéber Simon Péter kiadásában, Pozsonyban és Komáromban. Szilágyi Ferenc (1981b) kutatásai szerint már kb. 1793-tól filozófiát tanít a kollégiumban. A Magyar Hírmondó 1794. április 4-i száma így ír róla: „Ebből nagy philosophust lehet várni: ezt egy discursusa meg mutatja... Őtet nagy emberek betsülik.” Az újság úgy jellemzi Csokonait és Nagy Sámuel, mint a magyar ifjúságnak „ezen két nagyot mutató zsenyéjét”.

Azt, hogy ők voltak ketten akkoriban a kollégium leghíresebb diákjai, jól mutatja a következő epizód: 1795 decemberében az Erdélyből Göttingenbe igyekvő ifjú gróf Bethlen Elek feltette magában, hogy Debrecenben két emberrel akar mindenáron találkozni, Csokonaival és Nagy Sámuellel. Úti naplójában leírja, hogy a városba jövet, még Nagyléta és Debrecen között egy fogadóban megszólított egy diákot, és elmondta neki kívánságát (Torma 1867, Viczián 2012). A megszólított diák így felelt: „Csokonai tegnapelőtt ment Patakra..., Nagy Sámuel pedig én vagyok”. Így legalább ez a találkozás létrejött, és a naplóban Bethlen Elek nagyon dicsérőleg szól róla: „Ez a Sander és Kampe psychológiájának fordítója, s e mellett kivált a philosophikumokban éles és mély belátású ifjú”.

A kor nagy írói közül Csokonai Vitéz Mihályon kívül Kazinczy Ferenchez fűzi rajongó tanítványi kapcsolat Nagy Sámuel. Ez kiviláglik 1793. október 10-én kelt leveléből, amelyben a lélek mibenlétéről való filozófiai elmélkedését tárja mestere elé, és várja annak bíráló véleményét (Váczy 1890-1911). Kazinczynek már sokkal később, komáromi orvos korában is egyszer segítségére lehetett, amikor 1803-ban arrafelé utazva Kazinczy útközben Tatánál balesetet szenvedett.

Debreceni tanulmányai befejeztével Nagy Sámuel Jénába ment az egyetemre. Közben elkészítette Sander fordításának javított és bővített 2. kiadását, amely 1798-ban meg is jelent ugyanannál a kiadónál. A nyáron Bécsben találjuk, amit a 2. kiadáshoz írt előszava keltezéséből láthatjuk: *Bétsben 1. Junii 1797*. Útja tovább a felvidéki Iglón keresztül vezetett, talán azért is, hogy magát a német nyelvben gyakorolja. Innen keltezte ajánlását újabb fordításához 1797. július 8-án. Az akkor divatos svájci idill-költő, Salomon Gessner verseit fordította le, valószínűleg Kazinczy hatására. A könyv szintén Pozsonyban és Komáromban jelent meg még 1797-ben (Szilágyi 1986). Egy száz évvel későbbi irodalomtörténész (Fürst Aladár 1900) véleménye szerint az ajánlások alapján Nagy „bölcsekedő hajlamú, értelmes, művelt, jó magyarnak látszik”. A fordításon „meglátszik Kazinczy hatása”, nyelvezete „értelmes, folyékony, hű, csak költőietlen”.

Jénába 1797 végén érkezhetett meg, és 1799-ig maradt. Majdnem éppen megérkezésével egy időben alapította meg Jénában Lenz professzor az Ásványtani Társaságot, amely rögtön az ő érdeklődését is megragadta. Ezután a bécsi egyetemen szerzett orvosi képzést, majd Komáromban lett orvos. Orvosi

működéséből nevezetesek erőfeszítései a himlőoltás bevezetésére. Itt halt meg viszonylag fiatalon, mintegy 37 éves korában, 1810-ben.

Komáromban ebben az időben a magyar művelődés komoly szellemi központja, amelynek első számú szervezője Péczeli József református lelkész volt. Péczeli is debreceni diák volt, majd külföldi tanulmányai után Komáromban lett lelkész, ahol 1783-tól haláláig, 1792-ig szolgált. Még 1783-ban megalapította a Komáromi Tudós Társaságot, és 1789-1792 között szerkesztette a Mindenés Gyűjtemény című folyóiratot. Ő maga is sokat írt és fordított, főleg angolból és franciából (Szinyei 1905). Az általa alapított tudós társaságnak tagja volt Nagy Sámuelen kívül a másik komáromi mineralógus orvos, Zay Sámuel is, akiben az 1791-ben, Komáromban megjelent, második magyar nyelvű ásványtan szerzőjét tisztelhetjük (Hála et al. 1998). Péczeli Józsefet Csokonai is, Nagy Sámuel is példaképüknek tekintették.

A Sander fordítás irodalomtörténeti vonatkozásai

Az egyik könyv, amelynek fordításával Nagy Sámuel hírnevet szerzett, egy német szerző, Heinrich Sander műve: *Az Istennek jósága és böltsége a természetben* (eredeti megjelent: 1778, a fordítás: 1794). A fordítás sikerét mutatja, hogy 1798-ban másodszor is kiadták. Az eredeti mű tulajdonképpen népszerű természettudományi teológiai kommentárokkal. Szerzője egy akkor főleg protestáns körben elterjedt teológiai irányzat, az ún. „fiziko-teológia” képviselője, amely tulajdonképpen az akkor rohamosan fejlődő természettudományos ismereteket igyekezett beépíteni a hagyományos keresztény teológia rendszerébe. A munka alapos teológiai értékelést is megérdemelve, de a jelen tanulmányban csak a földtudományi ismeretekre figyelhetünk részletesebben. Itt csak annyit jegyzünk meg, hogy Nagy Sámuel az általa írt előszó tanúsága szerint harcos hitvédőnek bizonyul a francia felvilágosodás képviselőinek, főleg Helvétiusnak ateista természetszemléletével szemben. Ő maga ezzel szemben nemcsak egyszerűen egy távoli, első mozgatóként elképzelt Istenben hisz, hanem meggyőződése, hogy a természetben „minden dologban az Istent találjuk fel”.

A magyar kiadás címlapján az olvasható, hogy „Sander Henrik után”. Ez a pontos megjelölése Nagy Sámuel munkájának. A könyvhöz írt előszavában elmondja, hogy nemcsak egyszerűen fordította az eredeti művet, hanem sok helyen elhagyott belőle vagy kiegészítette magyar vonatkozású részekkel, úgyhogy a terjedelme „majdnem kétannyira szaporodott” (p. XVI). Amint írja, a könyvről „a német firhangot lehúzáván: a magyar világ piacára kivettem” (p. V).

Nagy Sámuel érdeme, amint arra Szilágyi Ferenc (1998) rámutatott, hogy könyvében utat nyit a szépirodalom felé. A fordítást a legnagyobb tisztelettel a kor nagy nyelvújítójának, Kazinczy Ferencnek ajánlja: a könyvnek „a *TE nevedet metszem homlokára*” – önmagának védelemül, bátorításul, Kazinczynak hódolatul. Az előszóban kitér arra, hogy a fordítás során neki magának is komoly nyelvújító munkát kellett végeznie: „A megmagyarosodott idegen szóktól nem irtóztam”, de feles számú új szókat kellett találnom” (p. XVII). Ez az ajánlás a könyv második kiadásából azonban már kimaradt, bizonyára azért, mert közben Kazinczyt bebörtönözték.

Az előszó után közli kollégiumi jó barátja, Csokonai Vitéz Mihály üdvözlő versét („*Múlik mord egünk homálya...*”). Csokonai ebben a versében úgy ünnepli Nagy Sándort, mint a nemrég elhunyt Péczeli József munkájának méltó folytatóját, aki újabb fénysugárral járult hozzá a hazai homály eloszlatásához. A vershez írt lábjegyzetében büszkén írja róla: „*Az én Barátom Péczelinek barátja volt.*”

A kötet elején még egy verset találunk, amely találó kis történet arról, hogy többet érnek a szakember bíráló szavai, mint a dilettáns lelkes dicsérete. A szerző megjelölése: *F. Gellért*”. Itt minden bizonnyal Christian Fürchtegott Gellert (1715-1769) német költőről van szó, akinek munkáit Péczeli tanulmányozta németországi tanulmányútja során.

A könyvben néhány fejezet után a mondanivalót összefoglaló verseket is találunk. Sokan úgy gondolták, hogy ezeket is Csokonai fordította le magyarra. Szilágyi Ferenc (1981a) kimutatta, hogy a fordító nem ő volt, hanem valószínűleg Lengyel József (1770-1822), szintén Debrecenben tanult lelkész, korának jelentős énekszerzője, akinek a ma használatos református énekeskönyvben is több jellegzetes, felvilágosodás-kori hangvételtű, természeti tárgyú éneke található.

A Nagy Sámuel által írt bevezető részekhez tartozik még a szerző, Heinrich Sander (1754-1782) életrajza. Sander Tübingenben teológiát végzett, majd Karlsruheban természettudomány tanár lett, aki rövid élete alatt sokat utazott, és több jelentős művet írt. Élete és sorsa sokban emlékeztet Teleki Domokoséra.

Sander könyvének földtudományi részei

Az előszóban úgy jellemzi Nagy Sámuel Sander könyvét, mint amelyik „a száraz systema helyett ... némely válogatott darabjait hozza fel az ékes természetnek”. Idézi a korabeli német kritikákat, amelyek szerint a könyvnek két hibája van: (1) „a szoros philosophusi rendet nem tartja meg” és (2) a csillagokat, physikát,

emberi testet nem tárgyalja. Mindez azt jelenti, hogy a könyv nem valamilyen természettudomány rendszere szerint épül fel, hanem különböző teológiai-filozófiai gondolatokat fejt ki, és ezekhez illusztrációnak alkalmazza igen nagy terjedelemben a különböző természeti példákat. Az is valóban jellemző rá, hogy a szokásos világnézeti művekkel ellentétben nem a csillagászatot és a fizikát részesíti előnyben, hanem a növény- és állattant, az ásványtant és a földtudományok több más ágát, és valamennyi közgazdaságtant. Mai hasonlattal élve leginkább egy ideológiai elemeket is tartalmazó környezetismereti vagy környezettudományi könyvre hasonlít. Az alábbiakban ebből az anyagból csak néhány fejezetből, a földtudományi vonatkozású példák közül emelek ki néhány jellemző részletet. (Az idézeteket lehetőleg pontosan, de a legtöbb esetben a mai helyesírás szerint adom meg. Az ásvány- és kőzetneveket mindig betű szerint írom át. Megadom az idézet lapszámát az 1. kiadásban.)

I. A teremtés megmérhetetlenségéről

Ebben a fejezetben a természet mérhetetlen gazdagságára hoz fel példákat, ismerteti pl. azt a kilátást, ami az Etna csúcjáról tárul az ember szeme elé (11). A „*földek*” (=talajok?) sokféleségére utalva a „*törsök föld (terra primitiva)*” következő fajtáit sorolja fel: „*mész, timsós, nehéz, festő és kova föld*”. Még az egy névvel illetett ásványok is sokfélék lehetnek: „*Hányféle az Opál és a jáspis?*” (16).

IV. Minden dolog bizonyos végre teremtett

Érdekes a leírás az Adriai-tenger két oldalának eltérő jellegéről. Dalmáciát sziklás, pusztuló partnak írja le, míg az olasz parton felismeri az üledékképződést: „*a tenger szüntelenül beljebb száll, követ és kovát hágy maga után*” (97-98).

Ebben a fejezetben érdekes, már természetfilozófiába hajló elmélkedést olvasunk arról, amit ma a földtani törvényszerűségek véletlenszerű jellegének neveznénk: „*Nem úgy tetszi-é gyakran, hogy a föld rakások, homok, agyag, kő-sziklák, kova, márvány, kő- és ércbányák történetből és rendetlen vagynak szerte szélllyel a földön?*” ... Mégis, a „*történetből*” (=véletlenül) fellépő hatások, a „*húzás, taszítás, nyomás sokkal bölcsebb s okosabb rendet csináltak, mint a legbölcsebb emberek elméi kigondolhatták volna*” (98-99).

V. A természet végtelen gazdagságáról

Ebben a fejezetben szinte egy teljes ércteleptan anyagát megtaláljuk annak illusztrálására, hogy milyen gazdag a föld méhe.

A sóval kapcsolatban először a tengeri sót ismerteti. Kitér annak feltételezett eredetére, a tengerek sótartalmának különbségére pl. a Balti-tengerben. A sóbányák közül ismerteti Lengyelországban *Bochnia*, *Veliska* bányákat, részletesen az erdélyi sóbányákat, valamint Szászországot. Megemlíti, hogy Magyarországon Sávár, Sáros megyében sós kutak vannak. A szárazföldi sóképződéssel kapcsolatban említi a sós tavakat pl. Szicíliában és Kappadóciában. A magyar Alföld sófajtáit részletesen ismerteti. A sziksót név szerint nem említi, de gyűjtését Debrecen környékén, Szabolcs és Szatmár megye számos községében felsorolja. Olyan, „*mint a régi Natron*”, üveggészítésre is használják. A fa-égetésből nyert „*lúg-só*”, „*pótas*” (=kálisó?) szappankészítésre használható (120-124). Ez a rész szinte teljes egészében Nagy Sámuel kiegészítése.

A korabeli ásványkincsek szinte teljes felsorolását kapjuk az alábbiakban, amelyben már feltűnő, hogy a kőolaj is meg van említve: „*Mennyi sok meszet, mázt, krétát, homokot, kovát, követ, kén-követ, salétromot, drágaköveket, vasat, rezet, ónt, ezüstöt, aranyt, platínát, - gyantát - szurkot - kámfort, kő-olajat ásnak ki naponként a földből...*” (128). Vas Orosz- és Magyar-országban, Svédországban van. Réz Falun-ban. Arany és ezüst Mexikóban, Peruban, Brasileában, Guineában és Magyarországon (129). Részletesen kitér a „*körmőtzi és selymetzi bányák*”, valamint Erdély gazdagságára (133). A spanyolországi Almadában „*kifogyhatatlan kénéső bánya*” (=higany) van. Ez a lelőhely-felsorolás is Nagy Sámuel önálló munkája.

Angliában már a 10. század óta bányásznak szenet, újabban már nagyon sokat, „*s mégis csak azt sem tudják, hogy vajon fogy-é vagy ismét nevededik...*” „*Az Isteni jószág, mely véghetetlen sok kő-szenet ajándékozott minékünk, amely semmi más munkát nem kíván, hanem hogy csak felássák.*” Nagy Sámuel kiegészítése szerint kőszénbányák Anglián kívül Galliában *Lion*, *Brabantzia*, *Lüttich*, és Németországban „*a Pruszsus király birtokában*” (=Ruhr-vidék?) vannak. Erdélyben Zarata és Lövete bányahelyeket említi, „*Fridwaldszky*”-ra hivatkozva. A kőszénnek két neme van, a barna és a fekete szén, ezen kívül ismert a „*fa-szén (lignum fossile)*” (=lignit) és a „*torf*” (=tőzeg). Mind a négy szénfajtának részletes, találó jellemzését adja. A *torf* lelőhelye a *Bánátban Alibonár*, de „*lehetne készíteni Kartzag körül is Kara-jánoson*” (136-137). A kőszén keletkezésére nézve fennálló bizonytalanságra jellemző, hogy egyesek szerint a kőszénnek „*a plánták országából vették volna*

eredetüket” (135). Az angol Milles szerint viszont „a fa-szén nem a plánták, hanem a minerálek országából való” (136).

Érdekes a szaknyelv szempontjából, hogy a könyvben csak egy helyen fordul elő az *ásvány* szó, a fosszilis fákkal kapcsolatban, a következőképpen: „*ásvány*” (450, lábjegyzetben). A 2. kiadásban már ezt is kicserélte a *kőszén* szóra. Az eredetiben: *lignum fossile*. Az ásvány szó a mai értelemben Zay Sámuel néhány évvel azelőtt, 1791-ben megjelent mineralógiájával nyert polgárjogot a hazai szaknyelvben (Hála et al. 1998).

VII. A teremtő jósága és bölcsessége sok tartományok tulajdonságaiban és fekvésében

Ebben a fejezetben, amely különben főleg biológiai példákat tartalmaz, találunk a földtani folyamatok és a létrejött képződmények értelmezésének bizonytalanságával kapcsolatban egy szép filozofikus hasonlatot: „*Csak úgy látszanak a Természet nyomai itt e földön, mint az utazók útja az ázsiai és afrikai homoktengerben, melyet a szél elvisz, sokszor látjuk az eszközt, nem értjük a véget, látjuk a következéseket, de okait nem magyarázhatjuk meg*” (209).

VIII. A természet gondoskodása a hideg tartományokról

Külön fejezet foglalkozik az északi területekkel, Izland, Grönland, „*Lappónia*” és Kamcsatka természeti viszonyaival. Szép jele annak, hogy a kor érdeklődése a villamosság jelenségei felé fordult, ahogy Nagy Sámuel az északi fényt magyarázza (220). Ez a rész az eredetiből teljesen hiányzik. Nagy Sámuel a 2. kiadásban jelentősen kiegészítette saját elméletét: „*gyenge elektrica világosság ... felette gyenge jégporocskák tulajdon dörzsöléseik által.*” Talán ez az első magyar geofizikai elmélet.

Sokat foglalkozik az északi vulkánokkal, pl. a Hekla által a tengerbe dobott, a vízben úszó könnyű bombákkal. Islandiában „*A föld belső része kénkövel, sálpéterrel, tűzkövel, vassal, földgyantával, s gagattal vagyon megtöltve ... meleg vizek is bőven van...*” (222).

IX. Semmi sem csekélység a természetben

Erre példának a látszólag értéktelen homok és agyag sokféle hasznát hozza fel. Részletesen foglalkozik pl. a holland tégláépítészet agyag-nyersanyagának kinyerésével. A homoknak és más kőzeteknek mint földalatti víztartó rétegeknek a szerepével kapcsolatban a rétegvizek ásványi anyagának eredetét is jól felismeri: „*Sokféle haszna vagyon annak, hogy az agyag, főveny, mész, kréta, hasadó-kövek, érc, só, kő-szén és más föld nemek váltják fel egymást; mert az által a víz rész szerint megtartóztatik annyira, hogy felettébb széjjel nem oszolhat, sem pedig mélyen a föld gyomrába bé nem hathat; rész szerint pedig ezen az úton sok hathatós, és orvos erejű érc, só részekkel elegyedik össze, s készít ez által egészséges kutakat és forrásokat*” (307-313).

Felismeri, hogy a tenger alatti élővilág és természeti viszonyok még számtalan csodát tartogatnak a kutatók számára, „*ahol minden kövön szemlélheted a természet mind a három országát*” ... *Ki fogja először ezt a nagy részt olvasni a természet könyvében, amely még most mireánk nézve pecsét alatt vagyon?*” (318). Ugyanígy még a föld mélye is sok felfedeznivalót tartogat, de ezzel együtt Istent is jobban megismerjük: A földnek „*még csak a héját is alig törtük fel.*” ... „*Minden vizsgálódásunk után nagyobb és imádásra méltóbb az Isten!*” (453)

Működése a Jénai Ásványtani Társaságban

Éppen Nagy Sámuel Jénába való megérkezésének évében, 1797-ben alakult meg ott a Mineralógiai Társaság. Ennek három magyar alapító tagja között volt ő is, sőt Bredeczky Sámuel után a társaság magyar titkára lett (Szinnyei 1903). Nagy Sámuel mint titkár nevét ott találjuk pl. a Zay Sámuelnek küldött, a levelező taggá való kinevezést hírül adó oklevélen, amely Jénában, 1798. június 2-án kelt (Hála J. 1996 nyomán: Viczián 1998, Hála et al. 1998).

Jénában Nagy Sámuel előadást is tartott a társaság 1799. január 13-i ülésén „*Magyarország kémiai-mineralógiai története*” címmel (Gurka 2013). Sajnos az előadás szövege nem maradt fenn. Az előadóülés jegyzőkönyve megjelent a társaság folyóiratának 1. kötetében (Schwabe 1802). Ez volt a társaság első nyilvános ülése, amelyet a megalakulás egyéves évfordulóján a hercegi palota egyik termében tartottak. Ezen az igazgató, Lenz professzor után rögtön Nagy Sámuel következett. Az ülésen összesen 8 előadás hangzott el. A magyar résztvevők jelentőségét mutatja, hogy ezeknek pontosan a fele, 4 előadás magyar szerzőtől hangzott el.

Összefoglalás

Nagy Sámuel lefordította, és átdolgozta Heinrich Sander természeti-teológiai könyvét (megjelent 1794-ben). Néhány évi jénai tartózkodása alatt (1797-1799) a mineralógiai társaságban alapító tag, majd titkár lett, előadást is tartott. Későbbi ásványtani tevékenységéről nem tudunk, de ezzel a néhány évi szereplésével kiérdemelte, hogy számon tartsuk a kor úttörő magyar mineralógusai között.

Irodalom

- Alapi Gy. 1911: Komárom vármegye nemes családai. Komárom. 308 p.
- Fényes E. 1851: Magyarország geographiai szótára. Kozma Vazul, Pest. 350 p.
- Fürst A. 1900: Gessner Salamon hazánkban. Irodalomtörténeti Közlemények 10. 177-193.
- Gurka D. 2013: Magyar schellingianusok előadásai a jénai Ásványtani Társaság ülésein. In Gurka D. (szerk.): Formációk és metamorfózisok. A geológia, a filozófia és az irodalom kölcsönhatásai a 18-19. században. Gondolat Kiadó, Budapest. 138-158.
- Hála J., Németh T., Terbócs A. 1998: Zay Sámuel élete és munkássága. Földtani Közlöny 128. 4. 629-646.
- Schwabe, J. F. H. 1802: Auszüge aus dem Protocoll der Societät für die gesammte Mineralogie zu Jena. In Lenz, J. G., Schwabe, J. F. H. (Hrg.): Annalen der Societät für die gesammte Mineralogie zu Jena. 1. Jena und Leipzig, Ch. E. Gabler. 377-391.
- Sander, H. 1778: Von der Güte und Weisheit Gottes in der Natur. Schmieder, Carlsruhe. 526 p.
- Sander, H. 1794: Az Istennek jósága és böltsessége a' természetben. Sander Henrik után. Wéber Simon Péter költségével és betűivel, Pozson és Komárom. Fordította: N. S. [Nagy Sámuel]. XXXIV+507 p.
- Sander, H. 1798: Istennek jósága és böltsessége a' természetben. Sander Henrik után. 2. javított és bővített kiadás. Wéber Simon Péter költségével és betűivel, Pozson. Fordította: Nagy Sámuel. XXX+524 p.
- Szilágyi F. 1981: Csokonai művei nyomában. Tanulmányok. Akadémiai Kiadó, Budapest. 743 p.
- Szilágyi F. 1981a: Nagy Sámuel Sander-fordításának versbetétjei. In Szilágyi F.: Csokonai művei nyomában. Tanulmányok. Akadémiai Kiadó, Budapest. 132-154.
- Szilágyi F. 1981b: Puky István, Nagy Sámuel, Csokonai. Csokonainak és baráti körének ismeretlen levelei. In Szilágyi F.: Csokonai művei nyomában. Tanulmányok. Akadémiai Kiadó, Budapest. 267-285.
- Szilágyi F. 1986: Nagy Sámuel ismeretlen fordításai Gessnerből s egy radikális társadalombíráló műből (Csokonai baráti s eszmei kapcsolataihoz). Irodalomtörténet 68. 514-523.
- Szilágyi F. 1998: Fiziko-teológia a XVIII. századi hazai irodalomban. In Jankovics J. et al. (szerk.): A magyar művelődés és a kereszténység, II. 794-803. IV. Nemzetközi Hungarológiai kongresszus, Róma-Nápoly, 1996. Nemzetközi Magyar Filológiai Társaság – Scriptum Rt., Budapest – Szeged.
- Szinnyei J. 1903: Magyar írók élete és munkái. 9. kötet. Hornyánszky Viktor, Budapest.
- Szinnyei J. 1905: Magyar írók élete és munkái. 10. kötet. Hornyánszky Viktor, Budapest.
- Torma K. 1867: Gróf Bethlen Elek úti naplója. 1795-1797. Kolozsvári Nagy Naptár 1867, 79-101.
- Váczy J. 1890-1911: Kazinczy Ferenc levelezése. 1-21. kötet. Nagy Sámuel Kazinczynak, Debreczen, 1794. február 15. 2. kötet. 331-336.
- Viczián I. 1998: Teleki Domokos elnöksége a jénai Ásványtani Társulatban – a korabeli levelezés tükrében. Múzeumi Füzetek. Az Erdélyi Múzeum-Egyesület Természettudományi és Matematikai Szakosztályának Közleményei. Új sorozat 7, 3-19.
- Viczián I. 2012: Az ásványtan iránti érdeklődés a németországi egyetemeken tanuló erdélyi diákok között a 18. század végén. In Gudor B., Kurucz Gy., Sepsi E. (szerk.): Egyház, társadalom és művelődés Bod Péter (1712-1769) korában. Károli Gáspár Református Egyetem, L'Harmattan Kiadó, Budapest. 108-121.

EXPEDITIÓ A MÁTRÁBA – SZABÓ JÓZSEF 1869 AZ ÁGASVÁRI-BARLANG VAGY CSÖRGŐ-LYUK ÉS KÖRNYÉKÉNEK ELSŐ FÖLDTANI SZEMLÉLETŰ FELTÁRÁSA ÉS KÉPI ÁBRÁZOLÁSA

EXPEDITION TO THE MÁTRA MOUNTAINS (HUNGARY) – JÓZSEF SZABÓ 1869

Síkhegyi Ferenc¹, Székely Kinga

¹TIMÓ Kutató és Kivitelező Bt
timobete@gmail.com

Abstract

Csörgő (Rattling) hole, previously known as Ágasvár cave, is the longest non-karstic cave of Hungary. Due to seismotectonic movements boulders broke apart, shifted, piled up on one another and interlocked. The first geological exploration of its passages was led by József Szabó in 1869. The record written during the expedition and the watercolour paintings of Lajos Thanhoffer, doctor of medicine, are valuable documentations of the history of science.

Keywords Mátra Mts., cave, József Szabó, Thanhoffer

Kulcsszavak: Mátra, barlang, Szabó József, Thanhoffer

A 2000-es évek elején néhány olyan Mátra környéki akvarell került antikváriumi forgalomba, amik címüknél és az ábrázolásuk szakszerűségénél fogva arra utaltak, hogy földtani tudománytörténeti jelentőségűek. Utalnak Szabó József egyetemi professzor nevére, alkotójuk pedig a későbbiekben nagy hírű sejtanatómus és sejtidiagnosztá, Thanhoffer Lajos volt. E két, neves, de teljesen eltérő szakterületet művelő ember összekapcsolódása a művészi kivitelű akvarelleken mindenképpen különös, és magyarázatot érdemel.

Az expedícióra az írott szakirodalomban az első utalás a Földtani Közlöny egy 1870-es, szaküléseket ismertető cikkéből került elő [Szabó 1871]. Ebben Szabó József egyetemi tanár megismertette az ágasvári barlangot, aminek megvizsgálására 1869 májusában „egy nagyobb expedíciót rendezett”.

A Magyar Orvosok és Természetvizsgálók Társaságának 1868-ban megtartott vándorgyűlésén jutott Szabó József tudomására, hogy a Mátrában egy barlang található a vulkáni hegységben. A gyűlés zárása után rövid kirándulást tett a barlang szájához, s ez alapján kezdeményezte egy részletes expedíció szervezését a következő évre.

1869 májusára összeállított kutatócsoportjának célja a Mátra vulkáni képződményeinek a kutatására irányult, amiben a Csörgő-lyuk részletes vulkanológiai és genetikai vizsgálatára is kitért. Számos, a korabeli tudományos közélet tekintélyes szereplőjét nyerte meg magának. Közöttük volt Winkler Benő földtani társulati első titkár, aki 1871–1899 között az ásványtan, geológia és paleontológia tanszékvezető professzora volt a selmecbányai akadémiának; Themák Ede a tanársegédje, (id.) Rybár István természetrajz szakos egyetemi hallgató, későbbi főiskolai természetrajzos tanár, Rybár István geofizikus apja. Az út képi dokumentálására pedig Thanhoffer Lajos orvost (Nyírbátor, 1843. november 23–Budapest, 1909. március 22.) kérte fel. Csatlakozott hozzájuk néhány helybéli lakos is, akik segítségére az út során támaszkodhattak.

Napjainkban, amikor akár Debrecenből, akár Budapestről legfeljebb három óra alatt elérhető a Mátra legelrejtettebb zuga, feltűnő, hogy másfél évszázaddal ezelőtt szinte ugyanolyan földtani expedíciót szerveztek, mintha valami ismeretlen és távoli országba utaznának. A terepbejárásokat az adott korban valóban expedíciós körülmények között tették meg. Sem autoutak, sem terepen könnyen mozgatható fényképező berendezések, de elektromos fényforrások és egyéb, barlangi közlekedést, dokumentálást segítő eszközeik sem voltak.

Az expedíció során végiglátogatott helyekről Szabó József készített jegyzőkönyvet, amit napjainkban a Földtani Intézet tudománytörténeti gyűjteménye őriz. A terep fényképes dokumentálásának nehézkes és kezdetleges volta helyett a helyszínek rajzi ábrázolását Thanhoffer Lajos orvosdoktor végezte. Az ott elkészült, földtani-geomorfológiai szemléletet tükröző akvarellek közül ötről van jelenleg tudomásunk. Művészi kivitelük mellett, amik a fotográfia megjelenése előtti útirajzok – veduták – jellemzője volt, valóban tökéletesen adják vissza egyes feltárások földtani felépítését, és a sajátos morfológiai bélyegeket. A 223x270 mm nagyságú, kartonra applikált képek egyike az Ágas-vár és a Csörgő-lyuk egymáshoz való viszonyát, a barlang hossz-szelvényét ábrázolja (1a. és 1b. ábra), kettő a Bányai-völgyet és barnaszéntelepének felszíni kibúvását (2a. és 2b. ábra), további kettő a barlang bejáratát (3. ábra) és Hasznos várát (4. ábra) mutatja.



1a. és 1b. ábra. A Csörgő-lyuk Szabó 1890-es cikkében és Thanhoffer L. eredeti akvarellje

Figure 1a and 1.b The cave of Csörgő-lyuk at original publication of J. Szabó(1890) and the original watercolour of L. Thanhoffer

Szabónak a barlang feltárására fordított különös figyelmének oka annak előfordulási helyében és genetikájában rejlik. A Csörgő-lyuk vagy, ahogy régebben hívták, az Ágasvári-barlang (Remete-barlang) a Magas-Mátra ÉNY-i szélén emelkedő Ágasvár D-i oldalában, a Vándor-forrás felett, 540 m tengerszint feletti magasságban nyílik. Ez a különleges barlangi alakulat 428 m-es hosszával, 30 m-es függőleges kiterjedésével Magyarország leghosszabb nem karsztos eredetű barlangja.



2a. és 2b. ábra. A Bátorlyuk völgy és az ott kibúvó széntelepes rétegek

Figure 2a and 2b The Bátorlyuk valley and the outcrops of the coal bearing sediments

A barlang keletkezését már Szabó József megfigyelte és leírta. Eszerint a tektonikus barlang kialakulása a mintegy 50 m vastag riódacittufa rétegben, a korábban lezajlott tektonikai mozgások eredményeként feldarabolódott, megbillent, folyamatosan csúszó, leomló, egymásra torlódó kőzetblokkoknak köszönhető. Ellentétben a karbonátos üledékekben kioldódással keletkezett karsztos barlangokkal, tisztán a támasztékát vesztett vulkáni képződmények repedései és hasadécai képezik a járatokat. A több kisebb teremből, hosszabb-rövidebb, általában szűk folyosókból és aknákból álló, bonyolult térszerkezetet alkotó rendszer járatainak többsége az ÉK-DNY irányú csapásvonallal párhuzamos, miután az őt létrehozó kőzettömbök az átlagosan 20°-os lejtőn DK felé csúsznak. A világosszürke, szemcsés, helyenként mállékony, esetenként jellegzetes formát (Hajóorr) alkotó tufatömbök felületeiről hiányoznak utólagos bekérgeződések és ásványkiválások. A barlangbelsőben található, Szuperkockának nevezett, különálló, szabályos, 8 m élhosszúságú tömb kialakulását a sajtó (tévesen) parajelenségekkel magyarázza. A barlang mélyzónájában, közel 30 m mélységben egy állandó vízű, Vidróczkiról elnevezett forrás és a Denevér-teremben egy időszakos tó található. A forrásnak a fal repedéséből szivárgó vize a törmelékben eltűnve, a 180 m távolságra és 8 m-rel

alacsonyabban fekvő Vándor-forrásban lát napvilágot, nagy hozam esetén pedig a Denevértérmet időszakos tavát is táplálja.

Bejárata régóta ismert, de ki lehetett az első, aki a mélybe leereszkedett, nem tudjuk. A legenda szerint a felszín alatti járatok kapcsolatban voltak a hegytetőn egykoron állt, a Tari család XIII–XIV. századi várával, annak kazamatájaként használták. Arról is regéltek, hogy a Mátra híres betyárja, a lobogós ujjú inget, bő gatyát viselő Vidróczki Márton (1837–1873) a barlang forrásánál itatta lovát és a tóra csónakot ácsoltatott. Erre utalhat a bejáratot ábrázoló képen az előtte ülő alak (3. ábra). A XX. század elején itt talált két évig tartó visszavonultságához nyugalmat adó helyet Némethi Kálmán őstörténész.



3. ábra. A Csörgő-lyuk bejárata

Figure 3. Entrance to the cave

A Szabó József kutatásai utáni több mint 80 évben a barlang tudományos igényű feltárásáról nincs tudomásunk. Előbb Leél-Össy Sándor (geográfus, 1924–1998), (Leél-Össy 1952), majd Székely András (geográfus, 1925–1997), (Székely 1953) foglalkozott az akkor már 139 m hosszban ismert rendszerrel. Pontos felmérését Kárpát József a Barlangtani Intézet munkatársa kezdte meg 1982-ben, melynek eredményeként az elkészült térkép már 230 m járatot ábrázolt. A Salgótarjáni Hegymászó Club Barlangász szekciójának Buda László és Manga Mihály vezetésével végzett feltáró kutatása nyomán a barlang hossza 1983–88 között 150 méterrel növekedett (Manga 1990). A járatok mai napig érvényes felmérése a Vulkánszpeleológiai Kollektíva és Eszterhás István vezetésével 1990-ben történt meg (Eszterhás 2003).

Az akvarellek előkerüléséig a barlangról csak annak elnagyolt hossz-szelvénye volt ismert (1a. ábra) Szabó ismertető cikkéből (Szabó 1890), rajzolójának feltüntetése nélkül. Az akvarellek Thanhoffer Lajos sokoldalúságának nagyon szép példái, aki már akkoriban hírnevet szerzett magának több természet-tudományos témájú könyv illusztrátoraként (Böke 1868, Mihalkovics 1868), továbbá a darwini evolúciós elméletet hazánkban terjesztő, Margó T. által kiadott egyik első könyv képeinek rajzolójaként (Margó 1869). Nyilván ez indította Szabót, hogy dokumentáló szakembernek őt hívja meg csoportjába.



4. ábra. Hasznos vára

Figure 4. The castle of Hasznos

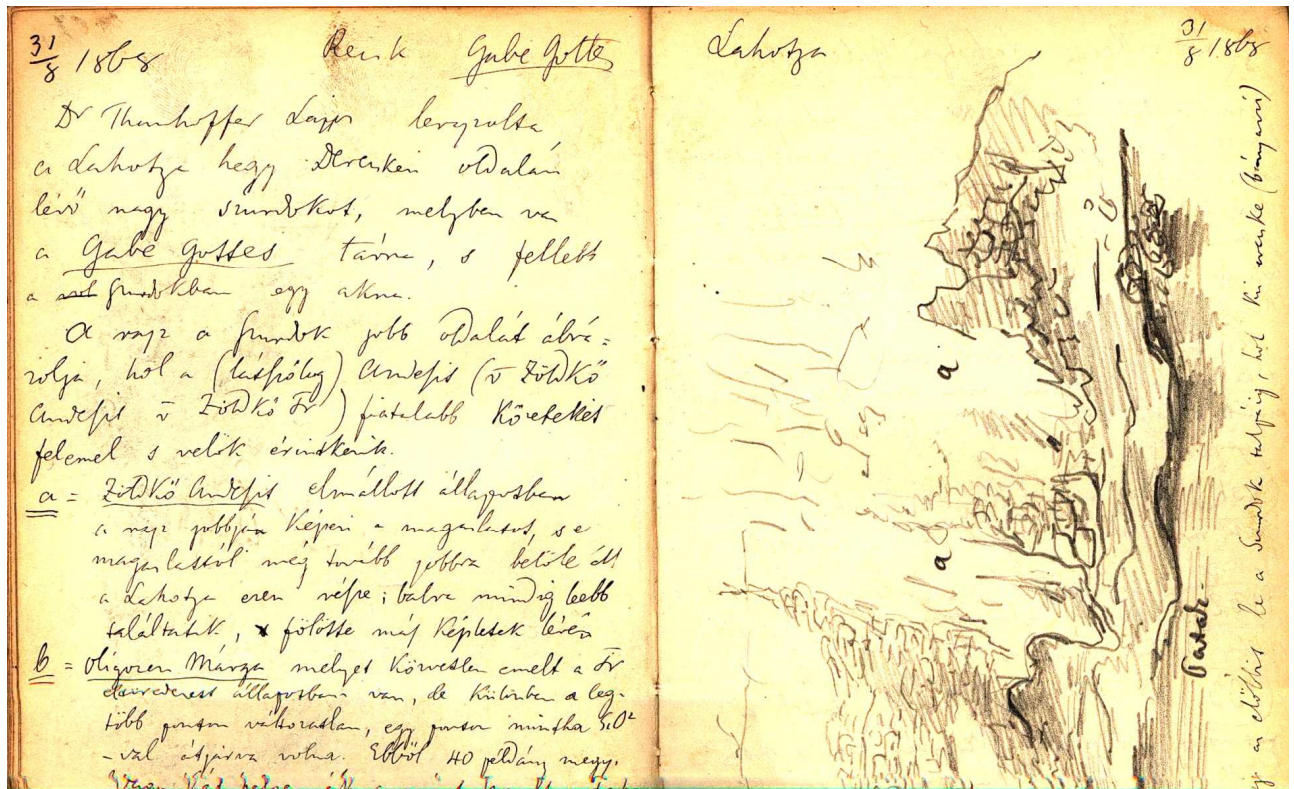
Thanhoffer Lajos tudományos pályája az orvosi képzettsége miatt természetszerűen elvált a későbbiekben Szabó Józsefétől, és inkább csak a Királyi Természettudományi Társulatban meglévő tagságuk kapcsolta őket össze. Munkái főként a mikroszkópia sejtdiagnosztikai módszertanának kidolgozására irányultak, és nem kizárt, hogy ebben Szabó József köztmikroszkópiái példái adták a kezdeményező lökést.

Saját szakmájában rendkívül elismert anatómusként a szövettan és bonctan tanára, amit előbb az állatorvosi akadémián oktatott, majd 1890-ben visszatért a humán orvostudományba. A Lenhossék József halálával megüresedett II. anatómiai tanszék nyilvános rendes tanárává nevezték ki, ahol kiterjesztette a korábbi kutatásokban bevezetett módszereit. Akadémiai levelező tagságot ért el 1880-ban, majd rendes tagságot 1891-ben.

Remek rajzkészségét és lényegét meglátó természettudományos szemléletét nem csupán mások tudományos kiadványainak illusztrátoraként igazolta. Ezekon túlmenően a saját munkáinak ábráit is maga készítette (Thanhoffer 1875, 1883), de megjelenik a Természettudományi Társulat Közlönyében ásványok

mikroszkópiai képének alkotójaként (Szabó 1879). Jelentősebb képzőművészeti munkájaként egy 1883-ban készült, nagyméretű (788 mm*946 mm), tájat ábrázoló olajképe ismert.

A fennmaradt 5 mátrai akvarell az orvostudomány és a földtudományok közötti ritka együttműködés példája, mindkét tudományterület tudománytörténetének kiemelkedő és egyedi emléke. Szabó helyenként kormos, helyenként fagyúfoltos jegyzőkönyvi bejegyzései alapján akár újabb lapokkal bővíthet az ismert akvarellek köre (5. ábra).



5. ábra. A Szabó J. jegyzőkönyvének recski lapja Thanhoffer L. rajzával

Figure 5. Page of Szabó's notebook of village Recsk with an illustration of L. Thanhoffer

Irodalom

- Bőke Gy. 1868: A fülgyógyászat tankönyve tanulók és orvosok számára. Magyar Orvosi Könyvkiadó Társulat Könyvtára VIII. Budán, 312 p.
- Eszterhás I. 2003: Csörgő-lyuk. – In.: Székely Kinga: Magyarország fokozottan védett barlangjai, Mezőgazda Kiadó, p. 229-231.
- Leél-Óssy S. 1952: Adatok az ágasvári Csörgőlyuk-barlang eredetéhez. – Földrajzi Értesítő, I. évf. 4. f. p. 710-711.
- Manga M. 1990: Csörgő-lyuk. – Föld és Ég, p. 116-118.
- Margó T. 1869: Darwin és az állatvilág. Természettudományi Közlöny klny. 44 p. + 3 tábla
- Mihalkovics G. 1868: Sebészeti köttan. Pest, Emich Gusztáv nyomdája, 148 p.
- Szabó J. 1871: Az Ágasvári barlang a Mátrában. – Földtani Közlöny, I. évf. p. 11-12.
- Szabó J. 1878: A gránát és (dichroit) szereplése a magyarországi trachitokban.
- Szabó J. 1890: Az Ágasvári trachit-barlang a Mátrában. Turisták lapja, II. évf., 217-224.
- Székely A. 1953: Az ágasvári Csörgőlyuk barlang. – Földrajzi Értesítő, II. évf. 1. f. p. 114-124.
- Thanhoffer L. 1875: Adatok a szem porczhártyája szövet- és élettanához. A M. Tud. Akadémia Évkönyvei XIV. 48 p. + 12 tábla
- Thanhoffer L. 1883: Az összehasonlító élet- és szövettan alapvonalai. Földművelési, Ipar- és kereskedelmi Miniszterium kiadása, Budapest, 668 p.
- Thanhoffer L. 1893: Újabb vizsgálatok az izmok szerkezetéről (akadémiai székfoglaló). Értesítő a Természettudományok Köréből XXII. 7. 41 p.

A MAGYARORSZÁGI FÖLDTUDOMÁNYOK MŰVELŐINEK EMLÉKHELYEI, EMLÉKHELY NYOMAI ÉS ÁPOLÁSUK

A FEW THOUGHTS ABOUT THE MAINTENANCE OF THE EARTH SCIENCE RELATED NATURAL
MONUMENTS AND MEMORY SITES OF THE HUNGARIAN EARTH SCIENTISTS

Hevesi Attila

Miskolci Egyetem
ecoheves@uni-miskolc.hu

Abstract

The results of the work of the Hungarian Earth Scientist from the 16th century have had a significant contribution to the development of the Earth Science discipline world-wide. Lázár Deák (XVI century), Johannes Honterus (1498-1549), Loránd Eötvös (1848-1919) and Jenő Cholnoky (1870-1951) were internationally reputed representatives of the Hungarian Earth Science community. Taking good care of their memories and memory sites is important to provide information to science history, to raise attention to their personality and scientific achievements, and to increase our national self-esteem.

Keywords: Earth Sciences, science history, memory sites, scientific and professional consciousness, national self-esteem

Kulcsszavak: földtudományok, tudománytörténet, emlékhelyek, szakmai öntudat, nemzeti öntudat

Van néhány viszonylag ismert: id. Lóczy Lajos (1849-1920) sírja a balatonföldvidéki Arácson vagy Kőrösi Csoma Sándoré (1784-1842) Darjeelingben a Hímalája D-i tövében. S még néhányat sorolhatnánk. Születési vagy nyughelyén, iskoláinak, munka- vagy lakhelyének falán. S ez nemcsak a földtudományok mai, jövőbeli művelői számára is fontos. Akár egyszerű emléktábla felhívhatja figyelmét az arra járónak, hogy jé(!) itt született vagy dolgozott Eötvös Loránd (1848-1919), Szabó József (1822-1894), Kessler Hubert (1907-1994), Kitaibel Pál (1757-1817), Szádeczky-Kardoss Elemér (1903-1984), Bél Mátyás (1684-1749) vagy Katona Mihály (1764-1822). Persze nem mindenki olvassa el a tábla szövegét. De aki igen, esetleg utánanéző, kire is emlékeztet? S ilyen nevezetes földtudós élt itt az utcánkban, falunkban, kerületünkben? Esetleg Ő is abba az iskolába járt, ahová később én?

Az ilyen gondolat-ébresztés, rangos földtudósok megismertetése, megismerése is fékezheti az általános eligénytelenedést (= globalizáció). Igaz, mint minden tudomány szakfolyóiratában többnyire megemlékeznek, méltatással, egy-egy jelesének születése-halála évfordulójáról. De azokat csak szakemberek forgatják. A kívülálló nem tudja „hol lakott itt” Cholnoky Jenő (1870-1950) vagy Reguly Antal (1819-1858).... Talán Orbán Balázsról (1829-1890), Fényes Elekről (1807-1876) se. Pedig, ha tudná s kicsit „megismerkedne” vele, büszkébb lehetne, s másnak is elmondhatná.

Saját szakmánknak – amelyből, többé-kevésbé megélünk-megéltünk – tartozunk elődeink emlékeinek ápolásával. S közülük nem egynek nevét is alig hallottuk, s munkásságukat – kevés kivétellel – csak részben ismerjük. Pedig szinte mindjüktől tanulhatunk szakma- és hazaszeretetet, igényességet; tanulmányaik, rajzaik, könyveik java bármely tudós nemzetnél megállná-megállja helyét. Nemcsak múzeumokban, könyvtárakban, gyűjteményekben köll őriznünk Őket. A hazai földtudományok művelői: magyarok, szászok, cipszerek, tótok, magukénak mondott magyarok; magyarok magukénak mondott tótok, a XVI. század óta gazdagították latinul, magyarul, németül vagy éppen két nyelven Európa földtudományát. Csak néhány példát: Lázár Deák (16.század), Johannes Honterus (1498-1549), Frölich Dávid (1595-1648), Apáczai Csere János (1625-1659), Bél Mátyás, Mikoviny Sámuel (1698-1750), Born Ignác (1742-1791), Hell Miksa (1720-1792), Kászonújfalvi Szabó János (1767-1858), Mitterpacher Lajos (1734-1814), Vass Imre (1795-1863), Schwartner Márton (1759-1823), Korabinszky János Mátyás (1740-1811), Herman Ottó (1835-1914), Eötvös Loránd (1848-1919), Nopcsa Ferenc (1877-1933).

Tudós felfedezőink közül elég, ha Benyovszky Móric (1746-1786), Kőrösi Csoma Sándor (1784-1842), Reguly Antal (1819-1858), Magyar László (1818-1864), Xántus János (1825-1894), Déchy Mór (1851-1917), Bíró Lajos (1856-1931) nevét említem.

Ők és műveik nemcsak múzeumokba valók; a gyűjtemények föladata munkásságuk megőrzése, szakszerű, igényes bemutatása. Nekünk pedig kötelességünk tanítani róluk, válogatva ajánlani írásaikból tanítványainknak, életútjukat és pályájukat tovább kutatni, mert többségük életében és életművében bizonyára találunk még néhány méltatlanul észre nem vett, sőt ismeretlen fejezetet. És nem csak itt, a Maradék-Magyarországon, hanem – legalább kétnyelvűen – a szomszédos országokban is.

Immár emlékmű hirdeti Szepsiben, hogy ott született Szepsi Csombor Márton (1594-1623), az első magyarnyelvű földrajzi útleírás szerzője, Bíró Lajos pedig a tasnádi református templomban kapott emléktáblát. Maradék magyarországi példaként említhetem, hogy a Magyar Földrajzi Társaság Borsodi Osztálya és Miskolc Önkormányzata 2000-ben emléktáblát készíttetett és helyezett el az egykori evangélikus algimnázium Kis-Hunyad utcai épületén, Hunfalvy Pál (1810-1891) nyelvész és Hunfalvy János (1820-1888), az első magyar egyetemi földrajzi tanszék megalapítója és vezetője, a földrajz külhonban is hírnevet szerzett tudósa tiszteletére. [Az épület azóta elhanyagolt állapotban van, annak ellenére, hogy a két Hunfalvyn kívül ott tanult Szemere Bertalan (1812-1869), Vásárhelyi István (1795-1846) és Herman Ottó (1835-1914) is. A tulajdonos Evangélikus Egyház és a város önkormányzata mindaddig semmit sem tett a további romlás megállításáért, holott ez a XVIII.sz. második feléből való műemléképület akár az ország második földrajzi múzeumának adhatna otthont.] Ugyancsak a Magyar Földrajzi Társaság Borsodi Osztálya kezdeményezésére a Miskolci Herman Ottó Múzeum emléktáblát készíttetett és helyezett el a múzeum papszeri épületén, amely egykor a város első gimnáziuma volt, és ott tanult Vályi András (1764-1801), aki három kötetben foglalta össze Magyarország földrajzát (1796-1799).

2013 novemberében, Rév-Komáromban, a Magyar Földrajzi Társaság, Elek László esperes-plébános „házigazda” együttműködésével, Gábris Gyula, a társaság elnöke magyar és tót nyelvű emléktáblát helyezett el Szent András egyháza altemplomában és Lolyolai Szent Ignác mellékoltárának falán Bertalanffi Pál (1706-1763), jezsuita paptanár, az első teljes, tudományos, magyarul írt földrajzkiadvány (A Világnak két rendbéli rövid ismerete, 1757) alkotója halálának 250.évfordulóján, a Szerző nyughelyén.

Elődeink emlékének méltó megőrzésére legutóbb Veszprémben láthattunk követendő példát, ahol Rybár Olivér a Cholnoky Jenő Általános Iskola fiatal földrajztanára kezdeményezte a város szülöttje és az iskola névadója szobrának fölállítását. Összefogva Veszprém város önkormányzatával 2014 június 14-én, rövid ünnepség keretében leplezték le jeles földrajztudósunk szobrát, Balás Eszter, Munkácsi-díjas művész alkotását.

A jó példa követendő!

ANGOL NYELVŰ FÖLDTUDOMÁNYI KÉPZÉSEK A MISKOLCI EGYETEMEN

EARTH SCIENCE-RELATED ENGLISH PROGRAMS AT THE UNIVERSITY OF MISKOLC

Mádai Ferenc

*Miskolci Egyetem, Ásványtani – Földtani Intézet
askmf@uni-miskolc.hu*

Abstract

English language engineering courses have been commenced in the Faculty of Earth Sciences and Engineering (Faculty of Mining Engineering until 2000) at the University of Miskolc nearly thirty years ago. As the start of this process, petroleum engineering courses were run during 1980s and 1990s and then until 2006 for students from Arabic countries. Another important step was in the internationalization of education of the Faculty when it joined the FEMP (Federation of Mining Programs), being involved in education of the EGEC program (European Geotechnical and Environmental Course) and from 2013 in the EMEC (European Mineral Engineering Course) program.

These steps were motivated also by the fact that the extractive industry is one of the most globalized industries of the world, therefore studying in an international environment can develop such specific competencies that would be useful at field conditions.

The English-based petroleum engineering education was re-commenced in 2012, in this time as a four-semester master course, receiving already in the first year a few foreign students as well.

2014 is an important year in the internationalization of the Faculty. From September, the previous joint programs (EGEC, EMEC) are replaced by joint master courses, where the students will study consecutively at three cooperating European universities. The main target of the FEMP with these new programs is to run world class level master courses in the field of mining, mineral engineering and mining-related environmental management.

In cooperation with the MOL Plc, founding documents of a new English-based petroleum geoscience engineering master program have been elaborated recently, which is planned to be commenced from September 2015.

Keywords: education in foreign language, earth science-related programs, internationalisation, University of Miskolc, Faculty of Earth Science and Engineering, EMMEP

Kulcsszavak: idegennyelvű képzés, földtudományi képzési programok, nemzetköziesítés, Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, EMMEP

Bevezetés

A Műszaki Földtudományi Kar egyik alapszakával – műszaki földtudományi alapszak – és több mesterszakkal egyedüli képzési lehetőséget nyújt az országban az ásványi nyersanyag kitermelő ipar teljes ciklusára mind szilárd ásványi nyersanyagok, mind szénhidrogének, valamint felszín alatti vízkészletek és geotermikus energia tekintetében. Ez az iparág a sajátosságainál fogva a legerősebben globalizáltak közé tartozik, ezért több szempontból is indokolt, hogy a Kar képzéseiben az angolul indított szakok erősödjenek. Az utóbbi évtizedben ezen a téren jelentős előrelépés történt úgy a saját szakok indításával, mint a nemzetközi közös képzési programokban való részvétellel.

Saját fejlesztésű képzési programok

A Kar az 1980-as és 90-es években már folytatott angol nyelvű olajmérnök képzést arab hallgatók részére, de a 2000-es években az érdeklődés megszűnése miatt ez abbamaradt. Viszont ebből következően a Kar kidolgozott képzési programmal, felkészült, angolul oktatni képes oktatókkal, tapasztalattal az idegennyelvi képzés terén már akkor is rendelkezett.

A mesterszakok indításakor, 2008-ban két mesterszakot – Földtudományi mérnöki, Hidrogeológus mérnöki – magyarul és angolul is akkreditáltattunk azzal a céllal, hogy a jövőben, igény esetén ezek is áttérhessenek az angol nyelvű képzésre.

A korábbi tapasztalatokra építve, e törekvésekkel összhangban került kidolgozásra 2011-ben az olajmérnöki mesterszak szakalapítási és szakindítási anyaga. Ezzel már kizárólag angol nyelvű képzést kívántunk indítani, modellként tekintve vezető amerikai egyetemek (Texas A&M, LSU, Texas Tech.) képzési programjait. Ezt a képzést a Karral szoros kapcsolatban álló ipari partnerek, elsősorban a MOL Nyrt. ösztönzésére és kifejezett kérésére indítottuk, ugyanis a MOL a saját magyar olajmérnökeiktől is a tökéletes angol nyelvű szakmai nyelvismeretet várja el. 2012. szeptemberben indult először az angol nyelvű olajmérnöki mesterképzés, melyre külföldi önköltséges hallgatók is jelentősebb számban jelentkeztek.

A 2013. novemberében a MOL Nyrt-vel megkötött stratégiai szerződés feladatként állította a Kar elé egy újabb angol nyelvű mesterszak alapítási és indítási anyagának kidolgozását a szénhidrogén kutatás

területére. Az új szak – Petroleum geoscience engineering – terveink szerint 2015. szeptemberében indul először. E mesterszak esetében négy pilléren álló képzési programot kívántunk kialakítani, mely közel azonos súllyal veszi figyelembe a szénhidrogén földtani és geofizikai, valamint a nyersanyag értékelési és szénhidrogén termelési ismereteket. A szak – a FEMP mesterszakokhoz hasonlóan (lásd később) – a harmadik félévben tartalmaz egy 8 kredites, csoportmunkában elvégzendő projekt feladatot, amely egy esettanulmányra alapozva integrálja az addig megszerzett ismereteket.

Nemzetközi közös képzési programok

A bányászati szakterületen Európában több olyan közös képzésben megvalósuló program működik, melyek alapvetően az ipar támogatásával jöhetnek létre. Ezek egyikében a Miskolci Egyetem is partner a Műszaki Földtudományi Kar részvételével. Ez a program az Európai Bányászati Képzési Programok Szövetsége (Federation of European Mining Programs – FEMP), mely 1996-ban alakult. A szövetség a világ vezető bányászati cégeinek támogatását élvezi, eddigi 18 éves története után 2014. szeptemberétől olyan önköltséges mesterképzések megvalósítását kezdi el, melyekhez támogatást kifejezetten az ipari partnerek nyújtanak.

A FEMP 1996-ban alakult meg, akkor három egyetem – Imperial College London, TU Delft, RWTH Aachen szövetségeként. A cél ezzel az együttműködéssel az volt, hogy megmentse ezeken az egyetemeken a rohamosan csökkenő létszámú és súlyú bányamérnöki programokat. A FEMP abban az évben European Mining Course (EMC) néven indított egyéves közös képzést, melyben a hallgatók mindhárom egyetemet érintve hallgattak összesen 60 kreditnyi tárgyat. A próba kurzus sikeres volt, és habár az Imperial College – leépítve a klasszikus bányamérnök képzési programját – ebből kiszállt, de bekapcsolódott két másik nemzetközi partner, a Camborne School of Mines (University of Exeter) és a Helsinki Műszaki Egyetem.

1998-ban az első, bányamérnök program mellé megjelent a nyersanyag-előkészítő program is (European Mineral Engineering Course – EMEC), új partnerként bekapcsolva a Wroclawi Műszaki Egyetemet, mely a lengyel ércbányászat legfontosabb szakképző és kutató felsőoktatási háttérét jelenti. 2013 óta ebben a programban is részt vesz a Miskolci Egyetem.

A harmadik program 2003-ban kezdődött European Geotechnical and Environmental Course – EGEC néven, melynek fő területe a bányászott területeken felmerülő környezeti kockázatok kezelése. Ez kezdetben közép-kelet-európai egyetemeket integrált a FEMP-be (Miskolci Egyetem, Kassai Műszaki Egyetem, TU Wroclaw, TU Berlin), de néhány év után a program négy egyetem – TU Delft, TU Wroclaw, University of Exeter, Miskolci Egyetem egyéves közös képzésévé vált.

Egészen mostanáig mindhárom kurzus képzési koncepciója az volt, hogy a partner intézmények mesterszakos hallgatói az első évükben a négy egyetemen egy-egy negyedévet hallgatva végzik el az egyéves közös képzést, majd a második évben visszatérve a saját egyetemükre, ott fejezik be a saját mesterszakos képzésüket. A 2006-tól kialakult szerkezetben mindhárom képzésben a hallgatók egyaránt tanultak közép-kelet- és nyugat-európai egyetemeken.

1. táblázat. A FEMP program alprogramjai és résztvevő egyetemei

Table 1. Sub-programs and participating institutes in the FEMP

egyetem	EMC	EMEC	EGEC
TU Delft	☺		☺
RWTH Aachen	☺	☺ (2012-ig)	
Aalto University / TU Helsinki	☺	☺	
University of Exeter (Camborne School of Mines) (2013-ig)	☺	☺ (2012-ig)	☺
TU Wroclaw		☺	☺
Miskolci Egyetem		☺ (2013-tól)	☺

E program előnye egy hagyományos mesterszakhoz képest egyrészt az, hogy a hallgatók egy nemzetközi csoportban tanulnak egy évig, másrészt az, hogy mindezt négy különböző egyetemen egymás után tanulva teszik. Mivel a bányászat a sajátoságaiból következően az egyik legerősebben nemzetköziesedett iparág, ez a

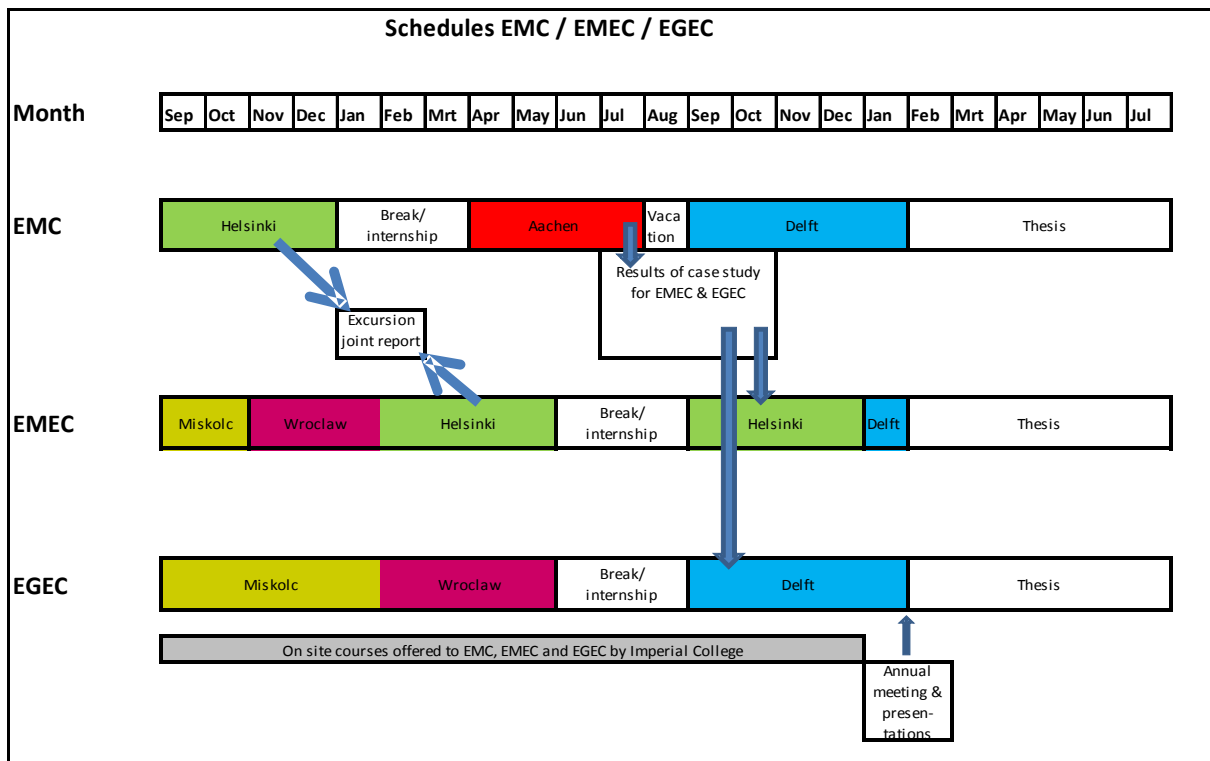
szerkezet – az angol szakmai nyelv elsajátítása mellett – olyan kompetenciákat fejleszt ki a hallgatókban, melyeket hagyományos mesterképzés során nem kaphatnak meg. Erre az előnyre hamar felfigyelt az ipar is, ezért a programot kiemelten erős ipari támogatás és figyelem kíséri. A támogatás döntő része a hallgatók szállásköltségét fedezi.

A FEMP 35 ipari partnere között a világ vezető nyersanyagkutató, bányászati, bányagépészeti cégei szerepelnek: Rio Tinto, Newmont, BHP Billiton, Anglo American, Boliden, Xtrata, Barrick Gold, RWE, Shell, Nyrstar, RWE, KGHM, RAG, Atlas Copco, Sandvik, Caterpillar, Outotec, SRK stb. 2003 óta egy évfolyam teljes létszáma a három kurzuson 50-60 fő, a képzésben eddig részt vett teljes FEMP-es hallgatói létszám közelíti a 700 főt.

A céges támogatás természetesen nem csak pénzügyi háttérrel jelent. A cégek közvetlenül juttatnak el a FEMP-hez ösztöndíj és szakmai gyakorlat felhívásokat, állásajánlatokat. A hallgatók mindhárom kurzus keretében több bányüzemet és céget látogatnak meg. Az EMC és az EMEC hallgatók az észak-skandináviai (finn, svéd) bányákat keresik fel, az EGECE-es hallgatók a lengyel és magyar bányákat, lelőhelyeket. A magyarországi EGECE-es program egyik – geotechnikai és környezetvédelmi szempontból egyaránt fontos – eseménye a bátaapáti radioaktív hulladéktároló megtekintése.

2008 - 2014 között egy eredményes Erasmus Mundus pályázat lehetővé tette, hogy a képzésbe Európán kívüli hallgatók is bekapcsolódjanak. Az Erasmus Mundus ösztöndíjas hallgatóknak két éves, 120 kredites mesterképzést kellett nyújtani. E hallgatók csatlakoztak a partner egyetemek által a programba küldött hallgatókhoz, majd a második képzési évükre választottak a közreműködő négy egyetem közül kettőt, ahol további 30 kreditnyi tárgyat hallgattak, illetve diplomamunkát írtak. Az Erasmus Mundus program keretében összesen mintegy 70 hallgató kapcsolódott a képzésekbe, főleg Ázsiából, Afrikából és Dél-Amerikából.

2011-ben, az Erasmus Mundus projekt kifutásának kezdetén kezdődött el a teljes FEMP program megreformálása, alapvetően az ipari partnerek igényére, akik a jövőben egy világszínvonalon versenyképes mesterképzést szeretnének támogatni. Az előkészítő munkák eredményeként 2014. szeptembertől a korábbi, már jól ismert elnevezésekkel – EMC, EMEC, EGECE -, de megújult tartalommal indulnak két éves mesterképzések, kurzusonként 3-3 egyetem részvételével. A hallgatók általában egy félévet töltenek egy egyetemen, az utolsó félévben pedig a három közül egyet választanak a diplomamunkájuk elkészítéséhez. A megújult konzorciumot 5 egyetem alkotja a következő felosztásban (1. ábra):



1. ábra. Az új FEMP képzési programok szerkezeti diagramja

Figure 1. Structure chart of the new FEMP master programs

Mindhárom kurzus magába foglal egy szakmai gyakorlatot, melynek megvalósításában a FEMP ipari partnerei vesznek részt. A finnországi tartózkodás alatt az EMC és az EMEC végigjárja a korábbi észak-skandináviai tanulmányutat, majd abból közös összefoglaló jelentést készítenek. Oktatási szempontból különösen fontos és újszerű megoldás, hogy a harmadik félév programja tartalmaz egy projekt feladatot, melynek kidolgozását a három kurzus hallgatói közösen végzik. A három féléves tanulmányi szakasz lezárásaként Delftben a három kurzus – mintegy záróvizsgaként – közösen mutatja be a projekt feladatok eredményeit. A negyedik félévben a hallgató egy egyetemet választ a diplomaterve elkészítéséhez a háromból, de a diplomaterv konzultációba a többi társegyetem oktatói is bekapcsolódnak.

Összefoglalás

A Műszaki Földtudományi Kar az utóbbi évtizedben jelentős lépéseket tett angol nyelvű képzési programok beindítására, lehetőséget teremtve ezzel arra is, hogy a Kar nemzetközi jelenlétét növelje az Európai Felsőoktatási Térségben. A Kar a 2013/14-es tanévben – a diplomaterv konzultációkat nem számítva – összesen 115 kreditnyi tantárgyat oktatott angolul, órarendbe illesztve. A MOL stratégiai szerződésben, illetve a FEMP konzorciumi szerződésben foglalt vállalásokra épülve a 2014/15-ös tanévben ez 160 kreditre fog nőni.

Ezek a programok lehetővé tették azt is, hogy sikeresen megjelenjünk olyan, a kormányzat által létrehozott ösztöndíj programokban, mint a Science Without Borders, vagy a Stipendium Hungaricum. Az előbbi keretében brazil hallgatók vesznek részt egyéves olajmérnöki, illetve bányászati-földtani részképzésen, míg az utóbbi keretében ezekre a területekre több fejlődő országból fogunk fogadni hallgatókat a következő tanévtől.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0005 jelű projekt részeként, a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ tevékenységének részeként az Új Széchenyi Terv keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

a hivatkozott képzési és ösztöndíj programok honlapjai:

<http://www.campushungary.org/study-in-hungary-menu/stipendium-hungaricum#.U7BzXJSKWS0>

<http://www.csfhungary.hu/>

<http://www.emmep.org>

<http://www.femp.org>

<http://www.oil.uni-miskolc.hu>

A GLOBE-PROGRAM FELHASZNÁLÁSA AZ OKTATÁSBAN

THE USE OF THE GLOBE PROGRAMME IN EDUCATION

Tóth Piroska

*Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium
toth.piroska.hu@gmail.com*

Abstract

The GLOBE (Global Learning and Observations to Benefit the Environment) Programme is an international environmental education program which Hungary joined in 1999. In our country high schools and through them elementary schools participate in the work. Weather, soil, biological and water quality measurements and observations are carried out, the data are shared online with the participants in 14 000 schools in more than 110 countries. These data can be used freely by anyone.

In school education, because of the measurement types, the geography, biology and chemistry subjects could benefit from the measurements. The topics are the following:

Geography:

Astronomy → examination of light pollution

Lithosphere → measurement of soil temperature, soil testing

Atmosphere → weather measurements and observations, measurements of aerosols

Hydrosphere → water quality measurements

Geographical zones → weather observations and measurements in other countries

Biology:

Morphology → green up and green down, and bird migration observation

Environment protection → weather, light pollution, water quality and aerosols measurements

Chemistry:

Solutions → water-quality measurements

In my teaching practice I have experienced that it is a significant motivational force for the students to use the data in the measurement of their own, or of their schoolmates or the students from other countries.

In my presentation I am going to show you through specific lesson plans how to use the measurements and observations.

Keywords: measurements, work with data, motivation

Kulcsszavak: mérés, adatfeldolgozás, motiválás

A GLOBE program

A GLOBE (Global Learning and Observations to Benefit the Environment) amerikai központú, nemzetközi környezettudományi és oktatási hálózat, melyhez hazánk is csatlakozott 1999 tavaszán. A tanárok által vezetett diákcsoportok környezetkutató tevékenységét természettudósok segítik. Különböző környezettudományi szakterületek közül választhatnak a program résztvevői. Figyelhetik az atmoszféra és a bioszféra jelenségeit, talajtani és vízminőségi méréseket végezhetnek. A mérési eredményeket ezután számítógépre vizik és az internet segítségével a GLOBE-központba továbbítják. A résztvevők egymás mérési eredményeihez is hozzáférhetnek, és összehasonlíthatják a világ más pontjain mért eredményeket. A program vonzereje abban rejlik, hogy megvalósítja a „Gondolkozz globálisan, cselekedj lokálisan!” elvet. Vagyis miközben a diákok méréseik révén közvetlen kapcsolatba kerülnek a természettel s fejlesztik számítógépes ismereteiket, tudatában vannak annak is, hogy egy világméretű hálózatnak a tagjaiként fontos szerepet játszanak a Föld tudományos megismerésében.

Méréseink

A Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium a kezdetektől aktívan részt vesz a magyarországi GLOBE-munkában. Az iskolai csoport létszáma általában húsz és harminc fő közötti, de volt már olyan tanév, amelyben megközelítette a százat. A jelentkezés önkéntes, és nem kötődik az osztályokhoz. Osztálykirándulásokon azonban egy-egy osztály is végez méréseket. Ha vannak vállalkozó kedvű diákok, 24 órás méréseket is végzünk.

A programban lehetséges mérések közül meteorológiai (aktuális, minimum-, maximumhőmérséklet, talajhőmérséklet; felhőtípus, borultság; csapadékmennyiség, pH) és vízkémiai (hőmérséklet, pH, oldott oxigén-tartalom, nitrit- és nitráttartalom, vezetőképesség) méréseket és megfigyeléseket végzünk.

A program bizonyos időszakonként mérési kampányt hirdet: GLOBE at Night, Student Climate Research Campaign. A kampány során minden résztvevő ugyanazokat a jellemzőket nagyjából egy időben méri, illetve figyeli meg. Iskolánk a fényszennyezést vizsgáló GLOBE at Night kampányban vesz részt.

Projekt munkákra is alakulnak csoportok, a Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium egy 6+7 tagú, a légköri aeroszolokkal és fenológiával foglalkozó csoport tagja volt 2011 novemberétől 2013 májusáig.

A mérések felhasználása a tanórákon

A mérések jellegéből adódóan a földrajz, a kémia és – kisebb mértékben – a biológia órákon használhatók fel az adatok.

A 9. évfolyamon természetföldrajzot tanítunk, elsősorban a levegőburok, a vízburok, a kőzetburok, a természetföldrajzi övezetesség és a tájékozódás a világegyetemben és a Földön témakörök feldolgozásánál használjuk saját korábbi méréseinket és a honlapról letöltött adatokat. A 10. évfolyamon a tanév végén a globális problémák témakör ad lehetőséget a programban végzett munka felhasználására.

Az űrkutatás szerepe a naprendszer megismerésében és a Távérzékelés és térinformatika című leckékben a csillagászati megfigyeléseket megnehezítő fényszennyezésről is beszélünk. A GLOBE at Night programban összegyűjtött adatokból a program honlapján az egész Földre vonatkozó térképet találunk, amelyekből megállapítható egy-egy terület fényszennyezettsége, illetve annak időbeli változása.

A talaj: a földrajzi burok összetett rendszere című leckében a talajhőmérsékletet befolyásoló körülményekről is tanulunk. Vizsgáljuk a hőmérséklet változását a mélységgel, a növényborítás és a hótakaró hatását.

A légkör anyaga és szerkezete, illetve A légkör jelentősége és védelme című leckékben a levegőben megtalálható folyékony és szilárd összetevőkről, az aeroszolok származásáról és hatásairól beszélünk. Sorra vesszük a légkör védelmét szolgáló társadalmi és egyéni lehetőségeket.

A levegő felmelegedése című leckében a hőmérséklet napi menetét rajzoljuk meg 24 órás mérés alapján. A feladat segíti az adatsorok és grafikus ábrázolásuk közötti kapcsolat erősítését, illetve a két megjelenítés közötti különbségekre is felhívja a figyelmet. Egyben az egyszeri adatsor esetlegességét is megmutatja az általánossal szemben. Az adatsorból napi átlaghőmérsékletet is számolunk, ami nyilvánvalóvá teszi az eltérést a napi maximum- és minimum-hőmérséklet átlagától.

A felhő és csapadékképződés című leckében beszélünk az aeroszolok szerepéről, a csapadék halmazállapotáról, a csapadékmennyiség méréséről. Saját méréseinket összehasonlítjuk az Alsó-Tiszavidéki Vízügyi Igazgatóság honlapján (www.ativizig.hu) megtalálható adatokkal. A napi mérések eltérése miatt (a GLOBE programban déltől dél felé, a vízügyi igazgatóságnál éjféltől éjfélig tart a 24 óra), inkább a havi adatokat használjuk. Az aktuális adatokat a korábbi mérésekkel és a sokéves átlagokkal is összevetjük.

A légkör jelentősége és védelme című leckében a különböző szennyezőanyagokról, azok származásáról, a légköri aeroszol eredetéről, mennyiségéről beszélünk. Áttekintjük, hogy mit tehetünk egyénenként vagy a társadalom tagjaiként a levegő minőségének védelmében.

A felszín alatti vizek, A felszíni vizek és a Gazdálkodás a vizekkel című leckékben a természetes vizek oldottanyag-tartalma, a vizek tisztasága, a szennyezőforrások és a vizek védelme kerül szóba. Az iskola épületétől nem messze folyó Dongéri-csatorna és a Sóstó vizének minőségét több időpontban is megvizsgáljuk, és az adatokat összehasonlítjuk egymással, a vízminőségi szabvánnyal, és megpróbáljuk összekapcsolni az időjárási eseményekkel, emberi tevékenységgel (például: csapadékmennyiség, utcákról eltakarított hó lerakása és olvadása, szennyvízbevezetés).

A természetföldrajzi övezetesség egész témája kapcsolható a GLOBE-mérésekhez. Mivel (az Antarktisz kivételével) minden kontinensen vannak GLOBE-iskolák, az egyes éghajlatok klímadiagramja összehasonlítható az iskolák mérési adataival. A program 15 éve már arra is lehetőséget ad, hogy az egyes években megfigyelhető eltéréseket is vizsgáljuk.

A kémia tananyagban is a 9. évfolyamon vannak olyan témák, amelyekhez a GLOBE mérései kapcsolhatók.

Az anyagi halmazok témakörén belül a Kolloidkémiai alapfogalmak című leckében a különböző anyagi rendszerek között levegőben, mint közegben előforduló eloszlott anyagok között megjelennek a szennyező gázok, az aeroszolok, az eső és a hó, a por és a füst. Ezek közül a csapadék mennyiségét és minőségét (pH), és az aeroszolok mennyiségét mérjük a GLOBE program keretében.

Az oldatok és az Oldatok töménységének megadása című leckékben a vízben oldódó anyagokkal, az oldott anyag mennyiségének meghatározásával foglalkozunk. Beszélünk a különböző mérési módszerekről (minőségi és mennyiségi meghatározás), a természetes vizek és az ivóvíz minőségi paramétereiről. Itt nyílik lehetőség arra is, hogy a GLOBE programban nem aktív diákok is elvégezzenek néhány mérést.

Biológiából elsősorban a 12. évfolyam tananyaga nyújt lehetőséget a megfigyelések értelmezésére.

Sajnos, A biomok mint életközösségek és a Társulások Magyarországon témakörök emelt szintű tananyag, ezért alapórán rendkívül röviden beszélhetünk csak arról, hogy a természetes élővilág hogyan változik a környezeti tényezők és az emberi tevékenység hatására. Az emelt szintű foglalkozásokon (faktos órák)

azonban lehetőség nyílik az iskolák által végzett fenológiai vizsgálatok elemzésére. Egyrészt az iskolák egy kódrendszer alapján osztályozzák a környezetük természetes és mesterséges életközösségeit, másrészt a tavaszi rügyfakadás és az őszi lombszíneződés megfigyelésével kapcsolatot teremtenek az időjárás és az élővilág változásai között.

A GLOBE programban végzett összes mérés, megfigyelés felhasználására, és erős tantárgyi és tantárgyközi koncentrációra biztosít lehetőséget A bioszféra jelene és jövője témakör és a Környezetvédelem című lecke feldolgozása. Az egyes tantárgyakból különböző évfolyamokon szerzett információk újbóli áttekintésére és rendszerezésére is alkalmas ez a néhány lecke. Szóba kerül a levegő-, a talaj- és a vízszennyezés, a hulladékkezelés, az energiafelhasználás változása, a civilizációs ártalmak és az ökológiai lábnyom.

A mérések feldolgozása tanórán kívüli munkákban

Az érdeklődő diákokkal a tanórákon kívül is foglalkozunk a mérési adatok értelmezésével.

Maga a magyarországi GLOBE program is évente diákpályázatot hirdet a saját és a nemzetközi mérési adatok és megfigyelések feldolgozására. Diákjaink a Kutató Diákok Országos Szövetségének rendezvényein (esszépályázat, poszterverseny, Tudományos Diákkörök Országos Konferenciája), a Középiskolai Földtudományi Diákkonferencián (Miskolci Egyetem), a Jászberényi Lehel Vezér Gimnázium és a Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium diák-szimpóziumán, és a HUNGEO-n is bemutatkoztak már munkáikkal.

Irodalom

Gál B. 2007: Biológia 12, Mozaik Kiadó, Szeged, 208 p.

Jónás I., Kovács L.-né, Sz. László, Vízvári A.-né 2013: Földrajz 9, Mozaik Kiadó, Szeged, 192 p.

Siposné Kedves É., Horváth B., Péntek L.-né 2008: Kémia 9, Mozaik Kiadó, Szeged, 144 p.

Jónás I., Pál V., Szöllősy L., Vízvári A.-né 2013: Földrajz 10, Mozaik Kiadó, Szeged, 232 p.

SZAKMAI SZERVEZETEK HALLGATÓI TAGOZATAINAK SZEREPE AZ OKTATÁSBAN

ROLE OF THE STUDENT CHAPTERS OF PROFESSIONAL ASSOCIATIONS IN THE EDUCATION

Kiss Anett

Miskolci Egyetem, Geofizikai Intézeti Tanszék
gfka@uni-miskolc.hu

Abstract

In Hungary there are several domestic and international professional associations, which aim is to hold together the professionals operating in different fields of geosciences. These organizations ensure the trainings, publications, building up of contacts, etc. for their members. They also have primary importance to involve students and young professionals in the professional life. The most effective way to reach, educate, promote students is the establishment of student chapters. In these chapters, the students participate at several professional events, organize lectures, field trips, prepare publications on their own, but under the supervision and support of the mother organization. The theoretical knowledge gained at the university lectures can be completed with further theoretical and practical knowledge and skills. In this paper the author gives a short overview about the construction and operation of student chapters. After summarizing the roles and advances of student chapters in the education, some examples from Hungary, mainly from the University of Miskolc are shown.

Keywords: education, professional association, student chapter, students, programs, support

Kulcsszavak: oktatás, szakmai szervezet, hallgatói tagozat, hallgatók, programok, támogatás

Bevezetés

Magyarországon számos hazai és nemzetközi, földtudományhoz kapcsolódó szakmai szervezet működik. Ezek célja, hogy összefogják a szakembereket, biztosítsák számukra a szakmai fejlődést, a gyakorlati és tudományos eredmények publikálási lehetőségeit, tapasztalatcserét, kapcsolatok kialakítását, kulturális örökségek ápolását. Ezen társaságok tagjai sok esetben kedvezményesen juthatnak könyvekhez, folyóiratokhoz, valamint részt vehetnek konferenciákon, képzéseken, terepgyakorlatokon, kirándulásokon. Akik már bekapcsolódtak a szakmai életbe, természetesnek veszik, hogy ezen közösségek tagjaiként aktív szerepet vállaljanak. Rendkívül fontos azonban, hogy az új generációt is bevonják ebbe a munkába. A fiatalok szakmai életbe való integrálásának legmegfelelőbb eszköze a hallgatói tagozatok, angol nevükön student chapterek (SC) működtetése. A következőkben ismertetem ezek oktatásban betöltött szerepét, előnyeit. A célok megvalósítására néhány gyakorlati példát mutatok be, elsősorban a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának geológiai-geofizikai képzéséhez kapcsolódó szervezetek alapján.

Hallgatói tagozatok felépítése és működése

Az ifjúsági tagozatok az anyaszervezethez szorosan kapcsolódó, mégis sok tekintetben önállóan tekinthető csoportok, melyeket a hallgatók maguk irányítanak egy tapasztaltabb egyetemi tanácsadó (faculty advisor) segítségével. A vezetői tisztségeket (elnök, alelnök, titkár, pénztáros) hallgatók töltik be, akik felelősséggel tartoznak a csoportért. Ezáltal olyan készségekre tesznek szert (szervezőképesség, problémamegoldó képesség, kreativitás, kommunikációs készségek, pontosság, tolerancia, stb), melyeket későbbi vezetői pozíciókban könnyen hasznosítani tudnak. A munkába természetesen a tagok is aktívan bekapcsolódnak, így hasonló készségeket és kompetenciákat sajátíthatnak el. Ezek mellett fontos a közösségi identitástudat, hogy egy azonos érdeklődésű társasághoz tartoznak, munkájukkal értéket teremtenek.

A programok megvalósításához nem elég a kreativitás és motiváltság, anyagi támogatásra is szükség van. A hallgatói tagozatokat az anyaszervezetek igyekeznek minél nagyobb mértékben segíteni, azonban ez sokszor nem fedezi a költségeket. Az egyetemi oktatáshoz kapcsolódó, részben azt kiegészítő tudás megszerzéséről, egy aktív szakmai közösség és kapcsolatrendszer kialakításáról van szó, melyből mindenki profitál. Ezért fontos lenne, hogy a hallgatók további szellemi, anyagi és tárgyi támogatásokat kapjanak terveik megvalósításához egyetemeken, alapítványok, cégek jóvoltából.

Oktatásban betöltött szerep

Az egyetemek törekednek arra, hogy a lehető legtöbb elméleti és gyakorlati tudást adják át a hallgatóknak, az idejük azonban korlátozott. A bolognai rendszer a "bejártatott" tanrendekeket átformálta: a képzés alakulásával a tananyagokat újra kellett gondolni, esetleg áthelyezni a súlypontokat. A hallgatóknak szélesebb tárgykörben kell - ha csak az alapképzést tekintjük - kevesebb idő alatt elsajátítani azt a tudást, amivel a

szakmai életbe kikerülve boldogulni tudnak. Természetesen a tanulási folyamat a diploma megszerzésével nem fejeződik be, hiszen valódi mély tudás csak gyakorlattal és folyamatos továbbképzésekkel szerezhető.

A kötelező tanórák mellett már általános és középiskolában is megjelennek a fakultatív órák, szakkörök. A hallgatói tagozatok munkája ezekhez hasonló. Hiszen ez egy olyan szakmai műhely, ahol az egyetem padjaiban szerzett tudás bővítése, kiegészítése a cél. És mindez hogyan valósul meg?

Leggyakoribb az előadások, workshopok szervezése, ahol kiemelkedő hazai és nemzetközi szakteknintélyeket látnak vendégül a tagozatok. Ezek egyik meghatározó típusa a nemzetközi szervezetek által életre hívott „Lecture Tour”. Ennek keretében neves külföldi szakemberek járják a világot, hogy egy-egy napos előadásaikban beszámoljanak a legaktuálisabb kihívásokról, újításokról, vagy egyszerűen csak új megvilágításba helyezve tárgyaljanak már ismert témákat. Az előadó költségei ezeknél a rendezvényeknél nem terhelik a hallgatókat, hiszen azt az anyaszervezetek állják, csupán a szükséges technikai feltételeket kell biztosítani. Emellett rendkívül nagy szerepe van a hallgatók előadásainak is. Ilyenkor lehetőségük nyílik arra, hogy társaiknak bemutassák aktuális kutatásaikat, TDK dolgozatuk, diplomamunkájuk témáját. Ez egyrészt motiválja a többi hallgatót, hogy bekapcsolódjanak a kutatási tevékenységbe vagy annak részfolyamataiba, másrészt előadói rutint és magabiztosságot ad, melyet a szóbeli vizsgákon, diplomavédés és állásinterjú során tudnak kamatoztatni.

A terepgyakorlatok során a tankönyvekből ismert szituációkat valós körülmények között tanulmányozhatják a hallgatók. Gyakorlatot szereznek a földtani képződmények felismerésében, terepi geológiai-geofizikai mérések végzésében, az adatok feldolgozásában és értelmezésében. Nagyobb területeket bejárva komplex képet kapnak. A nemzetközi szervezetek ifjúsági tagozatainak hálózata lehetőséget nyújt külföldi terepgyakorlatokon való részvételre is.

A különböző versenyek ösztönzik a tanulást, elmélyítik az elméleti oktatás során tanultakat. Legtöbbször élethű projektfeladatokat kell megoldaniuk a hallgatóknak, melyek az egyetemi tananyagra épülnek, de jóval túlmutatnak azon. A versenyek zsűrijében vezető cégek szakemberei döntenek, így a kiemelkedően teljesítő csapatokra felfigyelve segíthetik a továbbtanulást vagy a munkavállalást.

A diákok kedvezményesen regisztrálhatnak a konferenciákra, sok esetben nekik külön rendezvényeket is szerveznek. Itt bemutatathatják kutatási eredményeiket, részt vehetnek workshopokon, terepi kirándulásokon, kvizeken. A kiállításokon számos cég képviselteti magát, így rengeteg információt és lehetőséget kapnak a kapcsolatfelvételre, legyen szó konzultációról, szakmai gyakorlati helyekről, ösztöndíj-programokról vagy állás-ajánlatokról.

A csereprogramok, terepgyakorlatok, konferenciák során a hazai és külföldi egyetemek eltérő profiljainak köszönhetően a hallgatók sokat tanulhatnak szakmai vezetőiktől, neves professzoroktól és diáktársaiktól. Ezen programok jóvoltából nem csak szakmai, de baráti kapcsolatokat építenek ki, melyek átlépik az egyetem és sokszor az ország határait is. A szakmai lapok, folyóiratok, könyvek, információs portálok lehetőséget adnak az elért eredmények publikálására, kedvezményes elérhetőségük a tudás bővítésén kívül a magyar és idegen nyelvi szakmai szókinccs fejlesztését segíti.

Gyakorlati megvalósulás

A példákat két hazai szervezet, a Magyarhoni Földtani Társulat (*MFT*) és a Magyar Geofizikusok Egyesülete (*MGE*), valamint két nemzetközi szervezet, az American Association of Petroleum Geologists (*AAPG*) és az European Association of Geoscientists and Engineers (*EAGE*) tevékenységéből válogattam. Utóbbiaknak a Miskolci Egyetemen hallgatói tagozatai működnek: *AAPG* Miskolc Student Chapter (*AAPG MSC*) és *EAGE* University of Miskolc Student Chapter (*EAGE MSC*). A fent említett szervezetek tevékenységéről bővebb információk az irodalomjegyzékben megjelölt honlapokon találhatóak.

Előadások, workshopok

Az *MGE* Észak-magyarországi Csoportja, a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszéke, az *MTA MAB* Geofizikai és Térinformatikai Munkabizottsága, valamint az *EAGE MSC* rendszeresen megrendezi az „Ifjúsági Előadói Nap”-ot, melynek keretén belül a hallgatók a diplomamunkájukhoz vagy egyéb szabadon választott témakörhöz kapcsolódó adatfeldolgozási eljárásokat mutatnak be előadásaikban. Ez a feladat az egyetemi előadásokon tanultak ismertetésén túl további kutatómunkát, a téma széles irodalmi feldolgozását kívánja. Az *EAGE MSC* három alkalmas „Szeizmikus workshop”-ot szervezett. A program során a hallgatók két szoftver használatát sajátították el egy egyetemi oktató és egy ipari szakember vezetésével.

Teregyakorlatok

Idén negyedik alkalommal kerül megrendezésre az MFT Ifjúsági Bizottsága által jegyzett „Összegyetemi Teregyakorlat”, melynek célja, hogy neves hazai szaktekinélyek vezetésével, a földtudományi képzést végző összes egyetem bevonásával a hallgatók megismerjék Magyarország geológiáját. Eddig a Mecsek, a Dunántúli-középhegység (1. ábra), illetve a Tokaji-hegység került geológuskalapács és lupe alá. Az EAGE MSC és AAPG MSC közös geológiai-geofizikai teregyakorlatot szervezett Telkibányára. A kitűzött cél elsősorban a Kánya-hegyen található Mária-bánya és környékének szeizmikus, radiometriai és mágneses felmérése volt (2. ábra). Nemzetközi szinten kitűnő példák a két magyar és két román AAPG SC koprodukciójában megszületett nyári teregyakorlatok (3. ábra), melyek Románia, illetve Magyarország geológiáját ismertették, valamint az EAGE által Németországban életre hívott „Geophysics Boot Camp”, mely során valós koncessziós területen végezhetek geofizikai méréseket a hallgatók.

1. ábra. MFT Összegyetemi teregyakorlat

Figure 1. Field trip for students, organized by Hungarian Geological Society



2. ábra. Szeizmikus mérések a bányában

Figure 2. Seismic measurements in a mine



3. ábra. Nemzetközi AAPG teregyakorlat

Figure 3. International AAPG field trip

4. ábra. A miskolci IBA 2012 csapat

Figure 4. The IBA 2012 Miskolc team



Minden évben megrendezésre kerül az „Imperial Barrel Award” (IBA - AAPG) (4. ábra) és a „Field Challenge” (EAGE). Ezen nemzetközi versenyeknek a célja, hogy 3-5 főből álló csapatok valós földtani-geofizikai adatokat felhasználva meghatározzák a szénhidrogén készleteket, illetve azok kitermelési lehetőségeit a kutatási területükön. Az eredményeket előadás keretében mutatják be neves cégek szakembereiből álló zsűri előtt.

Ezen projektfeladatok megoldása több hónapos munkát, irodalomkutatást, ipari szoftverek felhasználói szintű ismeretét kívánja a hallgatóktól. Az EAGE online „Geo-kvíz”-ben a diákok a világ minden tájáról az éves konferenciára kijutásért és a végső döntőben való részvételért versenyeznek.

Konferenciák

Az MGE Ifjúsági Bizottsága és az MFT Ifjúsági Bizottsága 2014-ben 45. alkalommal szervezte meg az „Ifjú Szakemberek Ankétja”-t, ahol a hallgatók, fiatal szakemberek gyakorlati és elméleti előadás, valamint poszter kategóriában mutathatják be kutatási eredményeiket. A konferenciát minden évben nagy érdeklődés övezi, idén 40 résztvevő ismertette munkáját szerzőtársaival együtt, melyek közül számos előadás és poszter díjat nyert. Az AAPG MSC és EAGE MSC tagjai közül több hallgató is nyert támogatást konferenciákon való részvételre, például Milanoba az „AAPG International Conference and Exhibition” és Amsterdamba a „76th EAGE Conference and Exhibition” rendezvényekre. Itt lehetőségük adódott meghallgatni a legfrissebb nemzetközi eredményeket, a kiállításon cégekkel kapcsolatba kerülni, későbbiekben ösztöndíjra pályázni, kedvezményesen munkafüzetet vásárolni és világot látni.

Folyóiratok, oktatási portálok

Említést érdemelnek továbbá a folyóiratok, könyvek és oktatási portálok, melyek ingyenesen vagy kedvezményesen érhetőek el a diákok számára. Amellett, hogy a hallgatói eredmények publikálására is biztosítanak lehetőséget, az ezekhez való hozzáférés nagy segítséget nyújt a jegyzőkönyvek, cikkek, diplomamunkák, kutatási jelentések elkészítése során. Az ismeretek bővítésén túl hozzájárulnak mind a magyar, mind az idegen nyelvi szakmai szókinccs fejlesztéséhez.

Összefoglalás

A hallgatói tagozatok szorosan kapcsolódnak az egyetemek oktatási tevékenységéhez. Céljuk a felsőoktatásban megszerzett tudás elmélyítése, bővítése. Ennek érdekében a hallgatók előadásokat, terepgyakorlatokat szerveznek, konferenciákon, versenyeken vesznek részt. Elért eredményeiket az egyesületek folyóirataiban publikálják. Ezek a fiatalos lendülettel működő szakmai műhelyek jelentik a kulcsot a modern, fejlődő tudomány és ipar fenntartásához.

Irodalom

Magyar Geofizikusok Egyesülete: www.mageof.hu
Magyarhoni Földtani Társulat: www.foldtan.hu
Magyarhoni Földtani Társulat Ifjúsági Bizottság: mftib.blogspot.hu
European Association of Geoscientists and Engineers: www.eage.org
EAGE University of Miskolc Student Chapter: www.facebook.com/eagemiskolc
American Association of Petroleum Geologists: www.aapg.org
AAPG Miskolc Student Chapter: www.geology.uni-miskolc.hu/aapg

UST TEXTURES AT AD DUWAYHI GOLD MINE, SAUDI ARABIA

AD DUWAYHI, SZAÚD-ARÁBIA ARANY ÉRCESEDÉS ÉS KAPCSOLATA A GRÁNIT ANYAKŐZET TEXTÚRÁJÁVAL

Záhonyi István

*Consulting Mining Geologist – Denver, Colorado
szahony@comcast.net*

Összefoglalás

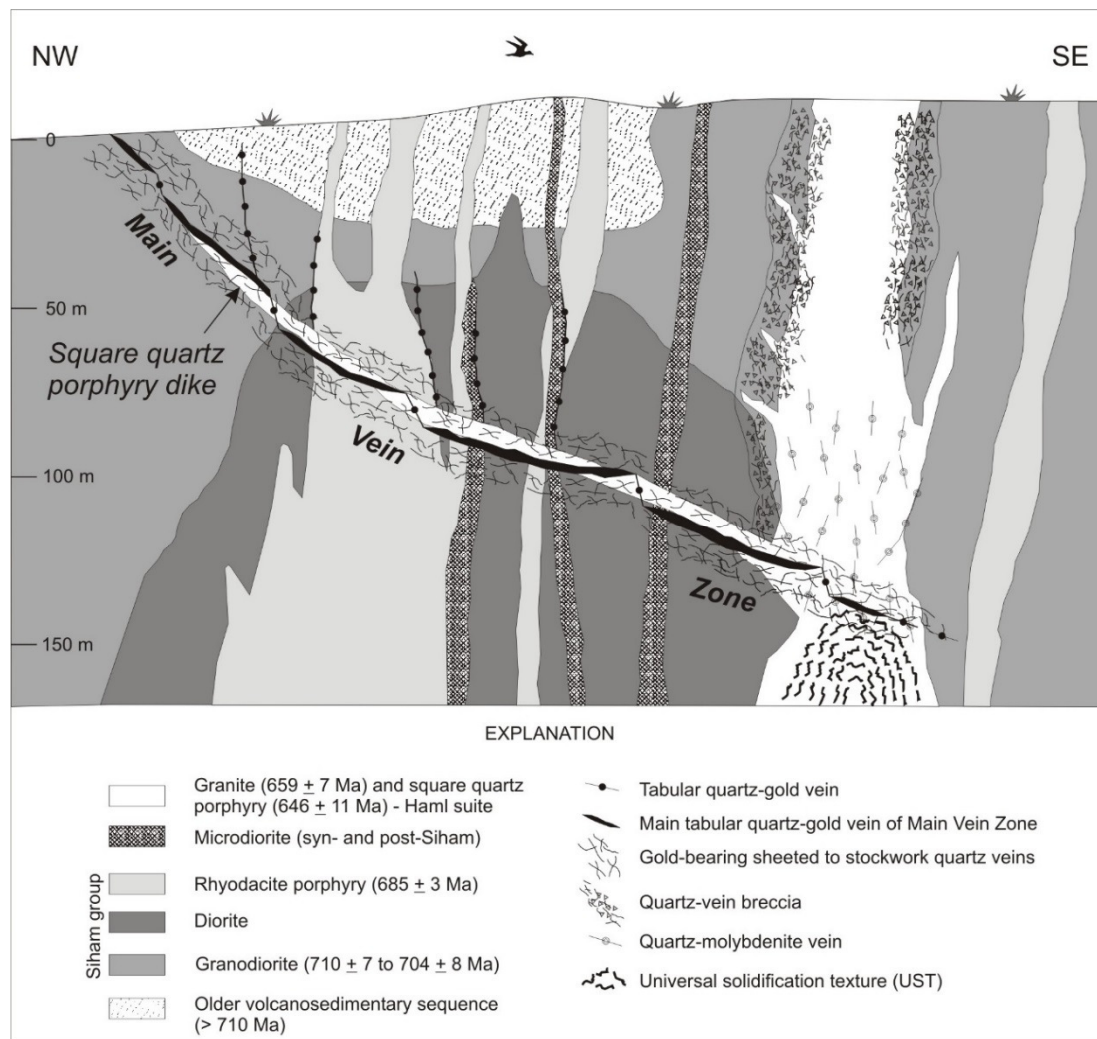
Ad Duwayhi arany érctelep a Felső-proterozoos Arab pajzs központi részén helyezkedik el és a Saudi Arabian Mining Company (Ma'aden) következő arany bányája lesz, melyet terv szerint 2014 őszén fognak termelésbe állítani. Különböző arany ércekesedési típusokból tevődik össze a 17.8 millió t 2.8 g/t arany tartalmú érc, amely 1.6 millió uncia (50 t) aranyat tartalmaz. Ezen érckészlet mintegy 60%-a, vagyis 1 millió uncia egyetlen szalagos, tejkvarc főtélérben koncentrálódik, amely egy riolit porfir sillt követ. Utóbbinak jellegzetes szövete van: euhedrális, bipiramisos kvarc fenokristályok helyezkednek el az afanitos mátrixban. A sill egy kristályosodó gránit porfir tömegből származik, amikor is a gránit már kikristályosodott a sill szintjéig és a tektonika lehetővé tette a magma laterális mozgását. Az aranytartalmú kvarc a sill injektálódását követően jelent meg és egyetlen tömör kvarc telért képez, amely követi a sillt, váltakozva a fedő és fekvő oldalon vagy a sillben. Egy 15–20 méter vastag, párhuzamos, aranytartalmú kvarc telér zóna kíséri mindkét oldalon a riolit-fő kvarc telérrendszert.

Szokatlan szövet alakult ki a kristályosodó gránitban ott, ahol a sill érintkezik a fő gránitporfir testtel. Ez jellemző a Climax-típusú molibdén tartalmú riolit porfirok legfelső részére. Először a Climax Molybdenum Company geológusai figyelték meg ezt a szövetet, amely kvarc, káliföldpát és aplit sávok csavart összenövéséből áll. Különböző elnevezéseket adtak neki: "brain rock", "csipkés kvarc", de végül hivatalosan az "egyirányú megszilárdulási szövet" (EMSZ) nevet fogadták el. Ezt a megnevezést a kohászati irodalomból vették át. Az EMSZ szövetű kőzetek gyakran szulfidokban dúsak, Ad Duwayhi esetében aranytartalmúak és molibdéntartalmúak, a magasabb a molibdénre specifikus riolitok esetében. Ad Duwayhi esetében az EMSZ szövetű kőzetoszlop mintegy 40 m függőleges kiterjedésű, s alatta a gránit szövete ismét a normális porfirok, fanerites lesz. Az EMSZ szövetű kőzet mintegy 1–3% piritet és 2–4 g/t aranyat tartalmaz.

Úgy vélik, hogy ez az EMSZ szövet a magas kovavartartalmú riolitos kőzetekben egy jelentős nyomáscsökkenés eredménye, a fémekben dús magmában. A nyomáscsökkenés mellett ez a szövet jelzi a fluidum első megjelenését a magmában fluid cseppecskék vagy buborékok formájában, amikor is a kovavartelítettség a kvarc azonnali kristályosodását okozza ezekben a fluid buborékokban, amikor a magma még képlékeny. A kvarc hullámos sávokban kristályosodik, káliföldpát sávok által követve, utóbbiak mikrorétegződve aplitos szövetű riolit sávokkal. Határozott paragenetikai kapcsolat nyilvánvaló azáltal, hogy a tömzsős, arany tartalmú kvarc telérek harántolják a fő intrúzió EMSZ szövetű riolitját. Feltételezhető hogy az EMSZ szövet kialakulása a fluidumok fejlődésének az első jele. A kőzet képlékenysége miatt a fluidum ismétlődően abszorbeálódik a kőzet teljes kristályosodásáig, amikor a fluidumok hidraulikus repedezést és ezáltal a stockwerk képződését eredményezik.

Ad Duweyhi mineral deposit is an economically mineable intrusive-related gold-bearing sheeted quartz vein system formed in and around a rhyolite sill and its parent granite porphyry stock situated in the south-central part of the Upper Proterozoic Arabian Shield located 130 kilometers southeast of the town of Zalim. The purpose of this presentation is to introduce an unusual ore-related igneous texture in the alkaline-rich granitic rocks at Ad Duweyhi which has a direct relation to the ore-forming process. This igneous texture, first described at the Henderson molybdenum mine on Colorado, is a lace-like alignment of individual quartz crystals in contorted bands. It was called "crenulated texture" in the early stages of its recognition but was later renamed Unidirectional Solidification Texture (UST). This texture has now been recognized at several molybdenum deposits in the apical regions of ore-source rhyolite intrusives, Ad Duwayhi being the first intrusive-related gold deposit from where this texture has been reported. In both types of deposits the UST texture results from a significant pressure increase, then a pressure drop in the partially crystallized magma and is believed to be the result of the first appearance of a vapor phase that evidence suggest was a fluid in the supercritical state.

Ad Duwayhi is hosted by an Upper Proterozoic variously metamorphosed sedimentary and volcanic sequence of stratified rocks intruded by several large granitic masses that are elongated in a north-northwesterly direction, following the trend of the major shear zones which cross the Shield. These persistent shear zones link micro-plates of metamorphic terrains together in an array that is still only partly understood despite much work by the US Geological Survey and the French BRGM. Along with intrusive centers, major concentrations of minerals, especially gold, are focused in and peripheral to the shear zones. A remarkable variety of ore deposit types occur along these major structures: orogenic gold deposits, intrusive related stockworks and wolframite-bearing quartz veins as at Bir Tawehla. Chloritized mafic and serpentized ultramafic intrusive bodies are also common to the shear zones and show the deep extent, possibly the Mantle extent of these plate bounding structures.



The complex local geology is here greatly simplified. Host rocks consist of rhyodacite porphyry and granodiorite, age-dated at about 710 to 685 m.y., intruded into an older metamorphic volcano-sedimentary sequence. To variable extent, these units also show the effect of hydrothermal alteration. Despite the intrusive host units' complexity, the rocks linked to gold mineralization show a relatively simple geological picture. A younger un-metamorphosed salmon-colored granite and its dikes and sills intrude the older igneous and metamorphic rock types. This granite system has been dated at 659- 646 m.y. At the surface, but below the thin desert sand overburden, the northwest-elongate granite porphyry stock can be followed for 500 meters along that axis and varies between 100 and 150 meters width. It is tightly surrounded by zones of irregular siliceous breccias and single-phase quartz veined zones that contain small amounts of pyrite, molybdenite, and microscopic gold.

These breccias are locally of mineable grade. To the west of the granite porphyry, a sill of rhyolite porphyry, with distinct but sparse euhedral quartz phenocrysts, clearly a relative of the granite porphyry, follows parallel with and dips at shallow angles towards the granite porphyry body in its southwestern outcrop. Further to the north the sill curves to the northeast and heads to intersect the granite porphyry. The sill has an associated leader quartz vein of less than one to several meters in thickness that is parallel with the sill but locally follows the sill's hanging wall, then footwall, or cuts across the sill. The sill and leader vein are surrounded by a system of generally parallel sheeted veins and veinlets over widths of 10–40 meters on both sides of the sill. These veins and the leader vein consists of single phase milky quartz containing 1-2% sulfides, mostly pyrite, with some galena and sphalerite, and one-half-millimeter to smaller specks of visible native gold. The main vein-bearing sill and associated sheeted zone is the focus of open pit mining operation. The leader vein system itself contains 60% of the gold of the mineable resource and is high grade, averaging 20–30 grams per metric ton. This higher grade zone does not lend itself to underground mining because of its intermediate to shallow dip. Overall, open pit ore will grade 2–4 gm/t. Initial production is planned to commence in the fall of 2014.

As exploratory drilling progressed deeper and deeper following the rhyolite porphyry and its attendant mineralization towards the granite porphyry stock, at a point where an intersection with the granite stock was anticipated, an unusual textured intrusive was



intersected at the root of the sill: aplitic porphyry containing wave-like bands of quartz crystals with terminations all pointed in one direction. The locus of this feature is where a great pressure high, a magma push, was followed by a pressure drop in the magma chamber. The upward push, probably enhanced by migration of fluids to the top of the magma chamber, caused a major rupture in the surrounding host rocks allowing for the intrusion of the sill. The simultaneous pressure release in the main magma chamber caused fluids to exsolve from the magma and created the UST texture in the still plastic crystallizing mass. This type of crystallization feature is not uncommon in the apices of high silica alkaline rhyolite porphyries associated with quartz-molybdenite vein stockworks. Molybdenite stockwork mineralization, without exception, postdates the development of UST textures. The euhedral quartz crystal terminations of the UST bands universally point in the direction of the center of intrusion, away from the intrusion's walls and are used in underground mine mapping to point to the intrusion's center. Because of the curving nature of the bands the quartz crystals grew at a time when the intrusion was still plastic and only partially solidified. The lace-like quartz crystal bands repeatedly alternate with an aplitic substrate, which coarsens to myrmekite-like intergrowth of alkali feldspar and quartz that in turn grade into the next band of unidirectional quartz crystals. Thin sectional analyses show that the quartz crystals contain needle-like sillimanite crystal inclusions which suggest very high pressures and high temperatures, most likely above 500 °C. Laboratory experiments reproducing pegmatite textures have demonstrated that larger euhedral quartz crystals grow into exsolving fluids, in this case bands of bubbles of probably supercritical fluid, above the distinction between liquid or gas, the first manifestation of a magmatic fluid separating from the magma. UST textures are invariably crossed by veins derived from later hydrothermal liquids. The UST-forming process either happens at many simultaneously nucleating domains or it migrates through the partially consolidated rock as a wave, where it moves from the chilled wall of the intrusive towards the center, in a sequence where aplite solidifies and pushes vapor out in the direction of the still partially melted magma until vapor bubbles appear into which the terminated quartz crystals grow. The exothermal nature of crystallization may cause a temporary temperature rise in the magma and allow for the process to repeat itself over and over in the semi plastic substratum. The UTM horizon at Ad Duwayhi, below the granite porphyry mass, is about 30–40 meters thick. Both the upper and lower contacts of this horizon are gradational into granite porphyry, crosscutting contacts have not been found. The horizon contains 1–2% disseminated 1–2 mm pyrite cubes

which contain tiny inclusions of gold. The UST bearing horizon may be mineable as it contains 2–4 grams Au per metric ton and may extend the life of mining when the quartz-veined sheeted zone is exhausted. This horizon represents not just the first appearance of fluid but indicates a major pressure drop in the system due to sill-forming magma expulsion. Pressure drops cause the misfits of crystallization, the ones complexed in the magmatic fluid, to exsolve and to concentrate at the top of the magma chamber, escaping along structures, turning ultimately into hydrothermal liquid with continued temperature and pressure drops. Hydrothermal fluids escaped along brittle structure at the margin of the sill and formed both the leader and the sheeted veins.

UST textures are encountered in molybdenum mines at the tops of rhyolitic fingers and are especially proliferate in the Henderson Mine of Colorado, the world's premier producer of molybdenite. In a molybdenite property called Roundy Creek, located just north of the Kitsault molybdenum mine in British Columbia, close to the Alaskan border, the UST textures here occur as molybdenite-quartz bands suggesting that both molybdenum and quartz precipitated from the first appearance of a probably supercritical fluid. A somewhat similar rock texture is observed in near-surface initially high pressured then pressure-dropped environments of rhyolitic flow-domes, where cavernous quartz laminae alternate with bands spherulite-rich glass.

References

- Jahns, R.H., Burnham, C.W., 1969. Experimental Studies of Pegmatite Genesis: A Model for the Derivation and Crystallization of Granitic Pegmatites. *Economic Geology* v.64, no.8, p.843-864
- White, W.H., Bookstrom, A.A. et al, 1981. Character and Origin of Climax-Type Molybdenum Deposits. *Economic Geology* 75th Anniversary Volume, pp.270-316
- Shannon, J.R., Walker, B.M., Carten, R.B., Geraghty E.P., 1982. Unidirectional solidification textures and their significance in determining relative ages of intrusion at the Henderson Mine, Colorado. *Geology* v.10, p.293-297
- Heinicke, H., 1989. Dissertation on the Importance of the Supercritical Phase in the Hydrothermal System. Private Report, pp.1-32
- Doebrich, J.L., Al-Tayyar, J., et al, 1999. Evaluation of the Ad Duwayhi Gold Prospect – Exploration and Characterization of a Neoproterozoic Porphyry Gold System, Technical Report of the United States Geological Survey TR-99-3, p.1-73
- Doebrich, J.L., Zahony, S.G., et al, 2004. Ad Duwayhi, Saudi Arabia: Geology and Geochemistry of a Neoproterozoic Intrusion-Related Gold System in the Arabian Shield. *Economic Geology* v.99, pp.713-741
- Mills, R.D., Rathner, J.J., Glazner, A.F., 2011. Experimental evidence of crystal coarsening and fabric development during temperature cycling. *Geology* v.39, pp.1139-1142

MOTHER LODE TYPE GOLD DEPOSITS EXEMPLIFIED BY THE LINCOLN MINE AT SUTTER CREEK, CALIFORNIA

A LINCOLN BÁNYA – EGY MOTHER LODE TIPUSÚ ARANY ÉRC TELEP,
SUTTER CREEK, CALIFORNIA

Záhonyi István

Consulting Mining Geologist, Denver, CO, USA
szahony@comcast.net

Összefoglalás

A Mother Lode telérrendszer egy prominens komplex nyírási zónát követ a Sierra Nevada nyugati hegylába mentén. Ebből a telérrendszerből mintegy 14 millió uncia aranyat termeltek ki, s ennek több mint a felét egy viszonylag rövid szakaszból, amely Jackson és Plymouth városok között helyezkedik el (Amador megye). A múltban kiterjedt bányászati tevékenység folyt a Mother Lode ezen szakaszán. Az aranyércesedés repedés kitöltő telérekben képződött. A telérek a széles Melones törés rendszerben képződtek, hegyesszögben metszve a metamorf szövetet. Az ércesedést befogadó kőzet foliációja közel függőleges keleti dőlésű. A repedéskitöltő teléreket egyszerű ásványtani összetétel jellemzi, de bonyolultak szerkezeti szempontból. A telérek főként kvarcból állnak kevés karbonáttal és 1–2% szulfid ásványt tartalmaznak pirit és arsenopirit dominanciájával. Helyenként pirrotin is előfordul a telérekben, de gyakrabban a telérek szegélyén a befogadó kőzetben. Szfalerit, galenit és kalkopirit nagyon ritkán fordul elő, de jó indikátorai az aranyaknak. Erős a korreláció az arany és az arzén között. Általában az 5000 ppm feletti arzén tartalmak korrelálnak a 6g/t feletti arany tartalmakkal. Zonalitás nem volt megfigyelhető a telérekben 1000 métert meghaladó függőleges kiterjedésük ellenére. A befogadó kőzetek elváltozásai kőzettípusonként eltérőek. Szabálytalan eloszlású, alacsonyabb arany tartalmú, de helyenként bányászható ércesedés fordul elő erősen karbonátosodott és szericitisedett, kvarceres kőzetben, melyet "Szürke Érc"-nek neveznek. Az 1900-as évek körül egyes bányákban ez az alacsony fémtartalmú érc volt az uralkodó típus. A szakaszosan megjelenő axinitet tartalmazó kvarc-kalcit telérek, amelyek nem tartalmaznak szulfidokat vagy aranyat, fiatalabbak a produktív, aranyat hordozó szerkezeteknél és az utolsó hidrotermális eseményt képviselik.

Törések a telérek képződése előtt, azokkal egy időben és a telérképződést követően is keletkeztek. A dokumentált tektonikai elemek szinte kizárólag feltolódások, egy valódi kompressziós rezsimre utalnak, de horizontális eltolódások is valószínűek. A Mother Lode orogén telér rendszerek jelentősen különböznek az epitermális telérektől, ami a szalagos textúra hiányában és a viszonylag egyszerű masszív kvarc kitöltésben nyilvánul meg. Csak néhány kvarc fázis figyelhető meg: általában a deformált vagy zúzott kvarcot fiatalabb masszív tejkvarc metszi. Nyitott üregeket kitöltő kvarc kristályok ritkák, azonban ahol előfordulnak, alacsonyabb folyadékzárvány hőmérsékleteket adnak, mint a kvarc CO₂-ben gazdag zárvaiban mért 250–450 °C-os hőmérsékletek. A telérekbe zárt hidrotermálisan elváltozott kőzet törmelékek szalagos megjelenést okoznak. A szulfidásványok leginkább a szericités-karbonátos elváltozást szenvedett kőzetzárványokban és azok mentén szaporodnak fel. A Mother Lode kvarc telérek sajátos jellemzői a csipkézett, sztilolitszerű pirit, arsenopirit és muszkovit sávok, melyekkel gyakran együtt fordul elő az arany, ami talán a nyomás hatására történő kioldódás és kiválás eredménye. Egyesek ezeket a jelenségeket nevezik valódi szalagos szövetnek.

A Lincoln-Comet érctelepét Callahan fedezte fel 1983-ban, amikor is egy talaj-geokémiai arzén anomáliát fűrt a Mother Lode egyik nem gazdaságosnak vélt szegmensén a Keystone és Eureka bányák között. Azóta 221 fúrással lehatároltak egy olyan arany érckészletet, amely képes > 9 g/t arany tartalmú érccel öt-hét évig ellátni egy napi 150 t kapacitású bányát. A további kutatás reményt ad a bánya élettartamának jelentős növelésére. A bánya és a dúsító majdnem elkészült, az év közepére teljes kapacitással fog működni a vállalkozás. Ellentétben a Mother Lode szomszédos bányáival a Lincoln bánya északi Comet érckészlet blokkja vízszintesen megnyúlt, meredeken nyugatra dől és teljesen zöldkő (uralkodóan augitos metabazalt piroklasztit) a bezáró kőzete. A déli Lincoln érc blokkja szintén vízszintesen megnyúlt, csaknem függőleges dőlésű és a kontaktzónában helyezkedik el a zöldkőves metabazalt és az úgynevezett "Közbetelepült Sorozat" között. Az utóbbit közbetelepült tufák, finomszemcsés vulkáni törmelékes üledékek és szenes agyagkövek alkotják.

The Mother Lode vein system follows a prominent complex shear zone situated along the western Sierra Nevada foothills. It has produced approximately 14 million ounces of gold with more than half that amount recovered from a relatively short segment of the system between the towns of Jackson and Plymouth in Amador County. Old-time mining was extensive in this portion of the Mother Lode. Gold mineralization occurs in fissure veins formed within the broad Melones Fault system with veins dipping at moderate to steep angles to the east, cutting across the metamorphic fabric at acute angles. Foliation of the host rocks is near vertical, generally dipping steeply east. Fissure veins are simple in mineralogy but very complex structurally. Veins are predominantly quartz with small amounts of carbonate and contain 1–2% sulfide minerals dominated by pyrite and arsenopyrite. Locally pyrrhotite is common in veins but especially in wall rock immediately surrounding veins. Sphalerite, galena, and chalcopyrite are insignificantly rare but are good indicators of gold. A strong but imperfect correlation exists between gold and arsenic; generally +5,000 ppm As correlates with Au values >0.2 ounces per ton. No zoning is noticeable in the veins over their several thousand feet of known vertical extent. Wall rock reactions are distinct and vary with host rock type. Erratically distributed and lower grade but locally mineable gold mineralization occurs in strongly carbonatized and sericitized quartz-veined wall rock called Gray Ore. By 1900 production of this type of low-

grade ore was prevalent at some of the mines. Discontinuous axinite-containing quartz-calcite veins, without sulfides or gold, postdate the productive gold-bearing structures and appear to be the last hydrothermal event.

Faulting occurred before, during, and after vein formation. Documented fault movements are almost exclusively reverse, a true compressive regime, but wrench movement is also probable. Mother Lode orogenic fissure vein systems differ markedly from epithermal style veining by their lack of banding and the relatively simple massive quartz filling. Only a few phases of quartz formation are apparent: generally strained or crushed quartz cut by later massive milky quartz. Open vug-filling quartz crystals are uncommon, but where they occur show lower fluid inclusion temperatures than the 250° to 450° temperatures generally obtained from the CO₂-rich fluid inclusions in quartz. Included altered wall rock slabs give veins a ribbon-like appearance. Sulfide minerals tend to congregate along and within the sericite-carbonate-altered included wall rock slabs. An enigmatic feature of Mother Lode quartz veins are crenulated stylonite-like bands of pyrite, arsenopyrite, and muscovite, often the locus of gold, that may be due to pressure solution and deposition. Some call these features the true ribbon structure.

The Lincoln-Comet deposit was discovered by Callahan in 1983 while drilling an arsenic soil anomaly over a non-productive segment of the Mother Lode between the prolific Keystone and Eureka Mines. Since that time 221 drill hole have outlined a gold resource sufficient to support a 150 tpd mining operation for five to seven years with a diluted grade of +0.3 opt Au. Continued exploration hopes to significantly expand the life of the operation. Mine and mill development are almost complete with production now on hold, awaiting higher gold prices. Contrary to the surrounding mines of the Mother Lode, the northern Comet resource block of the Lincoln Mine is horizontally elongate, dips at steep angles to the west, and is hosted completely in greenstone, predominantly an augite-bearing pyroclastic meta-basalt. The southern Lincoln resource block is also horizontally elongate, near vertical in dip, and its locus is the contact zone between the greenstone meta-basalt and the Interbedded Series, a rock unit composed of interbedded tuffs, fine-grained volcanoclastic sediments, and beds of black carbon-bearing argillite.

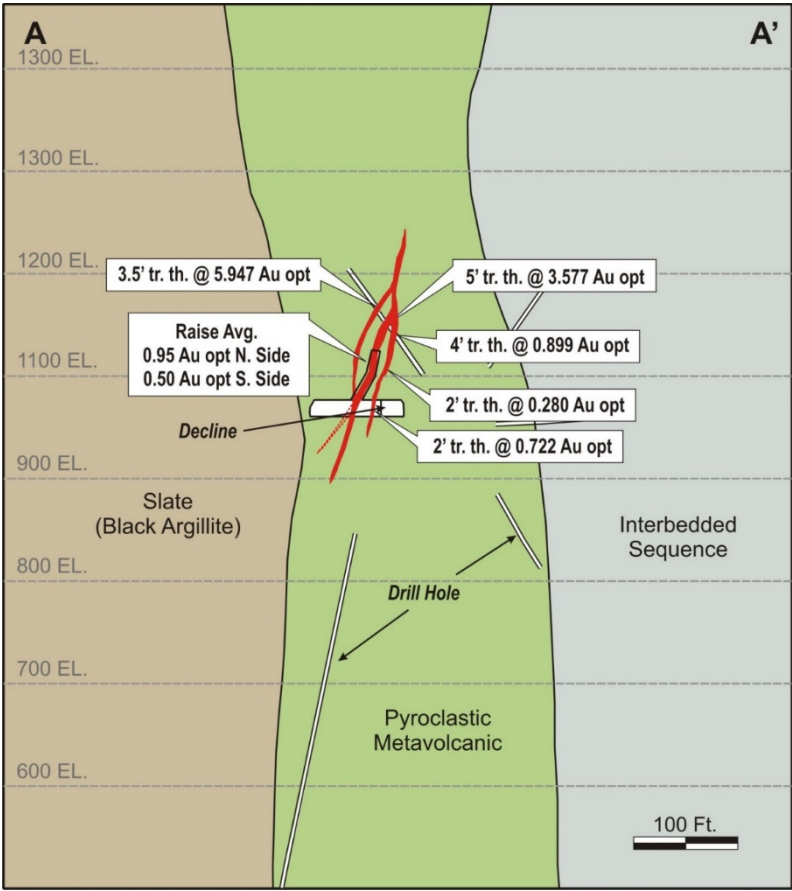


Figure 1. Comet Segment of the Lincoln Mine, 2450N Cross Section, Looking N30W

Whatever the origin of the vein-producing fluids, wall rock reactions were dramatic, with silica removed and carbonate introduced into the enclosing rocks. Fluids must have been under tremendous pressure and may have buoyed fault openings. Unlike flow-through epithermal systems, it is believed that fluids were relatively static. Fissures were sealed at their top with probable internal circulation and chemical diffusion at work. Periodic rupture along structures caused wall rock incorporation and pressure drops which caused mineral precipitation. Orogenic is a good term for the Mother Lode type veins as they differ from true mesothermal veins that generally contain more sulfide minerals, are zoned, and have a direct and identifiable intrusive rock affiliation.

Older geological literature has associated the timing of Mother Lode gold mineralization with the intrusion of the Sierra Nevada batholith of Cretaceous age. Age dating within the last fifty years has shown that the main batholith was intruded between 125 m.y. and 82 m.y., with the oldest ages at the batholith's western margin, ages becoming younger to the east. Most recent Ar-Ar age dating of muscovite and mariposite in veins of the central Mother Lode show dates of mineralization between 124 m.y. and 134 m.y. suggesting that gold mineralization predated the intrusion of the main batholith. However, there are isolated large bodies of intermediate composition intrusives cutting through the host Jurassic sedimentary-volcanic sequence west of the Mother Lode, with reliable age dates ranging from 175 m.y. to 140 m.y. These intrusions may be forerunners of the main batholith, but their actual connection to the main batholith, if any, remains unknown.

Gold-bearing veins of the central Mother Lode appear to have formed at the waning stages of metamorphism and ductile deformation, at the beginning of brittle deformation at levels at least 3 kilometers but possibly as deep as 15 kilometers. Fluids may be of metamorphic derivation. The abundant association of silica and arsenic with gold suggests that vein material may have been derived from wall rocks, not necessarily from the immediate wall rocks but from the metamorphic alteration and devolatilization of rocks at deeper levels. The predominance of black shale and slate within the nearly vertically standing host rock package, rocks which tend to be high in metals, notably arsenic, suggests these rocks as potential sources of metals in the veins, but derived from deeper levels in the plastic deformation zone. Black shale and slate in the area of the Mother Lode commonly contain bedding-parallel bands of sulfide minerals, generally pyrite and arsenopyrite. Because of the ubiquitous presence of fault structures throughout the host rock sequence, these abundant bands of sulfides, probably of syngenetic origin, are difficult to differentiate from possible leakage of sulfide-rich fluids into the wall rocks from the main structures, the principal mineralizing conduits. Few reliable data exist on the background arsenic values of Mother Lode host rocks. Because arsenic is three orders of magnitude more abundant than gold in the gold-productive veins and arsenopyrite is intricately associated with gold within veins, a thorough local geochemical study of arsenic may shed light on the source of associated gold.

An igneous component to vein formation has not been eliminated though no intrusive bodies have been shown to be directly associated with mineralization in the central Mother Lode. The process of fluid formation during plastic deformation and metamorphism and melting and generation of magmas at deeper levels is most likely a continuum. Isotopic studies to date have not cleared vein and gold genesis.

References

- Lindgren, W., 1895: Characteristic Features of California Gold Quartz Veins. Bulletin of the Geological Society of America, vol.6, pp. 221-240.
- Knopf, A., 1929: The Mother Lode System of California. United States Geological Survey Professional Paper 157, pp. 1-88.
- Duffield, W.A., Sharp, R.V., 1975: Geology of the Sierra Foothills Melange and Adjacent Areas, Amador County, California. United States Geological Survey Professional Paper 827, pp. 1-30.
- Landefeld, L. A., 1988: The Geology of the Mother Lode Gold Belt, Sierra Nevada Foothills Metamorphic Belt, California. Bicentennial Gold 88, Melbourne, Australia, May 1988, pp. 167-172.
- Böhlke, J. K., 1999: Mother Lode Gold. Geological Society of America Special Paper 338, pp. 55-67.
- Marsh, E. E., Goldfarb, R. J., et al. 2008: New constraints on the timing of gold formation in the Sierra Foothills province, central California. Arizona Geological Society Digest 22, pp. 369-388.

AZ EURÓPAI PERLITEK ÖSSZEHAJONLÍTÓ KÖZETTANI, FÖLDTANI ÉS VULKANOLÓGIAI JELLEMZŐI

A COMPARATIVE STUDY OF THE EUROPEAN PERLITE TYPES WITH RESPECT
TO THEIR MINERALOGY, PETROLOGY AND VOLCANOLOGY

Zelenka Tibor

Miskolci Egyetem Ásvány- Földtani Intézet

zelenka.tibor@gmail.com

Abstract

The world raw perlite production in the past decade was nearly 1.7–2.1 Mt/year. The countries of the EU (Greece, Hungary, Italy, Bulgaria, Slovakia) produced 0.65–0.7 Mt/year of this according to the Mineral Commodity Summaries of the US Geological Survey on 1st January 2011. Hungary participated in this with 65–70000 t/year, 3.5% of the world production.

Mr. Géza Farkas, manager of the Perlite-92 Ltd, the Hungarian producer provided some classified raw perlite samples from the nearby countries. These samples were prepared for polarisation microscopy, and the detailed mineralogical and petrographical descriptions were compared to the perlite types of Pálháza (the mined Hungarian occurrence). Previously I also had the opportunity to visit several occurrences (in Greece, Turkey, Slovakia, Ukraine and Armenia), so I summarized the features and genetic characteristics of the industrial perlite types based on the observed geological structures and the data published in the geological literature.

Perlite rock bodies are products of rhyolitic-rhyodacitic volcanism with high SiO₂-content. The name 'perlite' after Verner was mentioned in Hungary firstly in 1793 (J. Esmark), but, according to József Szabó, in the Tokaj Mts the popular name 'békasó' ('frog salt') was used previously. Most perlite occurrences are known in the Tokaj Mts, but non-industrial quality indications attached to rhyolite and dacite rock bodies occur also at Gyöngyössolymos, Kis Hill (Mátra Mts), Kács, Church Hill (Bükkalja), Pilisszentkereszt, Peres Hill (Visegrád Mts).

Keywords: perlites, geology-volcanology, perlite types, expanding capacity

Kulcsszavak: perlittek, földtan-vulkanológia, perlit típusok, duzzadóképeség

A világ perlit termelése az US Geological Survey 2011. január 1-i nyilvántartása szerint /Mineral Commodity Summaries/ az elmúlt évtizedben a 1,7–2,1 millió tonna/év nyers perlit mennyiséget közelítette. Az EU területén (Görögország, Magyarország, Olaszország, Bulgária, Szlovákia) évente 650–700 E tonna nyersperlit kőzetet termeltek, melyből a világ termelésének 3,5%-át Magyarország (65–70 E tonna) adta. Ezenkívül a Mediterrán térségben figyelembe kell venni Törökország, Grúzia, Örményország és Marokkó jelentős perlit termelését.

A magyar perlit bányászatot végző Perlite-92 Kft igazgatója Dr. Farkas Géza úr néhány környező ország osztályozott nyers perlit termékét bocsátotta rendelkezésemre polarizációs mikroszkópos vizsgálatra, hogy azok részletes ásvány-kőzettani vizsgálatát a hazai Pálháza-i perlit típusokkal hasonlítsam össze (1. ábra).

1. ábra. A Pálháza Gyöngykőhegyi perlit bánya. Sárga szarmata tufitot áttörő hialoklasztitba (barnás-szürke) nyomult horzsás-gyöngyköves perlit (szürke-fekete) extrúziókkal

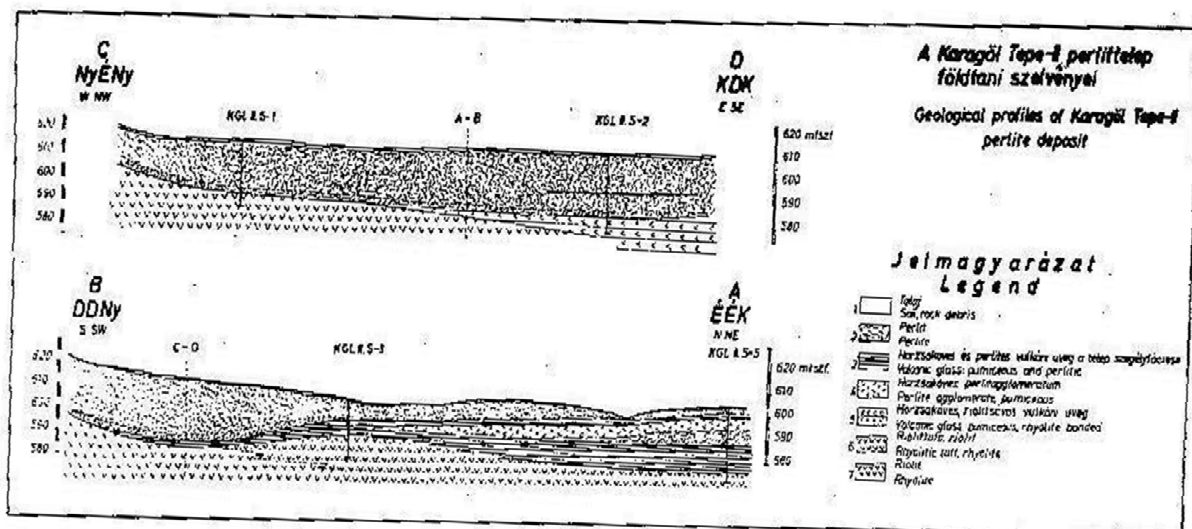
Figure 1. Perlite quarry in Pálháza Gyöngykőhegy. Yellow sarmatian tuffitic clay contain greyer-brown hialoclastits with grey-black pumiceous and massive perlite extrusions



Korábban a hazai kutatott perlit, szurokkő és pumicit (horzsakőtufa) területek mellett néhány külföldi perlit lelőhelyet magam is megtekinthettem (görög, szlovák, ukrán, örmény). Az ott látott földtani-teleptani felépítés, valamint a földtani irodalomban közölt adatok alapján az egyes ipari perlit típusok közettani és képződési jellemzőit a következőkben foglalom össze:

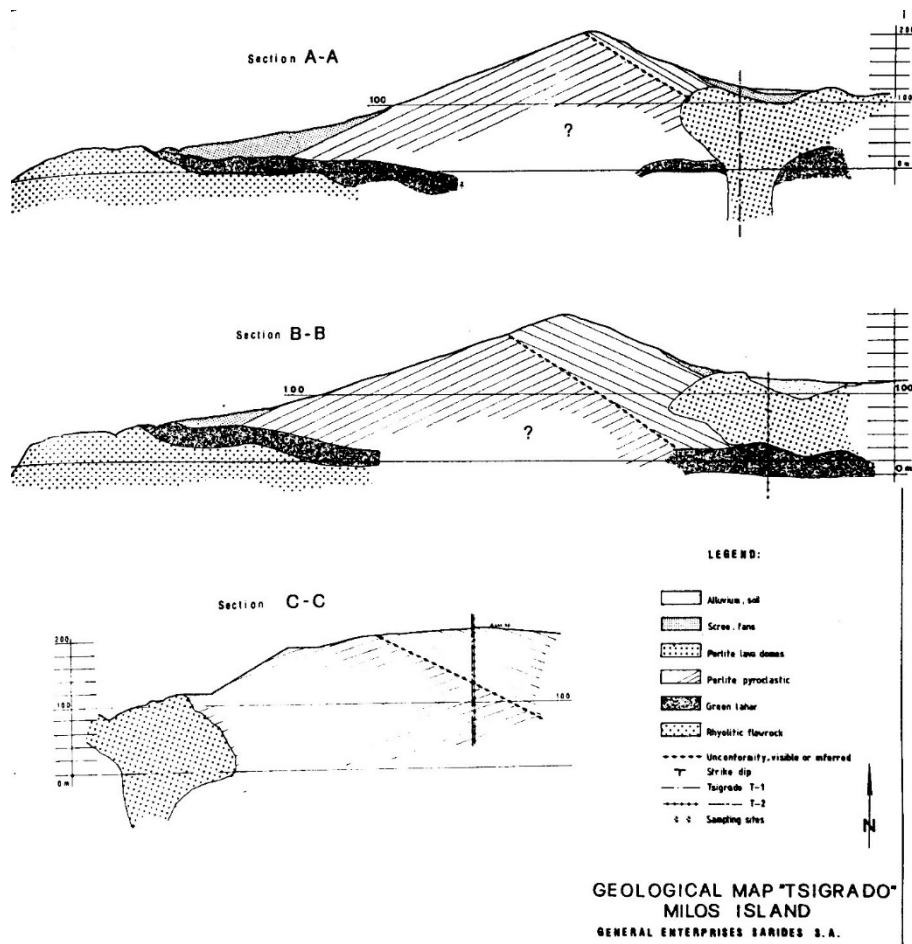
A perlitek perlites közettetek a magas SiO_2 tartalmú riolitos-riodacitos vulkanizmus termékei. A perlit nevet Verner után Magyarországon az irodalom 1793-ban említi először (J. Esmark), de Szabó József (1865) szerint a Tokaji hegységben a perlit a „békasó” népi elnevezéssel régóta ismert. Legtöbb lelőhelye a Tokajihegységben van, de a Mátra hegységben (Gyöngyössolymosi Kishegy), a Bükkalján (Kácsi Templomdomb) és a Visegrádi hegységi Pilisszentkereszten (Peres-hegy) riolitokhoz-dácitokhoz kapcsolódva nem ipari értékű indikációi is ismertek.

Földtani-vulkanológiai helyzetkép: A duzzadó vulkáni üvegek szubdukciós zónákban a riolitos-riodacitos mészkalkáli vulkanizmushoz kötődnek. A perlit kutatással foglalkozó nemzetközi földtani irodalom az egyrészt szárazulati, vízalatti benyomulású riolitos perlites-szferolitos-lávahorzsás lávadómokhoz, azok dájkjaihoz, lávaáraihoz, másrészt ignimbrites ártufa breccsás-horzsás-szurokköves terítéseihez, ill. hullott horzsakődús üvegtufáihoz kötik. A mediterrán térségben az afrikai és az eurázsiai lemez ütközés vonalában található a jelentősebb, európai-kisázsiai kainozoos (paleogén – Olaszország, Bulgária, Gúzia, Örményország – és neogén – Marokkó, Görögország, Magyarország, Szlovákia, Ukrajna, Törökország (2. ábra), Örményország –) perlit lelőhelyek. A magyarországi Tokajhegység-i és a görögországi Milos-szigeti perlit lelőhelyek a riolitos vulkanizmus kaldera szerkezetei szélén találhatóak. Ezek olyan önálló vulkáni kúpok, melyek működése részben nagy tömegű perlites-szurokköves piroklasztit szórással indult. (Pálháza, Páskatető, Trachilas, Tsigrado (3. ábra)). Később perlites-horzsás lávaárak, végül a szigettengeri peremeken perlites extrúzió dóm felnyomulások adták a tömeges perlit testeket. Ezenkívül ismertek a savanyú ignimbrites vulkanizmussal létrejött perlites-horzsaköves-szurokköves anyagú, nagy víztartalmú vulkáni áruk is (Páska-tető, Foçai-Törökország). Ezek anyagai képezik a térségben a gazdaságos perlit bányászat alapját. A piroklaszt hullásból származó nagy víztartalmú horzsakőtufák (pumicit) ugyan duzzadó képesek, de erős aprózódásuk, kis szilárdságuk miatt jelenleg nem képezik a bányászat és feldolgozás tárgyát.



2. ábra. Karagöl-Tepe i (török) perlittelep földtani szelvényei

Figure 2. Geological sections of Karagöl-Tepe (Turkey) perlitite deposit



3. ábra. A Tsigradó perlit lelőhely földtani szelvényei (Görögország-Milos)

Figure 3. Geological sections of Tsigrado perlite occurrence (Greece-Milos)

A duzzadó vulkáni üvegek típusai

A hóhatásra duzzadó vulkáni üvegek viszkózus riolitos-riodácitos lávából hirtelen lehűléssel keletkeztek, megdermedtek. Ezek a szilikát olvadék üvegek jelentős víz- és könnyenilló (CO_2 , CO , Cl_2 , S_2 , F_2) tartalmúak. Az üvegben diszpergált molekuláris víztől többnyire sötét (szürke-fekete-barna) színűek. A magas SiO_2 (> 68–75%) víztartalmú lávák hirtelen lehűlése az adott képződési környezettől (tenger, tó, szárazföld), a vulkáni testek térbeli helyzetétől, formájától (dóm, kürtő kitöltés, lávaár, piroklasztitár) és azok fizikai jellemzőitől (nyomás, hőmérséklet, gáz tartalom, viszkozitás) függenek. Ezen kőzetüveg típusok a következők:

Obszidián szürkés-fekete tömeges tömött szövetű vulkáni üveg. Víztartalma 0,5–1,0%. Az üvegben 1–5(10) μ -os közel gömbalakú (globulit), táblás (trichit), hosszúkás (longulit) kristálycsírák, vagy könnyenilló dús elemek különülnek el, másutt 10–20 μ -os breccsás-üveg szerkezet látszik benne. A sávos riolit lávák uralkodó üveganyagát képezi, ahol tömör és mikroporózus sávok váltakoznak egymással.

Perlit obszidiánból másodlagosan képződött szürke-fekete hagymahéj-szerkezetű mikrorepedésekkel átszótt üveg. Kötött víztartalma 1,0–3,5%. A molekuláris víz atmoszférikus hatásra utólag diffúzióval a mikrorepedések mellett jutott az obszidiánba. A tapadó adszorptív víz 2–3%. A perlit szemcsék közepén még ép obszidián (marekanit) mag található. A kristály csírák (globulit, trichit, longulit, kummulit) egyirányba (folyási) rendezetten található, gyakran az amorf üvegalkotó szemcsék széle devitrifikálódott.

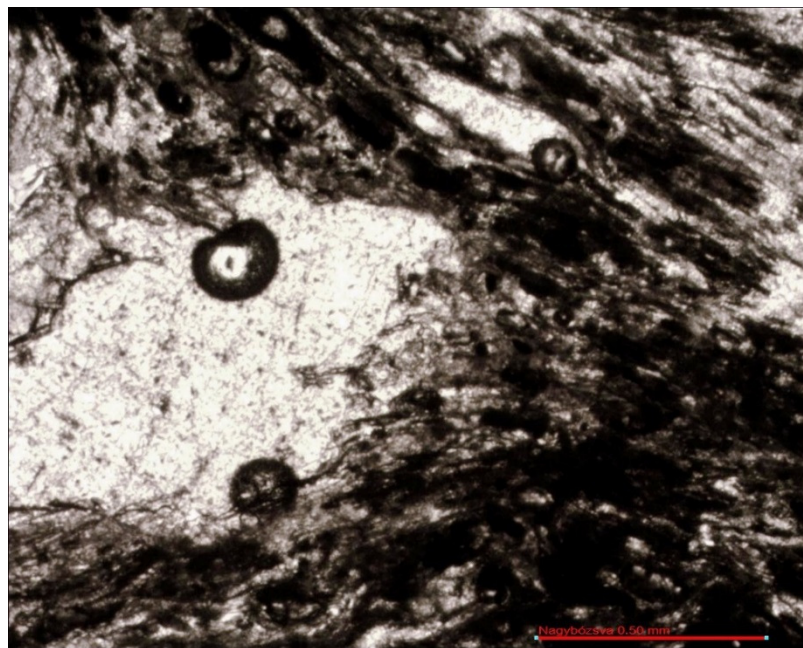
Szurokkő barna- barnászörös tömör viasz-gyanta fényű breccsás láva- horzával összefonódott. vulkáni üveg. A kötött víztartalma nagy 5–11%, átlag 7,5%. Összefüggően a kitérés központból több 100 m hosszúságban és több 10 m vastagságban viszonylag homogén terítései megismétlődnek.

Horzsakő (lávahorzsza) fekete-szürke színű obszidián anyagú üvegcső, ill. üvegcsál-rost, vagy üveg buborékok kötegeiből áll. A nagy porozitás ellenére kötött molekuláris víztartalma kicsi, az obszidiánhoz hasonló (0,5–1,0%), viszont a tapadó, adszorptív víz mennyisége nagy (3–4%)

Az egyes vulkáni üvegtípusok a természetes lelőhelyeken egymással váltakoznak aszerint, hogy az eredeti láva feltörése a vulkáni-kürtőben, vagy kifolyva a felszínen hogyan áramlott, érintkezett a talajvízzel, vagy a vízdús mellékkőzettel. Ezek az eredeti képződési adottságok a másodlagos hidratációval még bonyolultabbá teszik a duzzadó vulkáni üvegtestek fáciaseit.

Az instabil vulkáni üvegek anyaga az „előregedés” hatására fokozatos **devitrifikációt** mutat, mely az elemek belsejében cristobalitos mozaik formájában jelentkezik. Saját autó- , vagy külső hidrotermális hatásra, főleg az aktív üveg szemcsék szegélyén, vagy zsugorodási repedései mentén μ méretű zeolitosodás, agyagásvány képződés, tridimit kiválás fomájában figyelhető meg. Mindezen elváltozások a vulkáni üveg duzzadóképeségét csökkentik.

A sötétszínű vulkáni üvegek kötött víztartalma és könnyenilló tartalma határozza meg a **duzzadóképeséget**. Hőhatásra a tapadó víz 105 °C-on eltávozik a kőzetből, de a molekuláris víz (H₂O, OH) diffúzióval csak 380–400 °C-on távozik. Ezen hőmérséklet felett hirtelen hőhatásra (950–1100 °C) bekövetkezik a duzzadás, felfújódás, melynek során buborékképződéssel a maradék kötött víz és a könnyenillók fő tömege felfújja az üveg masszát, így jön létre az iparilag hasznosítható duzzasztott fehér színű porózus szilikát váz.



4. ábra. Horzshas szurokkőbreccsa (Nagybózsva) mikrofotója 1 N

Figure 4. Microphoto of pumiceous pichstone-breccia (Nagybózsva)

Összehasonlítás: A rendelkezésre álló 11 féle külföldi minta és a három hazai minta ásvány-kőzettani vizsgálata alapján megállapítható, hogy jelenleg több perlit bánya főleg a kitörési kúrtó közeli helyzetben (Yali, Buras, Tsigrado, Trachilas, Lehotka, Szardínia, Pálháza2) lávahorzshas, míg az extúzív dómokból obszidiános (Pálháza1, Marokkó, Izmir) perlitet termel. A vulkáni perlit-szurokkő breccsa fejtése jelenleg csak Nagybózsva–Páskatetőn folyik. A forgalmazott perlitetek legnagyobb részt 5–10% nem duzzadó fenokristályt tartalmaznak.

Az európai perlitekkel való összehasonlítás alapján a Pálházai perlit extrúziók gyöngyköves és horzshas típusai és Nagybózsva-i horzshas szurokkőbreccsa ártufa >90%-os alig devitrifikált amorf üveges alkotó elemei mennyisége alapján kedvező tulajdonságú, jól duzzadó nyersanyag

Az összehasonlító mintákon elvégzett teljes kémiai vizsgálatok alapján a TAS diagramon valamennyi lelőhely anyaga a riolitok közé sorolható. A röntgendiffraktométeres vizsgálatok megerősítették a vékonycsiszolat vizsgálatokkal kimutatott kristályos ásványi alkotók minőségét és mennyiségét. A termikus vizsgálatok jelezték az üvegtípusok hőhatásra bekövetkező vízvesztés szakaszait, valamint utaltak az üvegek alacsonyhőmérsékletű átalakulási ásvány-típusaira (zeolit, agyagásvány, cristobalit, stb.).

Mindezek alapján megállapítható, hogy az európai perlitetek kiváló minőségű természetes vulkáni üvegek, melyek hosszútávra biztosítják a sokirányú építőipari hő-hangszigetelő, kriotechnikai, mezőgazdaság-élelmiszeripari, környezetvédelmi stb. felhasználásukat. Az ezekből előállított termékek időtállóak, nem oxidálódnak és nem bomlanak.

1. táblázat. Az európai perliterek néhány ásvány-kőzettani jellemzőinek összehasonlítása

Table 1. Comparison of some mineralogical-petrological characteristics of European perlites

Az európai perliterek néhány ásvány-kőzettani jellemzőinek összehasonlítása										
LELŐHELY	Yali (Görög.)	Buras (Görög.)	Tsygado (Görög.)	Trachilas (Görög.)	Tidienit (Marokkó)	Kerko (Szlovákia)	Izmir (Török.)	Pálháza 1 (Magyarország)	Pálháza 2	Páskatető
TULAJDONSÁGOK										
Szövet:	folyásos, horzsás	folyásos, horzsás	folyásos, horzsás	hialo-klasz titos	perlites	horzsás, folyásos	horzsás, perlites	perlites,	folyásos horzsás	horzsás, szurokkő
Alapanyag:	40-50% obszidián, horzsa kis devitrifikáció	70% obszidián, horzsa	50% sötét-világos obszidián sávok devitrifikált	összeolva obszidián törmelék	perlites obszidián törmelék	obszidián devitrifikált sok apró kristály	obszidián perlites devitrifikált	obszidián 20-50µ-os szemcsék	80% horzsás obszidián	70% horzsás, szurokkő
Fenokristály össz:	3-4%	10%	5-10%	<30%	3-4%	10%	5%	5%	5%	2%
biotit	pleokróos	pleokróos	pleokróos	pleokróos	pleokróos	pleokróos	opacitós	pleokróos	pleokróos	pleokróos
piroxén	---	rezorbeált 200-900µ	alaktalan augit	---	---	---	repedezett hipersztén	---	---	hipersztén 800µ
amfibol	zöld amfib	---	---	---	---	---	---	barna amf 1500µ	---	---
magnetit	horzsában 60µ	opak 200-400µ	---	opak 100µ	---	---	---	opak 300µ	---	---
kvarc	kerekített repedezett	kerekített 700-900µ	---	szilánkos 100µ	---	hullámos 500µ	---	300µ	350µ	repedezett 300-600µ
K-földpát	agyagos 700µ	szanidin 900µ	kristálycsoport	---	100-1500µ	szanidin 400-600µ	---	szanidin 2500µ	szanidin 800-1000µ	---
plagioklász	ikres	zónás 600-900µ	---	---	---	---	oligoklász 300-400µ töredezett	1500µ	ikres 550-1200µ	oligoklász repedezett
Üveges alkotók:								90%	95%	90%
obszidián			obszidián	obszidián szferolit 400-1200µ	obszidián szilánkos tört	obszidián szferolit 600-800µ	obszidián felzites 400-500µ	szilánkos obszidián 500µ	obszidián repedezett	
perlit			1200µ-os		szferolit devitrifikált 400-500µ	obszidiános 400-500µ	obszidián felzites 400-500µ	szferolit perlit 500-1500µ	perlit sávos 1200µ	szferolit perlit 100µ-os
horzsakő	50% 1000-2000µ	70% 10-20µ-os csövekből	10-20µ-os csövekből	rostos 300-600µ	rövid csö- ves 500µ	hajlott csö- ves 800-1200µ			folyásos 600-1200µ	rostos összenőtt aszurkkővel
szurokkő										breccsás 240-500µ
Zárványok (xenolit)			riolit felzites 800-1000µ		riolit felzites 600µ		riolit felzites 500-1500µ		horzsás 6000µ	riolit bontott 1500µ
A kőzet menevezése:	perlites lávahorzsa	lávahorzsa	horzsás perlit	lávahorzsa	perlit	obszidiános lávahorzsa	devitrifikált perlit	obszidiános perlit	horzsás perlit	horzsás szurokkő

Irodalom:

- Csillag J., Zelenka T. 1999: A magyarországi perlittelelőhelyek földtani-genetikai típusai. *Építőanyag*, 51/2, 34-40.
- Gyarmati P. 1982: A Tokaji hegységi perlit kutatás és prognózis eredményei. *Földtani Kutatás*, 25/2, 61-68.
- Hatzilazaridou, K. 1999: Aegean Perlites. *Industrial Minerals and Extraction Industr. Geology*.
- Ilkényé Perlaky E., Szőr Gy. 1973: The perlites of the Tokaj Mountains *ACTA Geol. Hung.*, 17, 85-101.
- Ilkényé Perlaky E. 1974: A Tokaji hegység perlitjeinek genetikai típusai (Kézirat). MBFH. Adattár T 7566, 17 p.
- Heide, K. M. Földvári, T. Zelenka, G. Heide 2008: Gas release from Hungarian perlites. VI. Nemzetközi Perlit konferencia, Szilikátipari Egyesület Kiadványa, 95-107.
- Kaukkouzas N., Dunham A. 1994: Genesis of a volcanic industrial rocks, perlite deposit, Milos Island. Greece. *Bulletin of the Geol. Society of Greece* 30/3, 333-340.
- Kristály F., Márai F. 2014: Pálháza és Milosi perlit komplex kőzettani vizsgálata (Kézirat), 17 p.
- Liffa A. 1951: A Tokaji hegység perlit előfordulásai MÁFI. *Évi Jel.*, 32-46.
- Mátyás E. 1971: A perlit, mint vulkán kőzetfácies. ÉTE. Perlit konferencia kiadványa.
- Nasedkin, V.V. 1996: The perlite-obsidian association as non equilibrium natural system: conditions of occurrence, petrological significance. *Chemie der Erde*, 56, 364-372.
- Németh K., U. Martin 2001: *Practical Volcanology*. MÁFI. Bp.1-142.
- Slavik, J. 1967: XV. Perlit. *Nerastné suroviny Slovenka. Ústredni geologický úrad Praha-Bratislava*, 313-318.
- Szabó J. 1866: Tokaj-Hegyalja obszidiánjai. *A Magyarhoni Földtani Társulat munkálatai* 3, Pest, 147-142.
- Szepesi J., Kozák M. 2008: A telkibányai Cserhegy, Ó-Gönc riolit-perlit vonulat fáciesgenetikai és paleovulkáni rekonstrukciója. *Földtani Közönlöny*, 138/1, 61-83.
- Tóth K., Varjú Gy. 1976: A pumicit földtani adottságai és hasznosítási lehetőségei. *Építőanyag*, 28. évf. 237 p.
- Vecsernyés Gy. 1979: A perlitképződés vulkanológiai modellje törökországi (Nyugat-Anatóliai) példák alapján. *Általános Földtani szemle* N°12, 5-65.
- Whitson, D. 1982: Geology of the perlite deposit at No Agua Peaks, New Mexico Bureau Mines and Mineral Resources. *Circular* 182, 89-95.
- Yanev, Y. 2008: Geology of the Eastern Rhodopes perlite deposits (Bulgaria). VI. Nemzetközi Perlit Konferencia. Szilikátipari Egyesület Kiadványa, 177-195.
- Zelenka T. 2008: A Pálháza és környéki perlit előfordulások földtana. VI. Nemzetközi Perlit Konferencia. Szilikátipari Egyesület kiadv., 51-76.

PARÁDFÜRDŐI SZULFÁTOS–VASAS FÉLMESTERSÉGES ÁSVÁNYVÍZ – GYÓGYVÍZ

*SULPHATE-IRON-CONTAINING ARTIFICIAL MINERAL WATER
AT PARÁDFÜRDŐ – MEDICINAL WATER*

Szebényi Géza¹, Szilvás Brigitta², Földessy János², Suskó Mihály³

¹*Mecsekérc Zrt., szebenyigeza@mecsekerc.hu*

²*Miskolci Egyetem,*

³*Parádfürdői Állami Kórház*

Abstract

The mineralization of the Reck Porphyry Copper System is genetically related to the Paleogene neutral extrusive and intrusive formations of the area. The Reck Ore Komplex is a significant and well known object of several type of mineralizations, such as mesothermal, hydrothermal porphyry copper, skarn copper (so called Reck Deep), epithermal hydrothermal high sulfidation copper-gold and intermediate sulfidation polymetallic ore.

Advanced argillization, whimsical silicification and general sprinkling of pyrite is observed on the surface in the volcanic rocks in the distal part of the Porphyry Copper System of Reck, which is amplified in the tectonic affected areas.

There was carried out dozens of grater or smaller excavation for the occurrence of ore minerals in Parádfürdő, Reck and its surrounding from the early XVIIIth century. The Egyezség-mine (Vereinsfelder, Unio Grube) is one of them. The interest of that mine is that the tennantite, which was the initial mining target, was replaced gradually by alum and the medical use of the semi-artificial mineral water, which was produced by mine water and soaked altered rocks.

The history of the mineral water of Parádfürdő began in the late XVIIIth century. The naturally generated healing mine water was used to treat various skin diseases initially. Later the production of the mineral water was made independent from the mine and the semi-artificial mineral water was used in the spa treatments. Nowadays it has a medicinal certification. The efficacy of the therapy is verifiable with controlled examinations. The medicinal water used in the different medical treatments, mainly in gynecological problems.

Keywords: polymetallic ore, alum, dacite, acid mining water, medicinal water, balneology, gynecology

Kulcsszavak: polimetallikus érc, timsó, dácit, savas bányavíz, gyógyvíz, balneológia, nőgyógyászat

Történeti ismertetés

A Parádfürdő és Reck környéki ércnyomokra a XVIII. század elejétől kezdve több tucat kisebb-nagyobb érckutató bányavágatot hajtottak ki. Ezek közé tartozik a Fehérkőn az Egyezség-bánya (Vereinsfelder, Unio Grube) is. Ennek érdekessége, hogy a kezdeti fakóérc bányászati célt fokozatosan a timsó hasznosítás, illetve a bányavíz és az átalakult kőzetek áztatásával előállított félmesterséges ásványvíz gyógyászati felhasználása váltotta fel. Az Egyezség-bányából a kőzetlúgzóba történő kőzetcserehez a legutolsó kitermelések a Recki Ércbánya segítségével 1966-ban és 1981-ben történtek.

Az Egyezség-bánya első földtani leírását Kisvarsányi Géza (Kisvarsányi 1954) adta, és vizsgálta Parádfürdő fejlesztésének földtani vonatkozásait (Kisvarsányi 1956) is.

Parádfürdő Nagyközség megbízásából 1998-2004 között az Egyezség-bányában földtani térképezés, mintavételezés, vizes kioldási vizsgálatok és ásványvagyron becslés történt (Szebényi et al. 1998, Szebényi 1998, 2002, 2004).

A vizsgált területen az ELTE ásványtani tanszéke diplomamunkák keretében tudományos igényű felszíni ásvány-kőzettani anyagvizsgálatokat-értékeléseket végzett (Fekete 2012). A bányabeli mintákon – hasonló szervezési-finanszírozási keretek között – a Miskolci Egyetemen 2014-ben több reagenssel folytattak kioldási kísérleteket, és ásvány-kőzettani vizsgálatokat.

A parádfürdői gyógyvízalkalmazás történetét Bereti I. 1977 alapos összefoglalója dolgozta fel. A parádfürdői gyógyvíz hasznosítása a XVIII században kezdődött. A községben timsóbányászat folyt. A természetes körülmények között keletkezett gyógyító hatású bányavíz kezdetben különböző bőrbetegségek kezelésére használták. Később a bányától függetlenné tették a gyógyvíz előállítását és a félmesterségesen előállított ásványvizet a mai napi alkalmazzák a gyógyító fürdőkezelésekhez, elsősorban nőgyógyászati célokra. A gyógyvízelőállítás régebbi technológiáját Ligetiné Reviczky Alice (Ligetiné 1958) munkájából ismerhetjük meg. A ma alkalmazott technológiát Környezetvédelmi Felügyelőségi és ÁNTSZ dokumentum rögzíti (ÉMKTVF 2007, ÁNTSZ 2010).

A parádfürdői balneoterápia nőgyógyászati alkalmazásának tapasztalatait először Csuhai Sándor főorvos (Csuhai 1970) foglalta össze. A terápia hatásossága ellenőrzött vizsgálatokkal igazolható (Zámbó et al. 2008).

Földtani felépítés

Parádfürdő település a recski ércmező nyugati szegélyére esik. A recski ércmező ásványosodása genetikusan kapcsolódik a terület paleogén (eocén-oligocén) neutrális effuzív és intruzív képződményeihez (Baksa et al. 1980). A Recski Porfíros Rézérces Rendszer jelentős mezotermális hidrotermális porfíros és szkarnos rézércesedés (ún. mélyszinti) és epitermális hidrotermális nagy szulfidosodású réz-arany ércesedés (felszíni, felszínközeli) nemzetközileg jegyzett, ismert objektuma (Sillitoe 2010), amelyben intermedier szulfidosodású fakóérces-polimetallikus ércesedés is jelentkezik. Ez utóbbiak közé tartozik a parádfürdői Egyezség-bánya ércesedése is.

Az érces rendszer peremén, a felszínen, a vulkanitokban jelentős agyagásványosodás, kovásodás, pirithintés figyelhető meg. Gyakran fordulnak elő szeszélyes, fészkes-eres, zsákos, blokkos, nem klasszikus teléres hidrotermális ércnyomok (fakóérc, szfalerit, galenit, kalkopirit, telluridokkal, sporadikus nemesfém dúsulásokkal).

A felszínen – a régi tárók hányóin legerősebben – gyakran megfigyelhető a savasodás (Fodor et al. 2008).

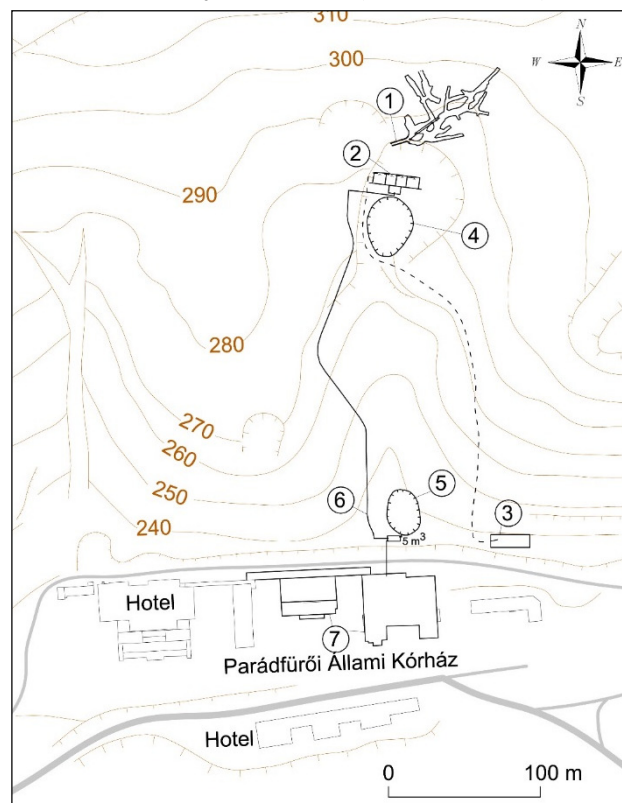
Az Egyezség-bánya a többfázisú Recski Magmás Komplexum ún. a1q jelű, kvarc-biotit andezit (dácit) fázisának láva- és alárendelten piroklasztikus kőzeteiben került kialakításra. A bányában vastag (0.5-1,5 m), egymást metsző breccsa zónák (idősebb NyDNy-i dőlésű [245°/55°-75°] és fiatalabb ÉÉNy-i dőlésű [330°-350°/55°-70°]) észlelhetők. A pirit finom hintésben, impregnációban általánosan elterjedt. Gyakorikak a másodlagos szulfátásványok (pl. gipsz, melanterit, kalkantit). A kvarcos, baritos, kalcitos-dolomitos fakóérces, alárendelten világos szfalerites-galenites telérek, breccsacementek ritkák, rövidek, vékonyak, jelentéktelenek (Szebényi 2004).

A gyógyvíz technológiája és előállítása

A félmesterséges ásványvizet majdnem zárt, részletesen kidolgozott és rendszeresen kontrollált technológiai folyamatban állítják elő, és megfelelő hígításban alkalmazzák. A bányából kitermelt kőzetet a szabad ég alatt kazettás lúgzóágyakon helyezik el egy méter vastagságban. A kilúgzás részben csapadékvízzel, részben a vízvezeték hálózatból vett vízzel történik. A képződött vasas-arzénes-timsós (VAT) víz gravitációsan átfolyik egy 75 m³-es betonmedencébe, melynek kifolyónyílása előtt ülepítő zsomp található. Innen a víz továbbhalad egy 1 m³-es fedett betonmedencébe, majd gravitációsan műanyag csővezetéken a földbe süllyesztett 5 m³-es polipropilén tartályba jut (1. ábra). Ebből a tartályból kerül át a VAT nyersvíz a kórházépület kezelőhelyiségeiben lévő fürdőkádkakhoz, ahol tiszta csapvíz mintegy tízszeres hozzákeverésével hozzák létre a kívánt hőmérsékletű és koncentrációjú fürdővizet (ÉMKTVF 2007)

1. ábra. Az ásványvíz előállítás technológiájának főbb elemei. 1. Egyezség-bánya (XVIII. század első felétől); 2. Áztató medencék (1866-tól); 3. Kazánház és a hozzá csatlakozó ivóvíz vezeték az áztatáshoz (1866-tól); 4. Felső tároló medence (1866-tól); 5. Alsó tároló medence (1866-tól); 6. Műanyag csővezeték (1981-től) a csatlakoztatott 5 m³-es puffer tartállyal (2000-től); 7. A Kórház a fürdőterápiával

Figure 1. The main elements of the technology of artificial mineral water production



Vízkémia és gyógyászati alkalmazás

A puffertartályban lévő víz összetételének jellemző komponenseit az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat. A műanyag tartályban lévő ásványvíz jellemző komponensei (2013. október 31.)
Table 1. Characteristic components of artificial mineral water in the buffer tank

Komponens	Mérték- egység	Mért érték	Komponens	Mérték- egység	Mért érték
Vas	mg/liter	65,00	Nátrium	mg/liter	9,44
Arzén	mg/liter	0,03	Alumínium	mg/liter	11,14
Kálium	mg/liter	1,58	Szulfát	mg/liter	950

Az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat Országos Tisztifőorvosi Hivatala 2010. márciusában a parádfürdői félmesterséges ásványvizet gyógyvízzé minősítette (ÁNTSZ 2010).

A félmesterséges ásványvizet a Parádfürdői Állami Kórházban ülfürdő formájában, elsősorban gyulladásozógyógyászati betegségek kezelésére alkalmazzák. A terápia Zámbo László főorvos vezetésével elvégzett, ellenőrzött körülmények közötti, dokumentált hatásvizsgálatának eredményeit szakfolyóiratban is olvashatjuk (Zámbo et al. 2008).

Következtetések

A gyengén érces, átalakult és a felszíni mállással is érintett vulkanitok áztatásával előállított ásványvíz összetétele hasonló, bár jóval higabb, mint az Egyezség-bányában összegyűlt bányavíz összetétele.

Tímós ásványt az 1998-óta napjainkig végzett vizsgálatok nem tudtak kimutatni.

A kőzetekben megtalálható nagymennyiségű finomszemcséjű, vasszulfid impregnáció oxidációja, bomlása okozza az oldható komponensek felszabadulását, ami az ásványvízben a vas, alumínium, nátrium, kálium, arzén, valamint a szulfát-tartalom emelkedését okozza.

A jelenlegi bányászati jogszabályok jelentős nehézséget okozhatnak a jelenlegi balneoterápia folytatásában. Az elmúlt időkben nagy számú beteg vett részt komplex, balneológiai terápiát is tartalmazó sikeres kezelésen a Parádfürdői Állami Kórházban.

Irodalom

- ÁNTSZ 2010: Parádfürdői Állami Kórház VAT víz-lúgozó medence mesterséges ásványvize gyógyvízzé minősítése. – Határozat (ikt. sz. 259-1/2010). Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat Országos Tisztifőorvosi Hivatal, 2010. március 25.
- Baksa, Cs., Cseh-Németh, J., Csillag, J., Földessy, J., Zelenka, T. 1980: The Recsk Porphyry and Skarn Copper Deposit, Hungary. In European Copper Deposits. – Belgrade, edited by Janković, S. and Sillitoe, R.H. Society for Geology Applied to Mineral Deposits (SGA). Spec. Pub. 1., 73-76.
- Bereti I. 1977: Adatok Parádfürdő múltjából. Rheumatologia – Balneologia – Allergologia XVIII. 117-124.
- Csuhai S. 1970: Parádfürdő vasas-tímós gyógyvíz gyógyító felhasználásáról 5 éves beteganyag vizsgálata kapcsán. Kézirat. Parádfürdői Állami Kórház, Parádfürdő.
- ÉMKTVF 2007: Parádfürdői Állami Kórház tímós medencék és technológiai vezeték fennmaradási engedélye. – Határozat (üi. sz.: 12.200-10/2007). Észak-magyarországi Környezetvédelmi Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség (Czesznek L., Hollár I-né), Miskolc, 2007. november 8.
- Fekete Sz. 2012: A Recski Magmás Érckomplexum fehérkői epitermás zónájának vizsgálata. Diplomamunka. – ELTE TTK Földrajz-Földtudományi Intézet, Ásványtani Tanszék, Budapest.
- Fodor, B., Tóth, Gy., Somody, A., Szabéni, G. 2004: Mining, Mining Waste and Related Environmental Issues in Hungary In: Mining, Mining Waste and related Environmental Issues: Problems and Solutions in Central and Eastern European Candidate Counties. Report of JRC Enlargement Project PECOMOINES (Inventory, Regulations and Environmental Impact of Toxic Mining Wastes in Preaccession Countries – Eds. G. Jordan and M. D'Aleandro. European Commission Directorate General Joint Research Centre, Ispra, Italy, EUR 20868, 79-90.
- Kisvarsányi G. 1954: Parádfürdő környéki ércesedés. Földtani Közlöny 84/3 191-200.
- Kisvarsányi G. 1956: Parád gyógyfürdő fejlesztésének földtani vonatkozásai. Kézirat. Budapest. MGSZ Adattár
- Ligetiné R. A. 1958: A parádi fürdővíz készítés technológiájának vizsgálata. Hidrológiai Közlöny 1958/6, 477-483.
- Sillitoe, R. H. 2010: Porphyry Copper Systems. – Econ. Geol., vol. 105, 3-41
- Szabéni G. 1998: Kutatási engedély kérelem dokumentáció. „Fehérkő-tímós” nyílt kutatási terület andezit nyersanyag kutatására. Kézirat. Progress Venture Engineering & Economics, Parád Nagyközség Önkormányzata. Parád.
- Szabéni G., Papp G., Tóth E. 1998: Kutatási Részjelentés. „Parád-Fehérkő” nyílt terület 1. ütem. Kézirat. Progress Venture Engineering & Economic-RAD Lauder Labor, Budapest. Parád Nagyközség Önkormányzata. Parád
- Szabéni G. 2002: Előzetes beszámoló a parádfürdői Egyezség bányában 2002. tavaszán végzett bányaföldtani munkákról. Kézirat. Progress Venture Engineering & Economics, Parád Nagyközség Önkormányzata. Parád
- Szabéni G. 2004: Kutatási zárójelentés. „Parád-Fehérkő tímós” kutatási terület 1998-2004. I. kötet. – Kézirat, Progress Venture Kft., Érd, Parád Nagyközség Önkormányzata, Parád, 2004
- Zámbo L., Dékány M. és Bender T. 2008: The efficacy of alum-containing ferrous thermal water in the management of chronic inflammatory gynaecological disorders – A randomized controlled study. European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology 140 (2008) 252-257

MORFOTEKTONIKAI VIZSGÁLATOK A BÜKK HEGYSÉGBEN (ÉK MAGYARORSZÁG)

MORPHOTECTONIC STUDIES IN THE BÜKK MOUNTAINS (NE HUNGARY)

McIntosh Richard William, Kozák Miklós

Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék,
mcintosh.richard@science.unideb.hu

Abstract

High number of structural elements was measured by the authors across the Bükk Mts. enabling the reconstruction of three major stress fields in the Alpine development of the mountains. The SW-NE, SE-NW and the S-N compression stress fields produced disharmonic folding and three sets of Mohr faults. The orientation of valleys and ridges were compared to that of the major structural elements in two study areas. Correlation between valley trends, ridge orientations and the strike of transverse faults, frontal faults and conjugated lithoclasts of the three stress fields is strong in both study areas. While the superposition of two sets of fold systems resulted in peculiar structural elements and landforms.

Keywords: micro-tectonics, morphotectonics, valley trends, Bükk Mountains

Kulcsszavak: mikrotektonika, morfotektonika, völgyiránystatisztika, Bükk hegység

Bevezetés

Egy táj arculatát alapvetően a földtani és földrajzi adottságok határozzák meg. A geológiai jellemzők köréből a tektonika az, amely alapvetően felelős egy terület térbeli helyzetéért és deformációs állapotáért, így ezeken keresztül nagymértékben meghatározzák a topográfiai megjelenést (Beavis 2000). Utóbbiak körében a legmarkánsabb elemek a csúcsok, gerincek és völgyek mérete, alakja és lefutása, amely a kőzet minőségén túl főként a felszín alatti földtani közeg szerkezeti elemeitől függ (Szalai et al. 2002). A földtan és felszínfejlődés kapcsolatát a Bükk esetében már vizsgálták (Hevesi 1978; Demeter, Szabó 2008; Püspöki et al. 2005), de a szerkezeti és a morfológiai elemek közötti kapcsolat kutatása (Scheidegger 2001) még nem történt meg.

A Bükk hegység felépítésében a felső paleozoos agyagos, karbonátos metaszedimenteken túl főként a triász karbonátos kőzetek és a jura pelágikus fáciesű agyagos, kovás, alárendelten karbonátos üledékek az uralkodók. Közöttük azonban orientáltan megjelennek olyan magmás kőzetek (triász metabazalt, metaandezit, metariolit), amelyek kis tömegük ellenére jól rögzítik a deformációs és tönkremeneteli folyamatokat, s meglepő módon ugyanazon elemek mérhető ki rajtuk, mint az üledékes kőzeteken. Méréseink fő elemei a frontális törések, haránttörések, konjugált litoklázisok, redőszárnyak, redőtengelyek térbeli helyzetét rögzítették.

A legtöbb információt a térrövidülésekhez köthető kompressziós hatások nyújtották. Közöttük a késő jurától napjainkig alapvetően három fő regionális nyomóerő ismétlődő megnyilvánulásai mutathatók ki. Közöttük az időben elsődleges (P_I) Ny, majd DNy-felől hatott, a röviddel ezt követő és vele felváltva működő másodlagos (P_{II}) nyomóerő DK-felől támadott. A kettő egyidejű működésekor, alárendelten már a krétában is fellépő eredő (P_{III}) É-ias vergenciájú volt, de hatása a neogénben erősödött fel. Ez utóbbi során a P_{II} dominánssá válása miatt az eredő vektor az óramutató járásával ellentétes irányban 15–30°-al elfordulva a hegység radiálisan kifutó völgyeiben jól kimutatható rotációt idézett elő.

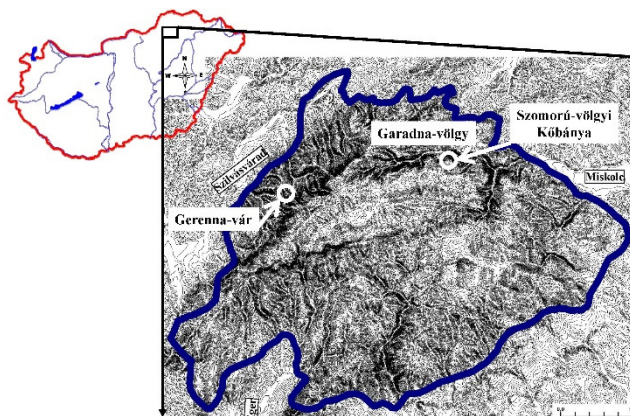
Célunk annak vizsgálata, hogy a szerkezeti vizsgálatok során azonosított képlékeny és rideg deformációs elemek tükröződnek-e a morfológiai képen. Van-e korreláció a völgyek és a gerincek lefutása, valamint a domináns törések irányítottsága között. A fenti vizsgálatokat és azok eredményeit két modellterület példáján mutatjuk be, melyek ÉNy-on és ÉK-en találhatóak.

Gerenna-vár körzete

A Bükk hegység ÉNy-i peremén az alsó-triász Gerennavári Mészkö Formáció alapszelvénye egy erdészeti műút mentén található (1. ábra). A védett feltárásban az eredeti rétegzés csak egyes szakaszokon, főleg a Ny-i részen észlelhető. Az itt kimérhető rétegdőlés uralkodóan DNy-i. Ezen a szakaszon lencseszerűen megjelenő breccsaövek is láthatók, melyek a rétegzés mentén történt szerkezeti mozgásokra, elcsúszásokra utalnak. A feltárás K-i oldalán a rétegzés alig észlelhető, mivel a meredek dőlésű palásság szinte teljesen felülbélyegezte. A középső, torlódásos zónában erőteljes szerkezeti igénybevételre utaló diszharmonikus gyűrődést azonosítottunk.

1. ábra. A modellterületek helyzete a Bükk hegységben

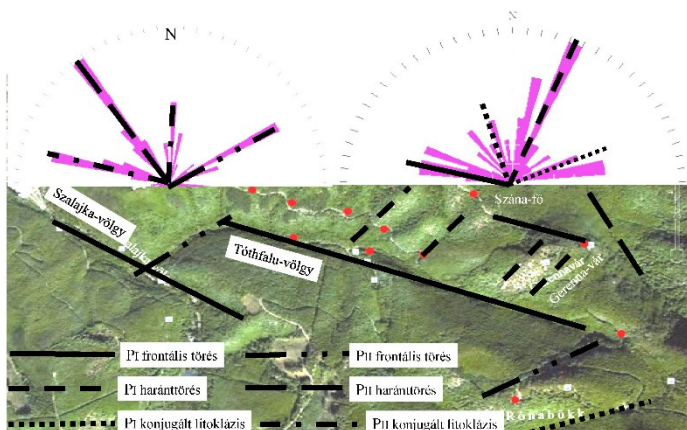
Figure 1. Location of the model areas in the Bükk Mountains



A feltárásban három töréstípust azonosítottunk, ezek csapásirányai a 2. ábra rózsadiagramjain láthatók. A frontális törések, a haránttörések és a konjugált litoklázisok P_I erőrendszer elemei. A nagyobb völgyek, illetve gerincek irányítottsága a területen domináns törések csapásirányával jó korrelációt mutat (2. ábra). A hosszú, gyakran aszimmetrikus völgyek (Szalajka-patak, Tóthfalu-völgy) a P_I frontális töréseivel korrelálnak. A rövidebb, szimmetrikus völgyek, illetve a közöttük futó gerincek pedig P_I haránttöréseinek csapásirányát követik. Egyes völgyek (Rónabükk DK-i előterében) P_I bal konjugáltjai mentén fejlődtek ki (McIntosh et al. 2013).

2. ábra. A Gerenna-vár körzetében mért törések, valamint egyes völgyek és gerincek irányítottságának korrelációja a horizontális térképi vetületi síkon

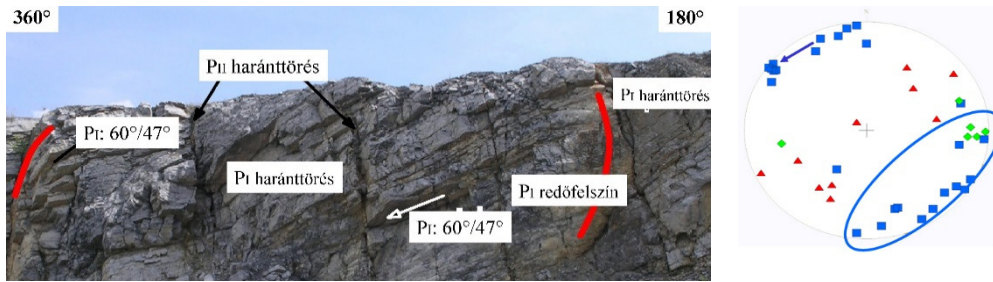
Figure 2. Correlation of the direction of joints and certain valleys and ridges on the horizontal plane in the vicinity of Gerenna-vár



Az előző feltáráshoz közeli mérési pontban P_{II} szerkezeti elemei is mérhetők. E P_{II} frontális törései P_I haránttöréseivel csaknem azonos irányúak. Így a P_I haránttöréseinek csapásirányával párhuzamos völgyek P_{II} frontális töréseivel is jól korrelálnak (2. ábra). Az úrfelvételen látható rövid, ÉK-DNy-i csapásirányú gerincek a Tóthfalu-völgy, valamint a Szána-fő – Málnás-orom között P_I hatására gyűrődött redők, melyeket P_{II} egy későbbi fázisa szintén meggyűrűt és deformált. A két redőződés szuperponálódása miatt jöhetnek létre olyan kaotikusan gyűrűt, torlódásos szerkezetek, amelyet a Gerenna-vár alatti parkoló feltárássában láthatunk. A terület egyik legszebb mélyvölgye (Leány-völgy) a P_{II} erő haránttörésének csapásirányát követi.

Garadna-völgyi terület, Szomorú-völgyi (Közép-Garadna) kőbánya

A másik területünk a Garadna-völgy középső részén a 6 szintes Szomorú-völgyi Kőbánya (1. ábra), amely középső-triász Hámori Dolomit Formáció kőzetét tárja fel. Pelikán (2005) szerint a pados dolomit nagyméretű átbuktatott redőszárnyát művelték a bányában. Mérésünk szerint a redőződés a P_I erőhatás következménye. A 3. ábra az V. udvar egy szakaszát mutatja be, ahol a rétegzés, P_I részleges redőfelszínei, P_I haránttörései, valamint P_{II} redőfelszínei is láthatók. A bányaudvaron mért redőtengelyek sztereogramja mindhárom említett főerő irányában mutat ki redőtengelyeket (3. ábra). A P_I hatására létrejött diszharmonikus redők tengelydőlésük alapján két csoportra oszthatók. A redők ilyen deformálódása az óramutató járásával ellentétes rotációra utal, amit konjugált litoklázisok deformációjában a Bükk hegység más területein is észleltünk (Kozák, McIntosh 2011), s előterének tufáin is kimutatták (Márton, Fodor 1995). A legfiatalabb P_{III} erő hatása az alsó bányaudvaron figyelhető meg, amelynek fala egy tektonikus blokk É-i szegélye, így rajta P_I és P_{II} deformált, ellapított redőinek rajzolatai láthatók. A bányászott gerinc és a szomszédos gerinc P_I redőtengelyét követi (4. ábra). A köztes völgyek P_I haránttörései, a Garadna fő szakasza P_{III} frontális.

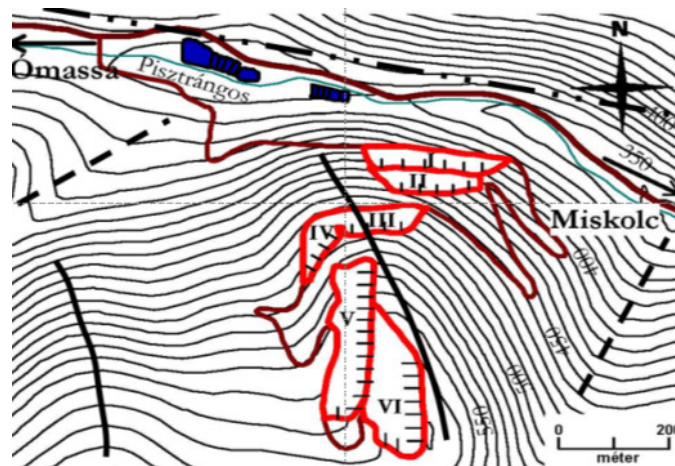


3. ábra. A Szomorú-völgyi Kőbánya V. udvara a kimért redőtengelyek sztereogramjával. (P_I: négyzetek, P_{II}: háromszögek, P_{III}: rombuszok)

Figure 3. Wall 'V' of the Szomorú Valley Quarry and measured fold axes in a stereogram. (P_I: squares, P_{II}: triangles, P_{III}: rhombuses)

A két erőhatás (P_I és P_{II}) később, kisebb intenzitással, felváltva deformálta egymás elemeit, majd együttesen léptek föl és erőteljesen átrendezték a hegység szerkezetét. Eredőjük (P_{III}) északias irányába orientálta a fő szerkezeti elemeket. E többször ismétlődő jelenségben az események előrehaladásával a másodlagos erőhatások dominanciája mind jobban érvényesült, ami az északias torlódások redőfrontjain rotációs szétDarabolódást idézett elő ÉNy-ias elfordulási iránnyal.

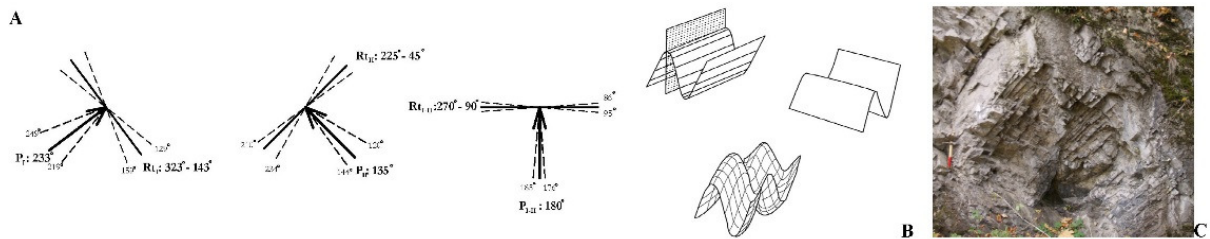
A Garadna-völgy D-i oldalának nagy része ilyen összetett rendszerhez kapcsolható feltolódási és tönkremeneteli blokkhatár, mely egy olyan É-ias vergenciájú redő fronthomloka mentén halad, amelynek hol a föl-, hol a meredeken leszálló szárnyait látjuk. Egyes völgyszakaszok kisebb elvetődések mentén eltolódtak és néhol cikk-cakkos szakaszokra bontva követik a K-Ny-i főcsapást, mely a P_{III} főeleme, diagonális mellékvölgyei pedig a P_I és P_{II} erőrendszer blokkhatárai (5. ábra). Az P_I szerkezeti elemei elsősorban a völgy K-i peremén, P_{II} szerkezeti elemei a völgy Ny-i peremén, míg P_{III} elemei a középső völgyszakaszon dominánsak.



4. ábra. A Szomorú-völgyi Kőbánya környékének morfológiája [P_I redőgerince: folyamatos, P_I haránttörése: szaggatott vonal, P_{III} frontális törése: két pont - vonal]

Figure 4. Morphology of the vicinity of the Közép-Garadna (Szomorú Valley) Quarry. (P_I fold hinge: continuous, P_I transverse fault: dashed line, P_{III} frontal fault: double dot - line)

Általános tapasztalat, hogy az ÉK-i vergenciájú P_I elsődleges erőhatás több hullámban volt aktív, először kisebb ívű, diszharmonikus, majd nagyobb ívű redőződéseket hozva létre. Az ÉNy-i vergenciájú, időben másodlagos, kompresszió (P_{II}) deformációs hatása néhol markánsan jelentkezik, a felszín közelében nem okozott olyan jellegű és mértékű gyűrődéseket, amilyenek az elsődleges térrövidüléskor létrejöttek. Az előző mozgások során megtorlódó,



5. ábra. A Garadna-völgyben mért szerkezeti elemeket létrehozó erőhatások irányvektorainak átlaga és szórása, két egymásra merőleges redőződés interferenciájának elvi modellje, valamint ennek a Garadna-völgyben kialakult példája

Figure 5. Average and standard deviation of the vectors of the stresses producing the structural elements measured in the Garadna Valley, theoretical model of the interaction of two perpendicular foldings and its example in the Garadna Valley

kiemelkedő gyűrt összlet nagyrészt már egy a korábbinál jóval konszolidáltabb kőzettömeeggé vált, így P_{II} hatása gyakran csak redőszerű töréses profilokat eredményezett.

A Bükk hegység nagyobb völgyei korrelálnak a két, részben átfedő erőhatással (P_I és P_{II}), valamint az eredő erőhatásuk ($P_{I-II}=P_{III}$) által létrehozott törések csapásirányjaival. Az egyes völgyek a két erőhatás különböző töréstípusainak csapásirányával is egybeesnek. Két egymásra merőleges vergenciáirányú redőződés interferenciája olyan belül kiüregelődő csavart szerkezetet hozhat létre, mint a Gerenna-vár torlódási zónájában, vagy a Garadna-völgyben (5. ábra, 'E' kép) látható.

Köszönetnyilvánítás

McIntosh Richard William kutatása a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom

- Beavis S.G. 2000: Structural controls on the orientation of erosion gullies in mid-western New South Wales, Australia. *Geomorphology*, 33, 59–72.
- Demeter G, Szabó Sz. 2008: Morfometriai és litológiai tényezők kapcsolatának kvantitatív vizsgálata a Bükkben és északi előterén: A statisztikus felszínelemzés alkalmazásának lehetőségei a geomorfológiában, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 182 p.
- Hevesi A. 1978: A Bükk szerkezet- és felszínfejlődésének vázlata. *Földrajzi Értesítő*, 27/2, 169–203.
- Kozák M., McIntosh R.W. 2011: Új típusú morfolotektonikai elemzések alkalmazásának indokai és módszerei a Bükkben. *A ME Közl., A sorozat, Bányászat*, 82, 183–188.
- Márton E., Fodor L. 1995: Combination of paleomagnetic and stress data – a case study from North Hungary. *Tectonophysics*, 242, 99–114.
- McIntosh R.W., Bódi E., Kozák M., Buday T. 2013: Tracing tectonics in topography in the Bükk Mountains, NE Hungary. EGU konferencia, Bécs, 2013. április 7–12.
- Pelikán P. (szerk.) 2005: A Bükk hegység földtana, Magyar Állami Földtani Intézet, 284 p.
- Püspöki Z., Szabó Sz., Demeter G., Szalai K., McIntosh R.W., Vincze L., Németh G. 2005: Statistical Relationship between lithological characteristics and morphological factors – an example for statistical surface analysis. *Geomorphology*, 71, 424–436.
- Scheidegger A.E. 2001: Surface joint systems, tectonic stresses and geomorphology: a reconciliation of conflicting observations. *Geomorphology*, 38, 213–219.
- Szalai K., Demeter G., Püspöki Z., McIntosh R.W., Gönczy S. 2002: The connection between tectonic endowments and valley development on a Palaeo-Mesozoic block and in an area consisting of Tertiary Molasse sediments (NE Hungary). *Geologica Carpathica*, 53, 132–136.

POSZT-RIFT DEFORMÁCIÓK A ROHONCI-ABLAK KÖRNYEZETÉBEN

POST-RIFT DEFORMATIONS IN THE SURROUNDINGS OF RECHNITZ TECTONIC WINDOW

Kovács Gábor

*Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, skovacs.gabor@caesar.elte.hu,
Nyugat-magyarországi Egyetem Földtani Intézeti Tanszék,
Geomega Kft.*

Abstract

The study area is situated between the Alps and the Danube Basin, bordered by Raab, Lafnitz, Bernstein and Kőszeg Mountains and Rabnitz. The various elements of geomorphometric toolkit have been applied to analyse the study area. During the Late Miocene sedimentation (from ~11.6 Ma), the basin was filled by different types of sedimentary units, while it evolved from deep lake through delta slope, to delta. The geometry of these structures is more or less explored, that makes it usable in the reconstruction of post-sediment deformation. Later small-scale deformations caused only minor changes in layer geometry. Since surface erosion was more effective than these tectonic deformations, the effects of these deformations are hardly observable in the present morphology. A general conclusion drawn from this study is that the large-scale morphology of the surface reflects the basin-ridge system of the pre-Cenozoic basement. Surface is relatively uplifted above the buried east-northeastern ridge of Vas Hill and Kőszeg Mountains, and further on above the southern foreland of the latter. On the totally plain southeastern area surface deformations could be detected using geomorphometrical tools. River style investigation revealed strikingly regular shape in the southwestern area. Seismic sections perpendicular to the revealed features also demonstrate folded geometry in the underlying Late Miocene sediments. Deformation smoothly follows the basement morphology. Basement morphology is not reflected directly in the surface morphology in the southern part, however thrust faults of the basement and connected anticlinal folds of the burying Late Miocene sediments can be observed in the seismic profiles.

Keywords: tectonic geomorphology, Pannonian, compaction, neotectonics, topographic swath analysis, river sinuosity analysis

Kulcsszavak: tektonikus geomorfológia, pannon, kompakció, neotektonika, sávszelvény-elemzés, folyókanyargósság

Bevezetés

A kutatási terület átmeneti zóna az emelkedő Kelet-Alpok és a süllyedő Kisalföld között (1. ábra). A dombvidéki terület fele részben Ausztria, fele részben Magyarország területén fekszik, a Répce, a Rába, a Lapincs folyók, valamint a Borostyánkői- és a Kőszegi-hegység határolják. A harmadidőszak előtti aljzat a hegységekben kibukkanó Pennini- valamint Ausztróalpi takarókból áll. Ezeket a kőszeg-rohonci metamorf magkomplexum kitakaródása (~19 Ma és 12 Ma között; Fodor et al. 2011; Tari et al. 1992) során legaktívabb siklatófelületek határolják el egymástól. Az aljzati medencét legvastagabban késő miocén korú üledékek töltik ki, melyeket a Pannon-tó visszahúzódása (~8.7 Ma; Magyar et al. 1999) óta sekélyvízi környezetben lerakódott váltakozó agyagos, lignites, homokos rétegek alkotnak. Geofizikai módszerekkel az ismert geometriában lerakódó üledékek leképezése könnyen kivitelezhető.

Módszerek

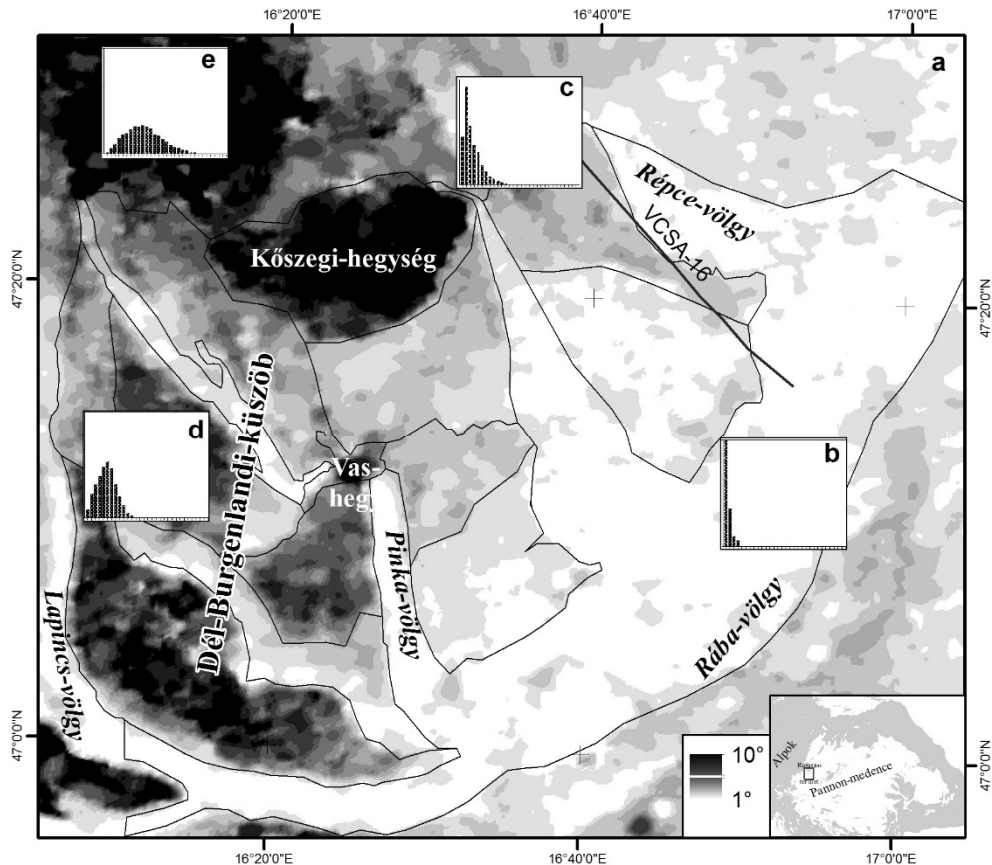
A közelmúltban számos geofizikai, geológiai kutatás érintette a területet, melyek a részterületek esetleges tektonikus meghatározottságát vizsgálták. Ezekhez kapcsolódnak még részben publikálatlan geomorfometriai vizsgálatok, melyek a fiatal deformációk földfelszíni megnyilvánulását fedték fel. Az aljzatmorfológia, valamint a fiatal (poszt-rift, 11.6 Ma-nél fiatalabb) mozgások kapcsolatát a földfelszíni jelenségekkel szeizmikus szelvények értelmezésével bizonyítom. A geomorfometria széles eszköztára a földtani probléma, a terület jellege és a cél tükrében alkalmas különféle tektonikus preformáltságából, vagy akár aktív tektonikához köthető jelenségek kimutatására (Marple & Talwani 2000; Keller & Pinter 2002).

Az alkalmazott geomorfometria módszerek közt szerepel 1) a földfelszín sávszelvény menti vizsgálata, mely a hagyományos topográfiai szelvény módosított alkalmazása (Telbisz et al. 2013). Ennél nem vonal mentén, hanem egy téglalap alatt levő magasságokat vizsgáljuk. Ezeket a kezdőponttól mért távolság helyett kezdővonalától mért távolság függvényében rajzoljuk grafikonra. Mivel ez esetben a kezdővonalától megegyező távolságra több földfelszíni pont is elhelyezkedik, azok átlagát, minimumát, maximumát stb. rajzolhatjuk fel. Így elkerülhető, hogy a szelvényünk nem tükrözi hűen a terület általános morfológiáját (például az utólagos felszabdaltsága okán) annak futásának megválasztása miatt.

2) A lejtőszög-eloszlás elemzése, térképi ábrázolásban alkalmas különböző jellegű területek lehatárolására. Erre az 1 km sugarú körben számított leggyakoribb lejtőszöget használtam. Ez a módszer bizonyult alkalmasnak a vízszintes sík, kibillent sík és a különböző mértékben felszabdalt területek elkülönítésére. Ennek kiegészítésére bemutatom az egyes részterületekre készített lejtőszög-hisztogramokat is.

3) A kiettség-eloszlás térképi ábrázolása egy hétköznapi módszer, mely a teljesen sík (illetve síknak tűnő) területeken rendkívül hasznos. Már kis lejtőszög esetén is mérhető az adott földfelszíni pont dőlési iránya, ezért kismértékű deformációk is kimutathatók a segítségével.

4) A vízfolyások szakaszjellege utalhat a területet érő tektonikus hatásra. Vizsgáltam a meanderező vízfolyások kanyargósságát, valamint a különböző szakaszjellegek előfordulását (Holbrook & Schumm 1999).



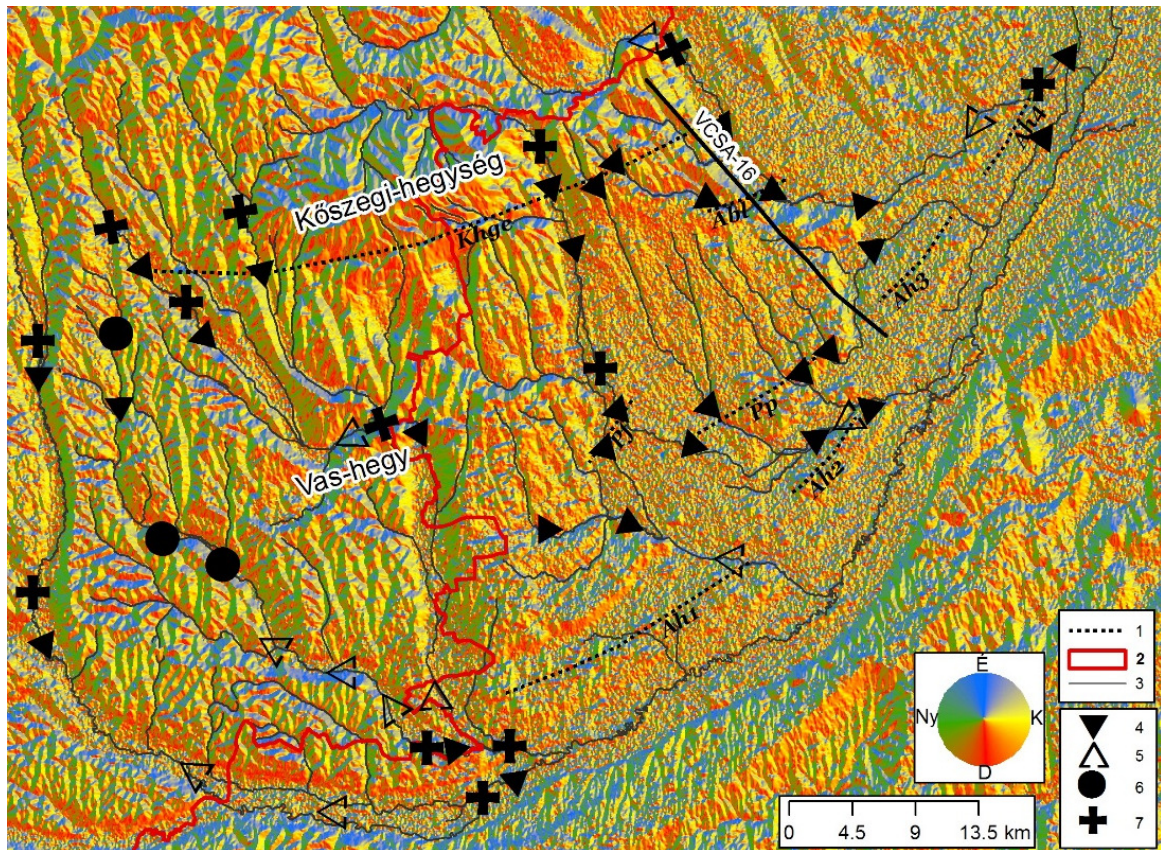
1. ábra. A kutatási terület leggyakoribb lejtőszöge 1 km-es ablakmérettel, a bemutatott szelvény nyomvonala és a lehatárolt terület egységek (a). b–e: az egyes terület egységek lejtőszög-histogramjai, 1°-os beosztással. Függőleges tengely az adott lejtőszögű képpontok részarányos előfordulását mutatja

Figure 1. Mode of slope of the study area using 1 km window size, trace of profiles and delineated subunits (a). b–e: slope histograms of the subunits, 1 column is 1 deg. Vertical axes represent the occurrence of slope value

Eredmények

A különböző morfológiájú terület egységek a leggyakoribb lejtőszög alapján kiválóan elkülöníthetők. Markáns különbség mutatkozik a Pinka-völgyének két oldalán, aminek oka a Ny-i terület 50-100 m-rel magasabb helyzete. Az a nagyjából megegyező magasságú erózióbázis mellett erősebb bevágódást eredményez. A Rába völgyéhez kapcsolódó területeken szinte csak az 1° alatti magasságok képviseltetik magukat (1. ábra/b). Ezzel szemben a Kőszegi-hegység és a Vas-hegy előterében az 1–2° szerepel legnagyobb részarányban ami azok kibillent jellegére utal (1. ábra/c). A Ny-i területek és a hegyvidékek (1. ábra/d és e) erősebb felszabdaltsága miatt egyenletes eloszlásban nagyobb lejtőszöget is mutatnak.

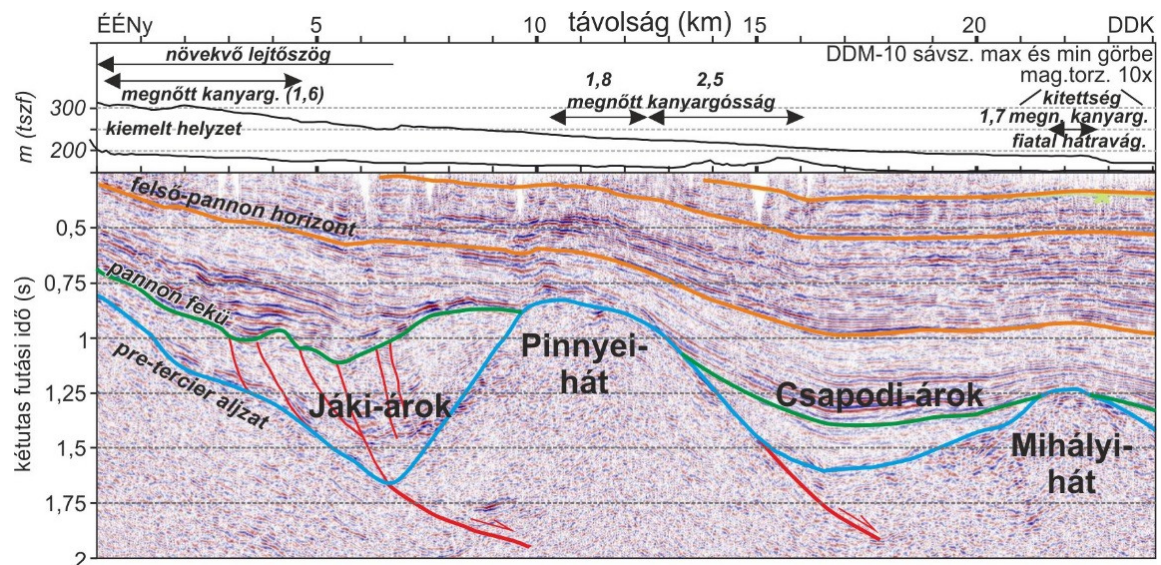
A kiettség és a vízfolyások szakaszjellegének együttes vizsgálata a DK-i területen ÉK–DNy-i csapású felszínformákat eredményez (2. ábra Ah1–4). Ezek tengelye elválasztja az északi és délies kiettségű térszíneket, tehát vonulat jeleget mutat. Az É–D-i irányban kb. 20 km széles vonulatokat csak néhány alámosott perem szakítja meg. Érdekes összefüggést mutat a kanyargósság, a formák tengelyétől É-ra a lejtőszög csökkenésére utaló, tőlük D-re növekedésre utaló szakaszjelleg mutatnak a vízfolyások, ami szintén a felboltozódásra, esetleges aktív emelkedésre utal.



2. ábra. A kutatási terület kitétsége és összetétele a kanyargósság eredményével. 1. kimutatott vonulatok tengelye; 2. országhatár; 3. vízfolyások; 4. lejtőszög növekedése; 5. lejtőszög csökkenése; 6. vető menti bevágódás; 7. emelkedés

Figure 2. Aspect of the study area and result of driver style analysis (RSA). 1. axis of delineated updoming ridge; 2. national border; 3. streams. Results of RSA along streams: 4. increasing slope; 5. decreasing slope; 6. incision along fault; 7. uplift

A kimutatott földfelszíni jelenségek erős összefüggésben állnak a pannon horizontok deformációjával (3. ábra). A vcsa-16-os szelvény ÉÉNy-i oldalán DDK felé lejtő pannon horizontokat láthatunk, mely megegyezik a felszín lejtésével és magasabb kanyargóssággal jár együtt. Hasonló formát mutat a Pinnyei-hát DDK-i oldala is. A Mihályi-hát felett a felboltozódás már az erős magassági torzítású topográfiai szelvényen sem látható, azonban a kitétség egyértelműen utal rá. A hátak között a pannon rétegek szinklinális formát mutatnak, a felszínen itt a kanyargósság normál értékre csökken vissza.



3. ábra. A va-5-ös szeizmikus szelvény és a megfigyelt morfológiai jelenségek

Figure 3. Seismic profil va-5 and observed morphological phenomena

Összefoglalás

A vizsgálatok nagy része megerősítette azt, hogy a Dél-Burgenlandi-küszöb (Sachsenhofer et al. 1997) és a hozzá kapcsolódó aljzati hátaik fölött a földfelszín is relatív kiemelt helyzetben van, előterükben kibillentnek tűnő felszínforma mutatható ki. A küszöböt határoló fiatal peremvetők vonala a földfelszíni lineamentekkel egybevág (Nebert 1979; Kosi et al. 2003), így azok fiatal aktivitása vagy utólagos kipreparálódása feltételezhető. A DK-i, teljesen sík, a Kisalföldbe simuló egységen szabad szemmel morfológiai változások nem vehetők észre. A vízálózat rajzolata, a szakaszjelleg-vizsgálat, valamint a kitétségi-térképezés azonban a Rábával közel párhuzamos, ismétlődő formakincset mutatott ki, amely a földfelszín tengely menti felboltozódására utal.

A szeizmikus szelvényeken az eredetileg vízszintes poszt-rift üledékek minden esetben deformáltak, általában a felszíni jelenségek vonalában. Ezek aktivitása két szerkezeti fázishoz köthető. A K-i, kisalföldi területen az aljzatban megfigyelhető siklatófelületek fölött a medencekitöltés szinklinális jelleget mutat, amit tehát a poszt-rift fázis során aktív tágulás, vagy a konszolidálatlan üledék egyre növekvő ránehezedő súly alatti tömörödése (kompakciója) hozott létre. A szeizmikus szelvények legfelső rétegei is deformáltak, koradatok hiányában a neotektonikus aktivitást kellő bizonyossággal nem jelenthetjük ki. A kimutatott deformációs jelek megegyeznek más szerzők által kimutatott feszültségtér-meghatározásokkal is, de a kialakító folyamatok közül nem zárhatjuk ki a differenciális kompakció lehetőségét sem, melynek mértékét további vizsgálatokkal adhatjuk meg.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP-4.2.4.A/2-11/1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A kutatáshoz szükséges infrastruktúrát az OTKA NK 83400 projekt biztosította.

Irodalom

- Fodor L.; Uhrin A.; Palotás K.; Selmeczi I.; Tóthné Makk Á.; Riznar I.; Trajanova, M.; Rifelj, H.; Jelen, B.; Budai T.; Koroknai B.; Mozetič, S.; Nádor A.; Lapanje, A. 2011: A Mura–Zala-medence vízföldtani elemzést szolgáló földtani-szerkezetföldtani modellje. Magyar Állami Földtani Intézet 46 p.
- Holbrook, J., Schumm, S. 1999: Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings. *Tectonophysics* 305, 287-306.
- Keller, E. A., Pinter, N. 2002: *Active tectonics*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Kosi, W.; Sachsenhofer, R. F., Schreilechner, M. 2003: High resolution sequence stratigraphy of Upper Sarmatian and Lower Pannonian Units in the Styrian Basin, Austria. In: *Stratigraphia Austriaca*, szerk: Piller, W. E., Österr. Akad. Wiss., Schriftenr. Erdwiss. Komm. 16, 63-86.
- Marple, R., Talwani, P. 2000: Evidence for a buried fault system in the Coastal Plain of the Carolinas and Virginia – implications for neotectonics in the southeastern United States. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 112, 200-220.
- Nebert, K. 1979: Die Lignitvorkommen Südburgenlands. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 122, 143-180.
- Sachsenhofer, R. F.; Lankreijer, A.; Cloetingh, S., Ebner, F. 1997: Subsidence analysis and quantitative basin modelling in the Styrian Basin (Pannonian Basin System, Austria). *Tectonophysics* 272, 175-196.
- Tari, G.; Horváth, F., Rumpler, J. 1992: Styles of extension in the Pannonian Basin. *Tectonophysics* 208, 203-219.
- Telbisz, T.; Kovács, G.; Székely, B., Szabó, J. 2013: Topographic swath profile analysis: a generalization and sensitivity evaluation of a digital terrain analysis tool. *Zeitschrift für Geomorphologie* 57 485-513.

A MISKOLCI AVAS DOMB FÖLDTANI KUTATÁSÁNAK LEGÚJABB EREDMÉNYEI

RECENT RESULTS OF THE GEOLOGICAL RESEARCH OF THE AVAS HILL IN MISKOLC

McIntosh Richard William¹, Kozák Miklós¹, Mocsár-Vámos Mariann¹, Dávid Árpád²,
Plásztán József¹, Papp István¹, Püspöki Zoltán³, Gyuricza György³, Latrán Béla⁴, Pataki András⁴

¹Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék, mcintosh.richard@science.unideb.hu

²Eszterházy Károly Főiskola, Földrajz Tanszék, Eger

³Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest

⁴Geokomplex Kft, Miskolc

Abstract

The geological stability research of the Avas Hill famous for its historical cellars and monuments is justified by repeated hazards. The Geokomplex Ltd. and the research group called "Tardona" at the University of Debrecen mapping and scientifically investigating the sediments of the Tardona Hills similar to the Avas Hill joined the programme financed by the local government of Miskolc. The group has a major database and significant research experience in the area.

A complex reconstruction programme has been planned with a strong foundation of geological research and engineering geological analyses. On this basis the 2D and 3D map series of the Avas was performed together with identifying the measures for preventing hazards, the reconstruction measures and their priority. Geological profiling was performed in certain cellars of the Avas and based the location of 5 cored and 4 non-cored boreholes on the results. These explored the complete stratification of the Avas down to the bottom of the slopes. The Sarmatian series is composed of shallow marine strata dominantly with sandy sediments and tuffogenic clay and their mix. Various bentonitized rhyolite tuff strata from distant volcanic centres are interbedded together with andesite lava rocks from nearby centres and the andesite tuff horizon that divides the Sarmatian series.

Keywords: Avas Hill, Sarmatian, cored borehole, volcanic sediment

Kulcsszavak: Avas-domb, szarmata, magfúrás, vulkanoszediment

A miskolci Avas-domb helyzete, földtani környezete és problémái

A Szinva völgyésíkjá fölé alig 60–100m-nyire magasodó Avas-domb a város emblemikus centruma, kultúrtörténeti értékeivel, a műemlék templommal, harangtoronnyal, temetőkkal, kilátókkal, történelmi pincesorokkal (1. ábra). Az Avas korábban nem képezte részletes földtani vizsgálatok tárgyát (Balogh 1964, Pelikán 2005), bár kőeszköz leletek már korán ráirányították a figyelmet (Papp 1907). A város mérnökgeológiai térképezése csak a felszínközeli zónát érintette (Juhász et al. 1978). Az Avasra az elmúlt években tömegmozgások irányították rá a figyelmet. Az önkormányzattal közösen létrehozott Avas Munkacsoport részeként Tardona Kutatócsoportunk részt vett az Avas-Észak előkutatásának folyamatában, mivel a Tardonai-dombság részletes újratérképezésének feladatát végezve vizsgáltuk az Avas szarmata rétegsorát is (Mocsár-Vámos et al. 2012, Kozák et al. 2013).

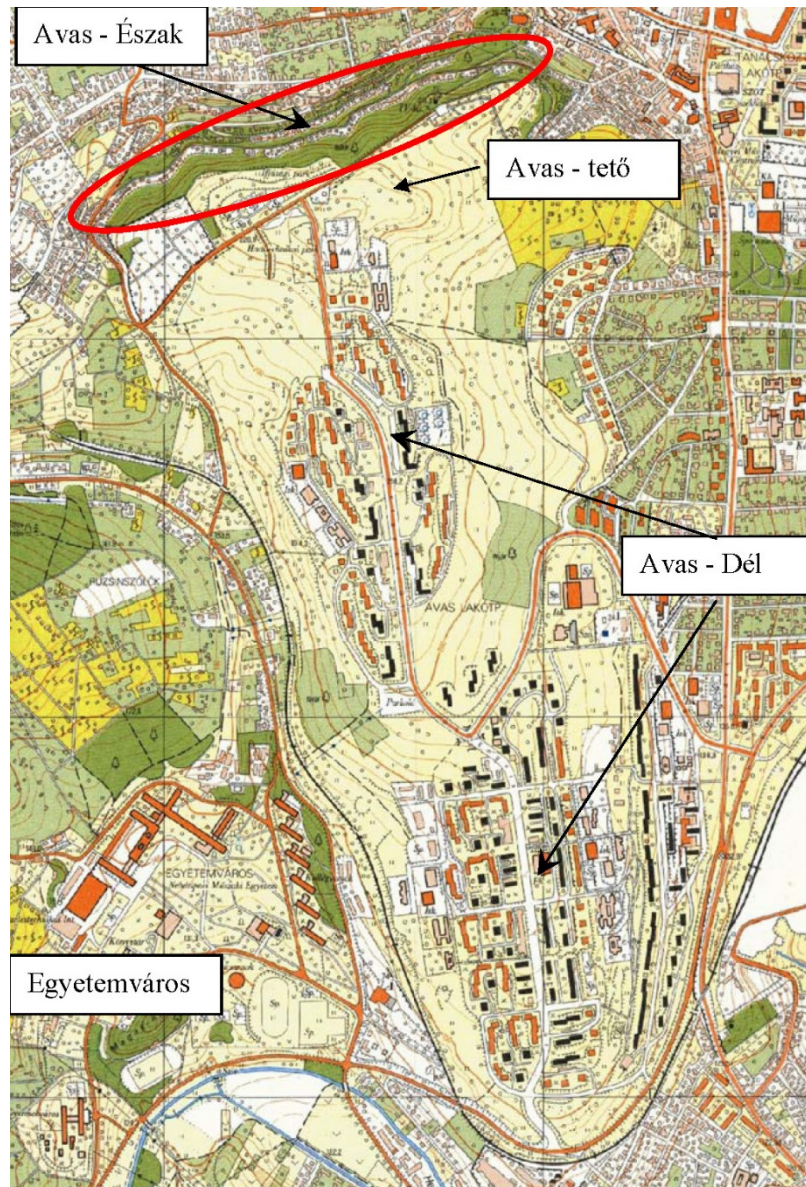
A Hejő és a Szinva patakok völgyei között emelkedő Avas-domb (1. ábra) meredek É-i lejtőjén régóta ismertek káresetek, a lankás D-i lejtőoldalon viszont csak az 1970-es években történt beépítés óta léteznek stabilitási problémák. Bár az Avast a Miskolci Bükkaljához sorolják, földtanilag indokoltabb lenne a Tardonai-dombság részének tekinteni. A dombot felépítő szarmata rétegsor (Sajóvölgyi Formáció) ugyanis megegyezik a dombság hasonló korú felszínalkotó képződményeivel (Püspöki 2002). Területén a karsztos triász aljzat tagolt felszíne kb. 300–350 m mélyen húzódik (Kozák et al. 2013).

A mai környezetet kialakító alpi szerkezetfejlődés fő elemei

Miskolc körzetében végzett mikrotektonikai vizsgálataink során az alpi hegységképződéshez kapcsolódó három fő térrövidülési irányt határoztunk meg a hozzá tartozó elemekkel (Kozák et al. 2002; McIntosh, Kozák 2006; McIntosh 2014), melyek jelentős részben átöröklődtek az Avas neogén képződményeire is. A kompressziós főirányok vergenciája sorra a következő:

1. ábra. Az Avas-domb helyzete a Szinva- és Hejő-patakok völgye között. A történelmi pincesor az ellipszissel körbehatárolt vizsgálati körzetünkben van az ún. Avas-Északon

Figure 1. Location of the Avas Hill between the Szinva and Hejő Valleys. The historical cellars are located in the study area in the Avas-North marked by the ellipsoid



- P_I erő, vergenciáiránya K-ÉK-ies, a neogénben ÉNy-ias rotációval;
- P_{II} erő, melynek vergenciáiránya ÉNy-ias;
- P_{III} erő, amely a P_I - P_{II} erő együttes működésének eredője É-ias vergenciával, a P_{II} fiatalabb korokban történő dominánssá válása miatt helyenként 15–30°-os, ÉNy-ias rotációval. A rotációra vonatkozó észleléseink jó egyezést mutatnak a bükkaljai riolituffák paleomágnesességéből számítható rotációval (Márton, Fodor 1995).

A P_I hatásai már a késő jura – alsó kréta idején érvényesültek, s több periódusban aktiválódva, diszharmonikus gyűrődéseket, a torlódási helyeken palásodásokat és kisebb feltolódásokat okoztak. A redő tengelyek divergencia kúpszöge néhol a 15°-ot is meghaladja. Az egyenetlen térrövidülés miatt a redőfrontokat merőlegesen mély haránttörések szelik át, az antiklinális boltozatokat pedig tengelyirányban felszínközeli radiális törések tagolják. A ma is mozgó közettömbben mérhetők a konjugált litoklázisok.

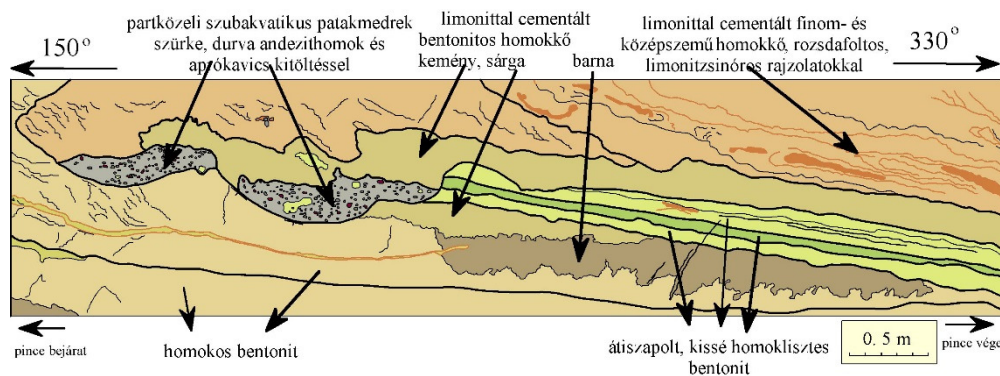
P_{II} már a kréta idején aktiválódott másodlagos erő, amely a korán kiemelt K-i Bükkben kevés deformációt hozott létre, főleg törésrajokból kirajzolódó álrédő profilokat eredményezett, felülbélyegezve és megújítva P_I elemeit.

P_{III} feltehetően már a kréta idején jelentkező, többször ismétlődő, a neogéntől felerősödött erőhatás, P_I és P_{II} egyidejű működésekor érvényesült, eredő vektora É-ias irányú. Hatása egy-egy szerkezeti blokk D-i és É-i szegélyén érzékelhető leginkább, összepréselve a felülbélyegzett egyéb elemeket.

A Bükk a lepusztult felszínű Dél-Gömörikumra rátolt allochton takaró (McIntosh 2014). Az aljzatról átöröklött töréses elemek az avasi pincékben is észlelhetők, a rotáció miatt aszimmetriával torzítva.

A folyamatos Avas-Észak kutatási program első eredményei

A stabilitás tisztázásához elsődlegesen az Avas rétegsorát kellett megismerni. Az egyes utcaszintek jellemző pincében földtani szelvényeket (2. ábra) vettünk fel (Mocsár-Vámos et al. 2012), a rétegefejen helyszíni, Schmidt kalapácsos rugalmasságmérés történt, s reprezentatív mintákon 17 féle laborvizsgálat készült (ásvány-kőzettani, talaj- és kőzetmechanikai). A felszíni és pincebeli adottságok ismeretében jelöltük ki a kutató mélyfúrásokat, az Avas-gerinc környezetében, s a fúrásokat a Geokomplex Kft. mélyítette, URB 2A2 típusú fúróberendezéssel.



2. ábra. A 27 m hosszú Ny-i pinceág földtani szelvénye [Toronyalja u. 61.]

Figure 2. Geological section of 27 m long W cellar tunnel [Toronyalja 61]

A fúrások (3. ábra) a Szinva-völgy allúviumának mélységéig hatoltak le, így a teljes szarmata rétegsort megismerhettük az 5 db magfúrás és 4 db teljes szelvényű kutatófúrás illetve karotázs görbéik alapján.

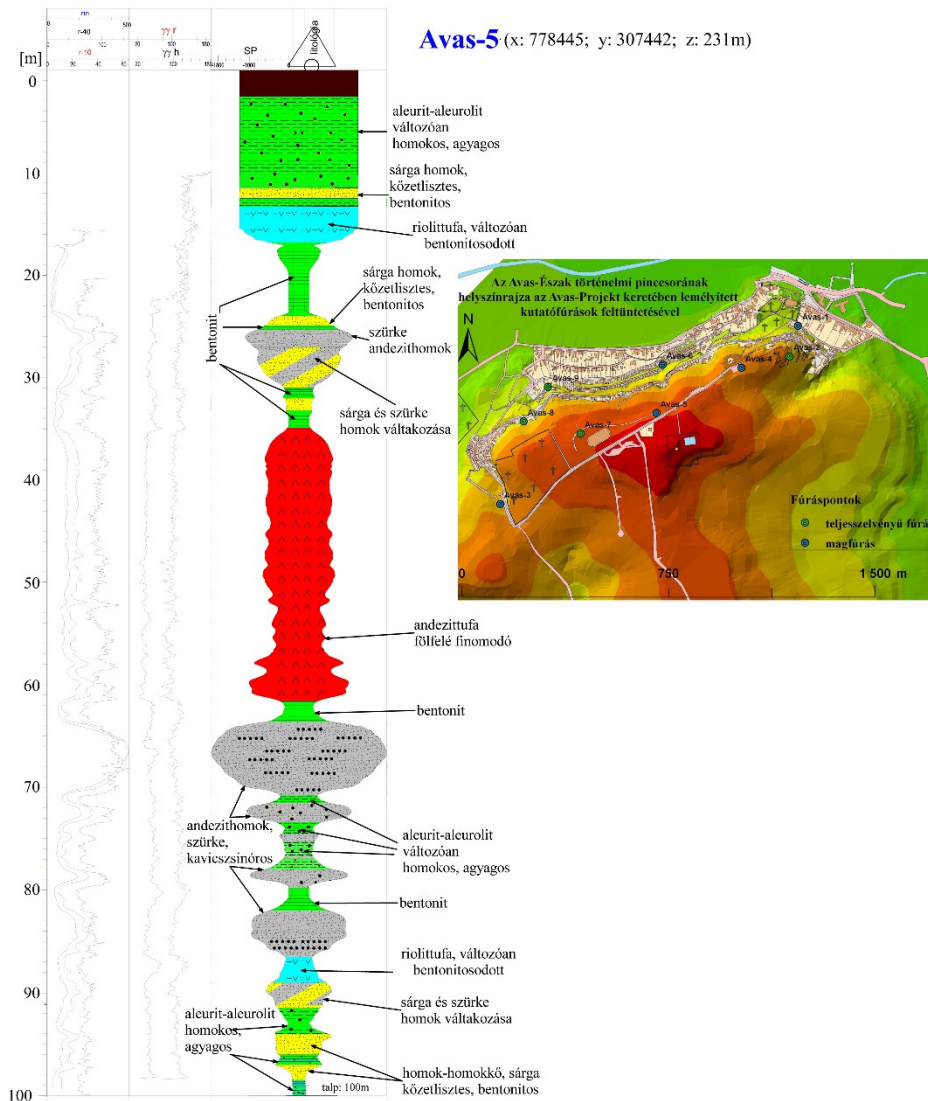
A szelvény is mutatja, hogy a rétegsort szabálytalan rétegfelszínnek jellemzik, gyakoriak a kisebb hiátusok, szögdiszkordanciák, illetve a rétegfelszínnek egykori víz alatti eróziója, valamint a kisebb-nagyobb medencén belüli áthalmozódások. A rétegsor általános DK-i lejtésével szemben ritkán ÉNy-ias dőlések is megfigyelhetők, amik a vulkanotektonikusan zavart, partszegélyi környezetben előfordulhatnak. Az összlet anyagában a homok és az uralkodóan montmorillonitban gazdag tufogén agyagok leülepedése és keveredése jellemző, s ezek változó aránya adja a látható rétegek többségét. A 2. ábrán bemutatott pince egyik nyílt litoklázisa mentén vízbeszivárgást észlelni, amely csak a vízzáró rétegeket harántoló töréseknél lehetséges.

A montmorillonit tartalom 10–15%-tól 50–80%-ig változhat. A kevésbé agyagos homok-homokkőben gyakoriak a rétegvíz eredetű limonit kicsapódások, szeszélyes lefutású rozsdafoltok, zsinórok, vagy átitatások. A betemetett patakmeder kitöltésekben koptatott andezit kavics található, amely egy „befagyott” kürtőbreccsa abrázíós lepusztulásából származhat. Piroxén tartalmában uralkodik a hipersztén, ami a 0,1–0,2 mm-es szemcsefrakció 20% körüli nehézásványának túlnyomó részét (80–95%-át) adja. E szelvényhez hasonló rétegsor sok avasi pincében fordul elő, néhol, nehézásványban gazdag szürke andezithomokok rétegszerű lencséinek betelepülésével.

Szarmata sekélytengeri üledékképződés és egyidejű vulkanizmus

Az avasi fúrások közül az Avas-5. magfúrás rétegsorát mutatjuk be (3. ábra), amely a 2. ábránál még átfogóbban reprezentálja a vulkanoszedimenteket. A szelvény és a fúrásrétegsor együtt az avasi összlet legjellemzőbb tulajdonságait jól szemlélteti. Nagyon kevés az idősebb képződmények áthalmozásából származó érett, erősen koptatott szemcséjű, világosabb színű, vagy sárga homok-homokkő, mivel ezek anyagához is többnyire áthalmozott tufafragmentumok, vagy egyéb vulkanoszediment eredetű komponensek keverednek. Így a rétegsor egésze az egyetlen összefüggő andezittufa réteget leszámítva a szarmata egészében sekélytengeri, partközeli környezetben felhalmozott, vékony (0,2-től max. 2–3,5 m-ig), zavart településű vulkanoszediment rétegekből álló rétegsor. Az összlet fő összetevője finomszemű, max. középszemű homok, melynek durvább része gyakran az ősfelszínig nyomult kürtőbreccsák és hialoklasztok szubmarin eróziójából származó, szétmosott, gyengébben koptatott, szürke andezithomok.

A vulkanizmus kettős származású és összetételű. A finomabb szemcsés savanyú, főként vitroklasztos riolit portufák távoli centrumokból származnak.



3. ábra. az Avas-5. sz. kutató magfúrás egyszerűsített rétegsora és karotázs görbéi

Figure 3. Simplified stratification and geophysical curves in borehole Avas-5

Két-három vékony (0,2–1,5m) lepelszerű betelepüléseket képeznek az Avas és a környék (pl.: Szirmabesenyő pincesor) szarmata rétegsoraiban, de anyaguk a közeli szárazulatokról a működés szüneteiben gyakran bemosódik a sekélytengeri üledékgyűjtőbe és keveredik az ottani kőzetlisztekkel, homokokkal. A savanyú tufák leülepedés közben és szindiagenetikusan is montmorillonitos elbontódást szenvedtek, a duzzadóképes szmektit aránya 20–75% között ingadozik a helyi adottságok függvényében. A kevés paleontológiai lelet és az életnyomokban gazdag részek vizsgálata is igazolja, hogy a szarmata üledékképződés sekélytengeri volt.

Az andezites vulkanizmus helyi, avasi centrumokból szolgáltat anyagot, s e centrumok száma a Tardonai-dombságban igen nagy lehetett, viszont anyagszolgáltatása csekély volt, működése szakaszos (Csámer 2007; Csámer, Kozák 2009). Az agyagos rétegek lefojtó hatása miatt gyakoriak lehettek a breccsásodó és hialoklasztizálódó, befagyott kürtőkitöltések, illetve a felszín alatti robbanásokkal kiszórt, intra- és extraklasztokban gazdag tufák megjelenése, amelyek azonban szétmosódva keveredtek az üledékkel. Kivételt képez a szarmata felső és alsó szakaszát szétválasztó, az Avason 5–23 m vastag extra- és intraklasztos andezittufa, amely sorozatos kitörések nagyobb tömegű anyagszolgáltatása folytán összefüggő réteget képez. Alsó harmada a korai kitörések hevesebb robbanásai miatt igen durva szemcsézetű, a mélyebb aljzat egzotikus kőzetblokkjaiban és a miocén rétegsor felszaggatott üledékblokkjaiban gazdag (Kozák et al. 2013).

Irodalom

- Balogh K. 1964: A Bükkhegység földtani képződményei. MÁFI Évkönyv, 48/2, 245–719.
- Csámer Á. 2007: Az ÉK-i Bükk neogén intermedier képződményeinek petrológiai és vulkanológiai vizsgálata. kézirat, PhD értekezés, DE Ásvány- és Földtani Tanszék, 129 p.
- Csámer Á., Kozák M. 2009: A magma és a nedves üledék kölcsönhatásának fáciesjelenségei késő-miocén andezitbenyomulások kontaktusán Tardona ÉK-i előterében. Földtani Közlemények, 139, 151–165.
- Juhász, J. (szerk.), Fuchs P., Goda L., Hajdúné Molnár K., Simkó I., Szabó I., Wallacher L. 1978: Magyarító Miskolc város építésföldtani atlaszához, Avas-Észak. Központi Földtani Hivatal, Budapest
- Kozák, M., McIntosh R. W., Püspöki, Z. 2002a: Structural development outline of the Bükk mountains reflecting recent regional studies. Proceedings of the XVII. Congress of Carpathian-Balkan Geological Association, Geologica Carpathica, 53.
- Kozák M., McIntosh R.W., Plásztán J., Vincze L., Mocsár-Vámos M. (szerk.) 2013: Térképkészítés és kapcsolódó stabilitási vizsgálatok, geofizikai munkák – Földtani, mérnökgeológiai-geotechnikai és geofizikai előkutatások eredményei. Az Avas rekonstrukciós program zárójelentése, kézirat, p. 197 + 14 melléklet.
- Márton E., Fodor L. 1995: Combination of paleomagnetic and stress data – a case study from North Hungary. Tectonophysics, 242, 99–114.
- McIntosh 2014: A Bükkium morfológiája. kézirat, PhD értekezés, DE Ásvány- és Földtani Tanszék, 231 p.
- McIntosh R.W., Kozák M. 2006: Tektonikai felvételezés tapasztalatai a Bükk-hegységben. Bányászat, Kohászat, Földtan Konferencia Kiadvány EMT Sepsiszentgyörgy, 262–267.
- Mocsár-Vámos M., Kozák M., McIntosh R.W., Léber T., Török Á. 2012: Engineering geological investigations in the historical cellars of the Avas hill in Miskolc (North Hungary). ACTA GGM Debrecina Geology, Geomorphology, Physical Geography Series, 6.
- Papp K. 1907: Miskolc vidékének geológiai viszonyai. Földtani Intézet Évk., 16, 97–135.
- Pelikán P. (szerk.) 2005: A Bükk hegység földtana. Magyarító a Bükk-hegység földtani térképéhez (1:50000). MÁFI kiadvány, Budapest, 284 p.
- Püspöki Z. 2002: A Tardonai-dombság miocén medencefejlődése az üledékes szekvenciák fácies- és rétegtani adatainak tükrében. Kézirat, PhD értekezés, Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszék, 128 p.

AZ ALGÁKTÓL AZ ŐSCSERJÉKIG, A GARADOS BIÓTA FLÓRAELEMEINEK TÜKRÉBEN

FROM ALGAE TO THE RHYNIOPHYTE, REFLECTED BY THE GARADOS BIOTA RELATED PLANTS

Pásztóhy Zoltán

Csíkszereda

pasztohyz@yahoo.com

Abstract

The Rebra Group containing the Garados Biota belong to the East Carpathian (Romania) Bucovinian Nappe. The Rebra Group, that contains lower - mid Neoproterozoic sequences. In the middle carbonate sequence at the Garados Hill, near the Sândominic was found a relative rich macrobiota, consisting algae, liverworts and primitive plants as *Pariophyton carpathense*, *Rezia andreánszkyi*. Evolved in a transitional zone, between the tidal and the supratidal zones, where took place the early colonization of land by plants and probably thus took place the hypothetical process of the "greening of the Earth". The two minuscule plants are consisted from elevated shoots with one terminal sporangia. This short shoots are erected from a thallus-like structure, named archetelome, which are thickened elongated ribbon - like or cylindrical. These primitive, leafless, monoaxial, monosporangiate species, situated between Bryophyte and Polysporangiophyta can ranged in a new Monosporangiophyta clade.

Keywords: East Carpathians, Rebra Group, Neoproterozoicum, primitive plants, Monosporangiophyta Clade

Kulcsszavak: Keleti Kárpátok, Rebra sorozat, Neoproterozoikum, primitív növények, Monosporangiophyta ágazat

Bevezető

A Csíkszentdomokos (Sândominic) melletti Bukovinai takaró-együtteshez tartozó, neoproterozoikumai Rebra sorozat, középső karbonátos, mészkő – dolomit összetételű szarmazó maradványok, zátonyépítő sztromatolitok, Stromatoporák, Archeocyaták, zátonyalkotó korallak, ősi trilobita, annelida, Rugosa és primitív Echinodermata, valamint Ediacara-fajok, *Horodyskia*, *Namacalathus*, *Charnia*, *Conularia* mellett, értékes flóraelemek - zöld és vörös algák, májmosók és ősi cserjeszerű fajok - kerültek elő.

A feltárt fosszilis anyagból a kiemelt két „átmeneti” faj, a *Pariophyton carpathense* és a *Rezia andreánszkyi* jelentős szerepet tölthetett be a szárazulatra vezető úton. Az ősi jellegű teleptest, alga elődökre utal, viszont a kiemelkedő egy sporangiumban végződő szárak, valamint a fejlett, több sejtrétegű fallal burkolt, orsóalakú sporangiumok már *Psilophyta* bélyegegek.

Átmeneti fajok

A különféle fejlődési vonalak, ill. csoportok között az átmeneti fajok jelenthetik az evolúciós folyamatok bizonyos lépcsőit, fokozatait, ezért két olyan intermedier fajt vizsgálunk meg, amelyek egyben jelentős szerepet tölthettek be a szárazulatra vezető úton.

1. ábra. *Pariophyton carpathense*. Lépték 2 mm

Figure 1. *Pariophyton carpathense*. Scale bar 2 mm



Subregnum: Embryophyta

Cladus: Monosporangiophyta n. cladus

A fekvő telepszerű testből, az archetelomából kiemelkedő növények, egy csúcsi sporangiumot hordozó, csupasz, nem elágazó hengeres hajtásokkal.

***Pariophyton carpathense* n. gen. et sp.**

Etimológia: a *pariophyton* (lat.), jelentése születő növény és a *carpathense* jelentése kárpáti.

Lelőhely: Marosfő (Izvorul Mureşului).

Leírás: A pár mm nagyságú apró növény egy szalagos telepszerű testből kiemelkedő több sporangiumban végződő hajtásból áll (1. ábra). A spóratartós hajtások magassága 3–8 mm. A sporangium mérete 1–3 mm között váltakozik. A sporangiumokban a központi oszlop vagy columella hiányzik. A kiemelkedő, nem elágazó száruk hengeresek és vastag falú és ovális vagy orsóalakú sporangiumokban végződnek. A meddő hajtások hiányoznak. A több sejtrétegből felépülő, szalagszerű – hullámos teleptest, 0,1–0,3 mm vastag és 2–3 mm széles. A telepszerű fekvő képlet, az archeteloma helyenként megvastagodik és üreges-jellegű, a feltételezhető légkamrák miatt. Ez a fekvő képlet, az ivaros, haploid gametofita nemzedéket képviselheti.

A rövid sporangiumos hajtások a mesoma őseit a protomesomát képviselhetik, ami egyben őscserje vonás, míg a megvastagodott szalagos prostratum, alga örökség, de kifejlődése alapján a föld alatt kifejlődő rhizoma – előd lehet.

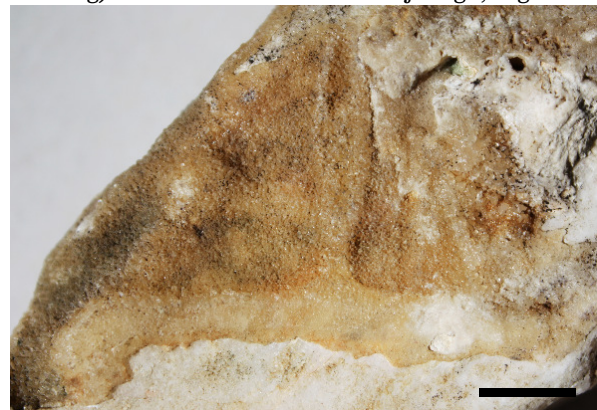
Elemzés. A *Pariophyton*hoz legközelebb a *Sporogonites* áll. A mohákhoz sorolt *Sporogonites* sporangiumának fala több sejtrétegű és központi columellával rendelkezik. Ezért ezeket, a Bryophytáknál található központi oszlopos sporangiumos fajokat Stewart és Rothwell (1993) "columellate"-knak nevezi. A columellával rendelkező és a szállító edények hiánya miatt a *Sporogonites*-t Andrews (1960) a Bryophytákhoz sorolja. Összehasonlítva a *Sporogonites*-szel a *Pariophyton* magasabb szervezetségi szintet mutat a hengeres, alul az elvastagodó szár végén elhelyezkedő jellegzetes orsószzerű sporangiummal, míg a májmohákhoz sorolt *Sporogonites*-nél a telepszerű testből vékony toknyelek emelkednek ki a végükön mohákra jellemző spóratokokkal.

Zimmermann a szárazföldi növényeket olyan heterotrich felépítésű zöld algáktól származtatja, ahol jelen van a prostratum és egy kiemelkedett rész, a kiemelkedésből származik a sporofiton, míg a prostratumból a rögzítő – abszorbeáló gyökér. Így esetünkben a szalagszerű, fekvő képlet, Zimmermann megnevezésével élve az *archeteloma*, ami megőrizte a telepes jelleget, és amiből a fellépő negatív geotropizmus hatására emelkedtek ki a hajtások (Zimmermann 1953). A *Pariophyton carpathense* ősi jellegű szalagszerű prostratuma vagy az archetelomája alga elődökre utal, viszont a kiemelkedő sporangiumos száruk, valamint a jól fejlett, több sejtrétegből álló fallal burkolt, orsószű sporangiumok már őscserje, *Psilophyta* bélyegek, viszont pleziomorf bélyeg a sporangiumban végződő, el nem ágazó szár.

***Rezia andreanszkyi* Pásztóhy 2012**

Fejlett hengeres rhizomából és az ebből függőlegesen kiemelkedő sporangiumos hajtásból áll (2. ábra). Az igen rövid szár egy, viszonylag fejlett, orsó alakú sporangiumban végződik. A szár csúcsán elhelyezkedő sporangium fala vastag, több sejtrétegű, a központi columella vagy oszlop viszont hiányzik. A sporangium testét spórák töltik ki (Pásztóhy 2012).

A fejlett hengeres rhizoma külső morfológiája alapján, több látható elsődlegesen differenciált szövetet (kutikula – epidermisz alatta parenchima és egy központi köteg) különíthetünk el. A kúszó jellegű, végén lehajló, hengeres gyöktörzs alján elkülönülő, ismétlődő rhizoid csomókkal a *Aglaophyton* rhizomájára emlékeztet.



2. ábra. *Rezia andreanszkyi*. Lépték 10 mm.

Figure 2 *Rezia andreanszkyi*. Scale bar 10 mm.

Az őscserjék felé vezető út

A két ismerttetett átmeneti - faj, a *Pariophyton carpathense* és a *Rezia andreanszkyi* alapján előttünk egy új fejlődési vonal és egy új rendszertani egység a Monosporangiophyta ágazat rajzolódik ki.

Zimmermann (1953) szerint az edényes növények kialakulása két szakaszban történt, az elsőben a Thalassiophyta – Rhynia szervezetszerű növények alakultak ki, a másodikban a tulajdonképpeni edényes növények. Az ősi szárazföldi növények a Thalassiophyta-szerű alakokból heteromorf nemzedékváltozással fejlődtek ki, a hajtások a telepes felépítést megőrző *archetelomából* (Zimmermann 1953). Az őscserjék az ivartalan szakaszt képviselik, a földalatti rhizoma lehet az ivaros nemzedék (Andreánszky 1964), így a *Rezia* szubsztrátumban kúszó hengeres rhizomája is a haploid gametofita nemzedékből származhat.

Molekuláris bizonyítékok alapján az őscserjék utolsó közös őse a ma élő, édesvízi, csillárkamoszatokhoz tartozó *Coleochaeta* lehetett (Kenrick, Crane 1997, Qiu, Palmer 1999, Graham et al. 2000), de újabban feltételeznek más lehetséges vonalat is, mint a *Zygnemophyceae*- és a *Klebsormidiophyceae*-ékat (Niklas, Kutschera 2010). A szárazföldi növények moha-szervezetszerű fajokból alakulhattak ki és a legutolsó közös ős egy, levéltelen, száras gametofitonon kifejlődött egyszerű monosporangiumos sporofiton lehetett (Ligrone et al. 2012), amik több pleziomorf, „moha” vonást őriztek meg (Taylor et al. 2009, Qiu 2008). A legelső sporofita maradványok még kicsik voltak és gametofita-függők lehettek, levéltelen szárral, csúcsi sporangiummal rendelkeztek, de a gyökér még hiányzott (Kenrick, Crane 1997, Kenrick 2000, Boyce 2010). Filogenetikai és molekuláris adatok alapján a májmohákat tartják a szárazföldi növények legközelebbi rokonainak (Qiu et al. 2006, Qiu 2008). Viszont a mohák egyszerű, a törzsfajlásban megrekedt szerkezetek, melyek nem képeznek összekötő kapcsolatot a moszatok és a száras növények között, amelyek a zöldmoszatokból, de a moháktól független úton alakultak ki (Géczy 1972).

Az edényes növények evolúcióját a nagyobb genetikai változatosságot biztosító, sporofita nemzedék megerősödése határozta meg, ezt a folyamatot két elmélet képviseli, az egyik az antithetikus hipotézis, a másik a homológia elmélet (Taylor et al. 2005). Esetünkben, a Pariophytáknál és a Reziáknál is a telepből, vagyis az archetelomából kinövő monosporangiumos szár az antithetikus elméletet igazolja. Eszerint a *parazita* sporofiton nemzedék (Kenrick, Crane 1997b), a gametofita eredetű teleptesten, az embrióban az un. *késleltetett meiózis* által fejlődött ki, a zigóta mitotikus osztódásával (Graham et al. 2000). Az a meiózis közé interkalálódó mitóosztást Niklas, Kutschera (2010), *evolúciós újításnak* nevezi. Így a *Pariophyton* és a *Rezia* spórás szára is, a késleltetett meiózis hatására, egy Chara-féle ősi gametofita archetelomájába ágyazott zigótából fejlődhetett ki.

A korai edényes növények sporofitonjai méretük, a szöveteik differenciációja és az egyszerű terminális sporangiumuk miatt a moha-modellre hasonlítanak (Edwards et al. 1995, Kenrick 2000). A fekvő, telepszerű gametofiton döntő feltétele a sporofiton kifejlődésének, amiből a szubsztrátumban, indaszerűen kúszó rhizoma fejlődik ki, így valószínű, hogy az őscserjék utolsó közös őse egy levéltelen axiális gametofitonon kifejlődött, egyszerű felépítésű, egy spóratartóban végződő sporofiton lehetett (Ligrone et al. 2012). A növények korai evolúciós folyamataiban, a levél nélküli, monosporangiumos alakok képviselhetik a fejlődés első lépéseit, a „sterilizációs elmélet” állítására alapozva, mely szerint a levelek átalakult sporangiumok (Kenrick, Crane 1997b; Kenrick 2002; Harrison et al. 2007), így tehát, először a sporangiumban végződő hajtás alakult ki és csak utána született meg, a meddővé vált hajtásból, a levél.

A további „fejlődés kulcsát” jelentő, hajtásos sporofita test kifejlődését, majd dominanciáját az apikális merisztéma határozta meg (Bennici 2008, Taylor et al. 2009, Ligrone et al. 2012). A Rhyniopsidák kialakulása két úton történhetett: a *Rhynia* típus ősei független sporofiták voltak, míg a *Horneophyta* típus a gametofita függő sporofita előd volt (Stewart, Rothwell 1993).

A domináns sporofita generáció, az aljzat fölé emelkedett spóratartójának legfontosabb szerepe a spórák szél általi széleskörű terjesztése volt és a kiemelkedett sporofita hajtás a csúcsi sporangiummal a nagy területű spóraszórást szolgálta (Dzik 2002; Becker, Marin 2009; Wilson 1953). Az őscserjék ősei az árapályövben élő algák lehettek, a környezethez való alkalmazkodás lehetővé tette a nedves élettereken át a növények fokozatos vándorlását, a fellépő extrém feltételek ellenére, (változó sótartalom, erős sugárzás, kiszáradás – kitettség) a szárazulatra (Becker, Marin 2009, Pásztohy 2012).

Értékelés, következtetések

A heterotrich felépítésű alga szalagszerű telepe, megerősödik, több sejtrétegű lesz és a Zimmermann-féle archetelomává alakul át. Az archeteloma a szubsztrátumba ágyazva, az abszorpció mellett, rögzíti a növényt. A kifejlődött hengeres vagy szalagszerű teleptestből kiemelkedik a sporangium, majd ezzel együtt, további növekedéssel, a hengeres szár.

A késleltetett meiózis következtében fellépő mitózis hatására a gametofita transzfer sejtek segítségével létrejön az alapmerisztéma. A kialakult merisztéma hozza létre a diploid sporangiumos hajtást. A hajtás kezdetben nem ágazik el, csupasz és csúcsi sporangiumban végződik. Ezt a „monosporangiofita” szervezetségi szintet a *Pariophyton* és a *Rezia* képviseli, a Kenrick, Crane (1997 a, b) által elhatárolt Polysporangiophyta ágazattal szemben. A májmoha fejlődési szakaszhoz hasonlóan itt a sporofita test, még a gametofita szövetekbe van beágyazva, ami az antithetikus elméletet igazolja.

Az aljzatból vagy a vízből kiemelkedő, henger alakú, sporangiumos szár biztosítja a spórák széles terjesztését és a fellépő erősebb sugárzás hatására, a fokozott fotoszintézist. Ezzel felerősödnek a fotoszintetizáló folyamatok, ami a sporofita nemzedéket tovább erősíti. A sporangium kiemelkedése az első lépés lehetett a teloma kialakulása felé vezető úton. A villás szár és a levél, ebből az elsődleges vagy primér a sporangiumban végződő hajtásból, egy későbbi fejlődési szakaszban fejlődik ki.

Ezekben a folyamatokban fontos szerepet játszott a környezeti tényező is, az itt kialakult neoproterozoikumi karbonátos platform és az ehhez kötődő széles parti tidális-szupratidális öv és az un. szupralitorális locsolási sáv, valamint a változó sótartalmú és a kiédesedő lagúnák, parti mocsarak.

A párás, nedves, vizes közeg az ide került növényeket részlegesen megvédhette a káros UI sugaraktól és a kiszáradástól. Az erős hullámzás és hullámverés is szükségessé tette az ellenálló hengeres szár és a szilárdító, szállító szövetek kialakulását. A vízből kilépő növények esetében a víz felhajtóerejének hiánya miatt, a fokozott gravitációs hatás is érvényesülhetett. A fellépő geotropizmus aktivizálta az auxinokat, ami fokozta a növények kétirányú növekedését. Az itt kialakult extrém környezeti feltételek aktivizálták a megerősödött sporofita nemzedék megduplázódott génállományát, ami nagyobb mutációs lehetőségeket váltott ki.

Az ismertett *Pariophyton carpathense* és a *Rezia andreánszkyi* fajok, a gametofita eredetű archetelomán kifejlődött, egy – sporangiumos szárral rendelkező növények fejlődéstörténeti átmenetet képviselnek a májmohák és a Polysporangiophyta – szervezetségű fajok között, amelyek a növényvilág kialakulásának fontos pillanatait jelenítik meg.

Irodalom

- Andreánszky G. 1964: A növényvilág kialakulása – Evolution of Plants – In: Tasnády Kubacska, A. Az élővilág fejlődéstörténete, Budapest, 33 – 131.
- Andrews H. N. 1960: Notes on Belgium specimens of Sporogonites. *Palaeobotanist*, 7. 85-89.
- Becker B., Marin B. 2009: Streptophyte algae and the origin of embryophytes. *Annals of Botany* 103: 999 – 1004.
- Bennici A. 2008: Origin and Early Evolution of Land Plants. Problems and considerations. *Comm. Integr. Biol.* Oct – Dec. 1(2): 212 – 218.
- Dzik J. 2002: Early diversification of organisms in the fossil record. In *Fundamentals of Life*. G. Palyi, C. Zucchi and L. Caglioti (eds), 219 – 248. Elsevier Science S.A. Paris, 2002. p. 648.
- Edwards D., Duckett J. G., Richardson J. B. 1995: Hepatic characters in the earliest land plants. *Nature* 374, 615-636 (13 April 1994).
- Boyce C. K. 2010: The evolution of plant development in a paleontological context. *Current Opinion in Plant Biology*, 2010, 13:102-107.
- Géczy B. 1972: Ősnövénytan – Paleobotany. In Hungarian. Ed. Tankönyvkiadó, Budapest, 356, XVII tabl.
- Graham, E. Linda, Cook M. E., Busse J. S. 2000: The origin of plants: body plan changes contributing to a major evolutionary radiation, *PNAS*, Apr. 25, 2000/ vol. 97/ no. 9/4535 – 4540.
- Harrison, C.J., Rezvani M., Langdale J. A. 2007: Growth from two transient apical initials in the meristem of *Selaginella kraussiana*. *Development* 134, 881-889.
- Kenrick, P., Crane P. R. 1997 a: The origin and early diversification of land plants. Washington, London: Smithsonian Institution Press, p.441.
- Kenrick, P., Crane P. R. 1997 b: The origin and early evolution of plants on land. *Nature*, vol. 389/33- 39/ 4. September 1997.
- Kenrick P. 2000: The relationships of vascular plants. *Philos Trans. Roy. Soc. London. B* (2000), 355:847-855.
- Kenrick P. 2002: The telome theory. In: *Developmental Genetics and Plant Evolution* (ed. Q. C. B. Cronk, R. M. Bateman and A. J. Hawkins), pp. 365-387, London: Taylor and Francis.
- Ligrone, R., Duckett J. G., Rezaglia K.S. 2012: Major transitions in the evolution of early land plants: a bryological perspective. *Annals of Botany*, 109: 851 – 871.
- Niklas, K. J., Kutschera U. 2010: The evolution of land plant cycle. *New Phytologist*, Vol. 185, Iss.1, January 2010, p. 27-41.
- Qiu, Y-L., Palmer J. D. 1999: Phylogeny of early land plants: insights from genes and genomes. *Trends in Plant Science, Reviews*, January 1999, Vol. 4, No. 1, p. 26-30.
- Qiu Y-L. 2008: Phylogeny and evolution of charophytic algae and land plants. *Journal of Syst. and Evolution*, 46 (3): 287 – 306.
- Pásztohy, Z., 2012: The Pre-Ediacaran Garados Biota – Az Ediacara-előtti, Garados Bióta - A preliminary report. In: *Conference Vol.*, p.123 – 130, (Ed. Mika J., Dávid Á.), XI. World Meeting of Hungarian Earth Scientists. Eger, 20 -25, August 2012.
- Stewart W. N., Rothwell G. 1993: *Paleobotany and the Evolution of Plants*, Cambridge Univ. Press, p. 521.
- Taylor, Edith, L., Taylor T. N., Krings, M., 2009: *Paleobotany: The Biology and Evolution of Fossil Plants*. Acad. Press, Elsevier, p. 1230.
- Taylor, T. N., Kerp H., Hass H. 2005: Life history biology of early land plant: Deciphering the gametophyte phase. *PNAS* April 19, 2005. vol. 102, no.16. p. 5892-5897.
- Zimmermann W. 1953: Main results of the 'Telome Theory'. *(The) Paleobotanist*, 1953, 1: 456-470.
- Wilson C. L. 1953: The Telome Theory. *The Botanical Review*, 71 (5): 485 – 505.

SZEKUNDER KARBONÁTOK FELHALMOZÓDÁSÁNAK GENETIKÁJA TALAJKÉPZŐDÉSSSEL ÉRINTETT RÉTEGEKBEN A TOKAJI NAGY-HEGYEN

ORIGIN OF SECONDARY CARBONATE ACCUMULATIONS IN PEDOGENIC ALTERED STRATA ON
TOKAJ NAGY HILL

Novák Tibor József¹, Csámer Árpád², Incze József¹, Papp István²

¹Debreceni Egyetem, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, novak.tibor@science.unideb.hu

²Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék

Abstract

We investigated the forms of secondary carbonate accumulations and the distribution of carbonate content in 20 soil profiles. Our results suggest that the highest content of calcium carbonate occurs, when loess or redeposited loess cover weathered volcanic rocks, or colluvial deposit covers weathered volcanic rocks (pyroxene dacite), thus lithological discontinuity can be observed.

The loess deposits can be regarded as primer source of the calcium carbonate, but many types of secondary carbonate accumulations occurred in places where the loess deposits were completely eroded or the original surface of the soil was only preserved by terraces with retaining walls (Balassa, 1991; Nyizsalovszki – Fórián 2007).

We investigated in this study the most typical secondary carbonate forms of these soils: the carbonate crusts coating the coarse fragments in 1-7 mm thickness. Our results showed that the crusts consist 55–96% (m/m) of CaCO₃, and also the core of the fragments and blocks have increased calcium carbonate content (5–10% m/m) in comparison with the non-weathered pyroxene dacite. We calculated the calcium carbonate stocks in kg m⁻³ of the soil horizons summarized the carbonate content of the fine earth (<2mm) and of the skeletal fraction (>2mm), which proved to be 2.5 times higher in calcic soil horizons, than in the overlying soil horizons.

The accumulation forms of carbonates in the soil profiles, and the lack of the loess deposits on the top of the soil profiles suggest that the calcium carbonate was accumulated in the transitional zone between the loess and the weathered volcanic rocks. In our opinion it took place unlike the recent climate in humid climatic condition, thus it can be regarded at least partially as a result of paleoecological processes.

Keywords: Tokaj Nagy Hill, secondary carbonate accumulation, loess, colluvial deposit, soil profile, thermal analysis

Kulcsszavak: tokaji Nagy-hegy, másodlagos karbonát felhalmozódás, lösz, lejtőhordalék, talajszelvény, termoanalitika

Bevezetés

A Nagy-hegy talajtani irodalmából régóta ismert tény a kalcium-karbonát tartalom nagyfokú változékonysága (Szabó 1866; Bittó 1898a-b; Simkó 1926). A csaknem teljesen mészmentes szelvényektől a földes részben (<2 mm) 30–35% kalcium-karbonátot tartalmazó szelvényekig terjedő változatosság mellett a másodlagos karbonát kiválások különféle formáival találkozhatunk, amelyek közül legsajátosabbak a talajban előforduló durva törmeléket bevonó, 1–7 mm vastagságú mészkérgek. Az eredet kérdésére vonatkozóan nyitott kérdéseket vet fel, hogy gyakran a talajszelvények mállott vulkáni kőzetből képződött részében található a legmagasabb kalcium-karbonát tartalom.

Anyag és módszer

Vizsgálatunk során a Nagy-hegyen 20 talajszelvényt tártunk fel, amelyeket a WRB talajosztályozásra vonatkozó irányelvek (FAO 2006, IUSS WG - FAO 2007) szerint írtunk le és osztályoztunk. A szelvényekből talajszintenként mintákat gyűjtöttünk. A mintákban meghatároztuk a vázrész (> 2mm) arányát, a földes rész (< 2 mm) szemcseösszetételét, a humusz-tartalmat, és kalcium-karbonát-tartalmat. Bolygatatlan minták segítségével meghatároztuk az egyes talajszintek térfogattömegét. A karbonátok mennyiségi vizsgálatát volumetrikus méréssel (Scheibler-féle kalciméterrel) végeztük el mind a földes részben, mind pedig az előzetesen porított vázrészben. A szintenként vett minták karbonát tartalma és térfogattömege alapján meghatároztuk a karbonátok mennyiségét a földes részben. A durva vázrészben felhalmozott karbonát tartalom mennyiségi vizsgálata céljából meghatároztuk a mészkérgek vastagságát és felületi kiterjedését, valamint megbecsültük a vázrész fajlagos felületét. A fentiek alapján meghatároztuk az egyes talajszintekben a vázrészre rakódott karbonátok és a földes rész együttes karbonát tartalmát.

Egyes mintákon termoanalitikai vizsgálatot (TG, DTG, DTA) végeztünk az ásványfázisok minőségének meghatározása végett. Ehhez a földes részek átlagolt porítmányát, illetve szitával leválasztott, 64 µm-nél kisebb frakciót is felhasználtuk. A vizsgálat Derivatograph-C (MOM) típusú készülékkel, 25–1000 °C hevítési intervallumon, 10 °C·min⁻¹ hevítési sebességgel, Al₂O₃-kerámia téglében, légköri nyomáson, statikus levegő atmoszférában készült.

Eredmények

A szelvények egy részében (8 szelvény) a talajképző kőzet a teljes feltárt mélységben viszonylag homogén volt: lösz, illetve áthalmazott, részben talajosodott lösz rétegek, kolluviális lejtőüledékek. A szelvények másik részében (12 szelvény) a talajképződés által érintett mélységen, azaz mintegy 100–150 centiméteren belül kőzettani folytonossági hiány jelentkezett, amennyiben a lösz, áthalmazott lösz és a kolluviális lejtőüledéket sekély mélységben a vulkáni kőzetmálladék (nyirok) vázrészekkel vegyes anyaga váltotta fel. A két szelvénytípus között a textúrában és a karbonát-tartalomban mutatkozó különbségeket az 1. táblázat foglalja össze.

A szelvényekben talált karbonát felhalmozódási formák rendkívül változatosak: mészhártyák, mészgöbcecsek, löszbabák, mész-erek. A legsajátosabb formát azonban a talajban lévő vázrész felületére rakódott, kéregszerű bevonatok jelentik. Ezek vastagsága átlagosan 1–7 mm, helyenként ágas, rücskös felülettel, borsókóyszerű kifejlődéssel.

1. táblázat. A mechanikai összetétel és a CaCO ₃ -tartalom értékei tisztán löszön kialakult, illetve lösz-nyirok kőzetetartalmazó talajszelvényekből származó mintákban				
Table 1. Grain size distribution and calcium carbonate content of samples from soil profiles developed on loess (N=17) and in samples from soil profiles having lithological discontinuity at shallow (within 100 cm) depth (N=15)				
Minta típusa	A földes rész (<2 mm) szemcseösszetétele			CaCO ₃
	Homok 0,063-2 mm	Kőzetliszt 0,002-0,063 mm	Agyag <0,002 mm	
	%(m/m)	%(m/m)	%(m/m)	
	átlag±szórás	átlag±szórás	átlag±szórás	
Löszön képződött szelvények (N=17)	15,5±2,8	76,1±1,9	8,4±2,6	6,7±2,8
Lösz és nyirok határán képződött szelvények (N=15)	28,5±7,0	60,6±6,5	10,9±3,7	18,1±10,4

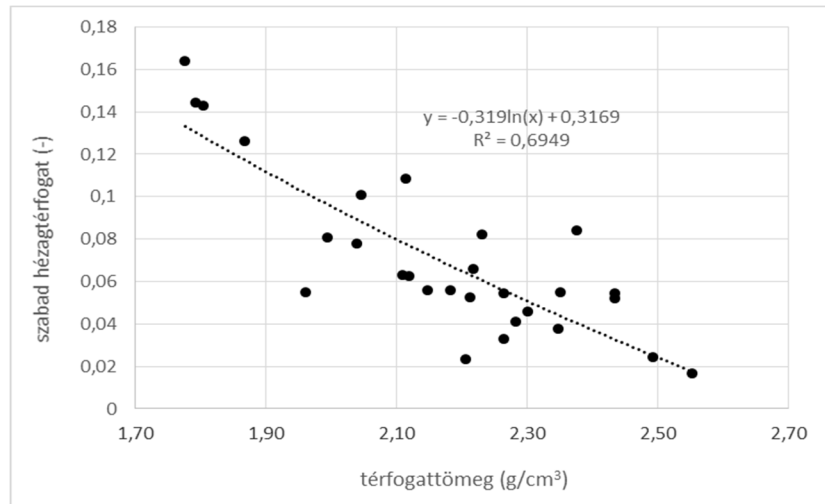
Egy talajszelvényben 100–180 cm közötti mélységközéből gyűjtött vázrészek közül mintegy 30 darabot kiválasztva megmértük a térfogattömegüket (sűrűségüket) és az effektív porozitásukat. A mért értékek nagyon tág határok között mozogtak, de egy esetben sem érték el a tömör tarcali dácitra jellemző 2,66 g/cm³-es értéket. A vázrészek effektív porozitása és térfogattömege közötti szoros összefüggést (1. ábra) a másodlagos kiválások (elsősorban kalcit) árnyalják (a kalcit sűrűsége 2,71 g/cm³).

A tokaji Nagy-hegy dácit lávakőzetei a petrográfiai leírások (Rózsa 1994), kőzetkémiai elemzések szerint szövetükben karbonátot nem, vagy csak elenyésző mennyiségben tartalmaznak (Rózsa, Kozák 1982): 49 kőzetelemzés átlagértékei alapján a piroxéndácit CO₂-tartalma 0,06 %(m/m), azaz a karbonát-tartalom átlagosan nem éri el az 0,1 tömeg%-ot sem. A piroxéndácit lávatestek belsejét érintő vulkáni utóműködés hatására kialakult elváltozásoknál az agyagásványosodással, limonitosodással, kovásodással, hialit és kalcedon képződéssel szemben a karbonátosodás viszonylag ritka jelenség (Rózsa, Kozák 1982).

A különböző mélységközökből gyűjtött dácit vázrészek mésztartalmát a 2. táblázat szemlélteti. A táblázat szerint a vázrész belső részének mésztartalma ~5–10 %(m/m) között változik, míg a karbonátos kéregék mésztartalma ~52–96 %(m/m).

1. ábra. Vázrészek szabad hézagterfogatának változása a térfogattömeg függvényében

Figure 1. Correlation between effective porosity and volumetric weight of skeletal parts



2. táblázat. Karbonát tartalom a talajok karbonát felhalmozódási szintjének durva frakciójában a vázrészt bevonó kéregből, a vázrészt belsejéből és a vázrészt együttes porításából származó mintákban

Table 2. Carbonate contents of samples taken from crust, core, and altogether of coarse fragments from calcic soil horizons

mélység (cm) (depth of sample)	minta típusa (type of sample)	CaCO ₃ %(m/m) átlag± szórás
100-110	kéreg	69,4±2,2
	belső	7,4±1,1
	együtt	23,1±1,1
120-130	kéreg	96,1±1,5
	belső	7,1±0,4
	együtt	7,6±0,5
140-150	kéreg	77,7±3,3
	belső	5,6±0,3
	együtt	5,2±0,5
160-170	kéreg	95,5±0,4
	belső	9,4±0,6
	együtt	67,3±1,5
	együtt	96,4±2,3
170-180	kéreg	66,4±1,9
	belső	6,7±0,4
	együtt	33,9±1,5
	kéreg	55,5±3,3
	belső	7,2±1,3
	együtt	9,1±0,9
	kéreg	70,2±1,2
	belső	6,0±0,5
együtt	7,8±0,1	

A vázrészek belsejének megnövekedett karbonát-tartalma, azt mutatja, hogy nem csak a kőzetdarabok felületére korlátozódó folyamat eredménye. Ezt a makroszkópos megfigyelések is megerősítik, ugyanis a mikroporozus kőzetszövet gyakran vékony lepedékkel borított.

A termoanalitikai vizsgálattal kimutatható ásványos alkotók mennyisége és minősége között nincs számottevő különbség, kivéve a karbonát-tartalmat. Lényegi különbség az egyes minták földes része és 64 m-nél kisebb frakciója között sem jelentkezett. Minden mintában kimutatható volt montmorillonit 20–50%, kaolinit 2–6%, szerves anyag 1–2% mennyiségben. A karbonát-tartalom 140–180 cm között két-háromszor nagyobb (20–40%), mint a löszös részben (7–9%). Ez azt jelentheti, hogy a szelvényekben

jelentkező inhomogenitás elsősorban a karbonát kilúgzásnak-kicsapódásnak köszönhető, míg az agyagásványos elbontódás ebben alárendelt szerepet játszik.

Diskusszió

Eredményeink azt mutatják, hogy a kőzettani folytonossági hiány, amely, mind a magasabb agyagtartalomban, mind a vázrész nagyobb arányában megmutatkozik, együtt jár a karbonátok felhalmozódásával, ezért az ilyen szelvényekben lényegesen nagyobb karbonát tartalmakat tapasztaltunk, mint a teljes mélységben löszön, illetve áthalmazott lejtőüledéken kialakult talajszelvényekben. A jelenség oka feltehetően a permeabilitási viszonyok megváltozásában keresendő, ugyanakkor a jelenlegi klíma mellett tapasztalataink szerint nem jellemző a szelvények ilyen mélységig történő rendszeres nedvesedése, ezért közvetítő közeg hiányában jelentős karbonát-fluktuáció sem. Számításaink szerint a karbonát felhalmozódásának zónájában jelenleg mintegy 2,5-szer több kalcium-karbonát raktározódik, mint a felette elhelyezkedő löszös üledékben. Ennek körülbelül 30%-a a vázrészekhez köthető. A karbonát felhalmozódások eredetére vonatkozóan feltehetőleg pontosabb elképzelést lehetne kialakítani, amennyiben a felhalmozódás időtartamát, vagy korát meg tudnánk határozni.

Köszönetnyilvánítás

A terepi munkálatok elvégzéséhez szükséges anyagi háttérrel az OTKA – K101787 pályázat biztosította, a munkálatok részben védett és fokozottan védett területeken zajlottak, amelyekre a belépést és az ott folyó kutatást az Észak-Magyarországi Környezetvédelmi Természetvédelmi, és Vízügyi Felügyelőség 16496-6/2011 számú határozatában (2011. okt. 10. Miskolc) engedélyezte. Köszönetünket fejezzük ki továbbá a Colas Északkő Bányászati Kft-nek, illetve Tarcál Község Önkormányzatának, hogy a tulajdonukban lévő területeken a kutatást számunkra lehetővé tették.

Irodalom

- Balassa I. 1991: Tokaj-Hegyalja szőlője és bora. Tokaj 87-91, 95.
- Bittó B. 1898a: A tokaj-hegyaljai szőlőtalajok calciumcarbonat tartalmáról, Magyar chemiai folyóirat, 1898. (4. évf.) 8-9füz. 113-116; 129-137.
- Bittó B. 1898b: A tokaj-hegyaljai szőlőtalajok mésztartalmáról, Természettudományi közlöny, 1898. (30. évf.) 344. sz. 218.
- FAO 2006: Guidelines for soil description, Fourth edition, Rome, FAO, 97.
- IUSS Working Group – FAO 2007: World Reference Base for Soil Resources - A Framework for International Classification, Correlation and Communication, IUSS Working Group WRB. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome (ISBN 92-5-105511-4), 128.
- Nyizsalovszki, R., Fórián, T. 2007: Human impact on the Landscape in the Tokaj Foothill Region, Hungary. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria 30: 219-224.
- Rózsa, P. 1994: The dacite flows of the miocene Tokaj-Nagyhegy stratovolcano: an example of magma mixing. Geologica Carpathica 45 (3): 139-144.
- Rózsa P., Kozák M. 1982: A tokaji-nagyhegyi dácittípusok kőzettani viszonyai. Acta Geographica Debrecina, 20, 191-215.
- Simkó Gy. 1926: Adatok a Tokaji-Nagyhegy és vidékének talajismeretéhez. Földtani Közöny 56: 86-117.
- Szabó J. 1866: Tokaj-Hegyalja talajának leírása s osztályozása, Matematikai és természettudományi közlemények, 4 (1): 366-372.

A TIGHT- ÉS SHALE GÁZ TÁROLÓK FLUIDUMTRANSPORTJÁT BEFOLYÁSOLÓ FŐBB TÉNYEZŐK

MOST IMPORTANT FACTORS OF FLUIDTRANSPORT IN TIGHT AND SHALE GAS RESERVOIRS

Jobbik Anita¹, Székely Szabó Tamás²

¹MFGI, ME, AFKI, MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, jobbik.anita@mfgi.hu

²MOL KT

Abstract

In case of shale gas and tight gas reservoir characterization it is evitable to calibrate open hole log's the derived values as water and gas saturation (S_w, S_g) and permeability(kh) by using experimental rock properties measurements to obtain reliable values for OGIP calculation. The knowledge of the behavior of the fluid system in tight formation has high importance especially capillarity and relative permeability concerning the movability of the fluid at given pore throat and wettability condition.

Keywords: openhole log calibration, capillary forces and hysteresis, wettability, "permeability jail"

Kulcsszavak: tömött tárolók tapadó víz és gáz telítettsége, kapilláris viselkedés, víz-gáz rendszerek mozgóképessége

Bevezetés

A nem-hagyományostömött homokkő és márgagáz tárolók bizonyos litológiai egységei esetén elmondható, hogy önmagában a lyukgeofizikai szelvények értelmezéséből származtatott és kalibrált porozitás ismerete, nem elégséges a permeabilitás és a földtani vagyonbecslés szempontjából kiemelten fontos tapadóvíz és egyéb telítettségi (S_w víz és S_g gáz) értékek meghatározására. Rendkívül fontos tehát a lyukgeofizikai mérésekből származó tároló-paraméterek kalibrálása, a vízmintavételezésből és a laboratóriumi kőzetfizikai vizsgálatokból származó mért értékekkel.

Ezen tárolók esetén a földtani vagyon meghatározásánál rendkívül fontos a kőzet pórustereinek és a pórusteret kitöltő fluidum rendszer viselkedésének ismerete. Ezen paraméterek közül különös jelentőséggel bírnak a kapilláris nyomás és a relatív permeabilitás, melyek alapvető információt adnak a víz-gáz rendszerben a gáz mozgóképességéről.

Az 'unconventional' - nem-hagyományos - jelző, nemcsak a tároló formáció jelölésére szolgál, hanem jellemzi a nem-hagyományos szénhidrogén előfordulások feltárásának, kutatásának, rétegvizsgálatának és majdani termelésbe állításának megközelítési módját is.

Unconventional tárolónak azt a rezervoárt kategorizáljuk, amely rétegrepesztés nélkül nem vizsgálható, tárolóparaméterek vonatkozásában nem jellemezhető (nem határozható meg ipari készlet) és nem állítható gazdaságos termelésbe.

Klasszikus értelemben a hidraulikus rétegrepesztés egy hozamnövelő eljárás (rétegszerkentés, stimuláció), amellyel a már jól megismert (termelés alatt álló) és jól modellezhető tárolóban hozamnövelést - intenzívebb termelést - néha magasabb kizozatalt lehet elérni.

Unconventional (pl. BCGA és Tightgas rendszerek) esetben a hidraulikus repesztés a kútépítési folyamat része, amikor a fúrást követő repesztés után kerül sor a kút kiképezésére és csak ezt követően állítható termelésbe (repesztés nélkül még rétegvizsgálatot sem lehet végezni) majd a termelési adatok alapján van lehetőség a termeltethetőség megítélésére és előrejelezhetőségére ill. az ipari vagyonra vonatkozó becslések elvégzésére.

Tárolótulajdonságok

A *porozitás* számértéke a földtani képződmények tárolókapacitásáról ad információt. Értékét tizedes törtben, vagy 100%-osan szokás megadni. A nem egyforma szemnagyságú ásványi szemcsékből álló kőzetek porozitása a szemnagyság-eloszlástól függ. Változatos szemnagyság mellett a kisebb szemek a nagyobbak által kialakított pórusok közét kitöltik, ilyenkor csökken a porozitás. Az alacsony porozitás érték semmiképpen sem előnyös tárolótulajdonság. A tárolóra (vagy formációra) jellemző porozitás értéke alapján véve határozza meg azt a térfogatot a kőzettömegben, melyet fluidumok (folyadékok és gázok) tölthetnek ki, nevezhető szénhidrogén tároló kapacitásnak is.

Permeabilitás, vagy átteresztőképesség. A tárolókőzetek folyadékvezető-képessége annak az ellenállásnak a reciprok értékét jelenti, melyet a porózus közeg a folyadékáramlással szemben tanúsít.

Porózus kőzetek telítettsége. A porózus anyag pórustérfogata részben folyadékkal, részben levegővel vagy valamilyen más gázzal van kitöltve. Előfordulhat az is, hogy a pórustérfogatot két nem elegyedő folyadék

együttesen tölti ki. E két eset bármelyikénél, vagy a pórusterfogatot megtöltő három nem elegyedő folyadék esetében a kérdés az, hogy az egyes folyadékok a pórusterfogat milyen nagy részét töltik ki. Meg kell jegyeznünk, hogy a telítettség tömegtulajdonság, mely független az anyag porózus szerkezetbeli relatív folyadékeloszlásától. A telítettség dimenzió nélküli mennyiség.

Porózus rendszerekben fellépő *felületi és kapilláris erők*, nedvesítés. A szénhidrogén rendszerek esetén nemcsak a gáz és a folyadék közötti határfelületet kell tekintetbe vennünk, hanem azokat az erőket is, melyek a két nem elegyedő folyadékfázis, valamint a folyadékok és a szilárd anyagok közötti határfelületen működnek. A porózus kőzet nedvesíthetőségét és a kapilláris nyomás nagyságát az összes aktív felületi erők határozzák meg.

Nedvesítés. Az adhéziós feszültség, amely a határfelületi feszültség függvénye, meghatározza, hogy melyik folyadék nedvesíti jobban a szilárd anyagot.

Tapadóvíz telítettség. Valamennyi kapilláris nyomástelítettség-görbe jellemzően nagy meredekséget mutat a nedvesítő folyadéktelítettség bizonyos kis értékeinél. A lecsapolási irányban felvett kapilláris nyomásgörbe azt mutatja, hogy rendkívül nagy nyomások szükségesek a nedvesítő folyadéktelítettség parányi csökkenésének létrehozásához egy bizonyos határtelítettség megközelítésekor. Ezt a határtelítettséget nevezzük lecsökkenthetetlen vagy tapadóvíz telítettségnek.

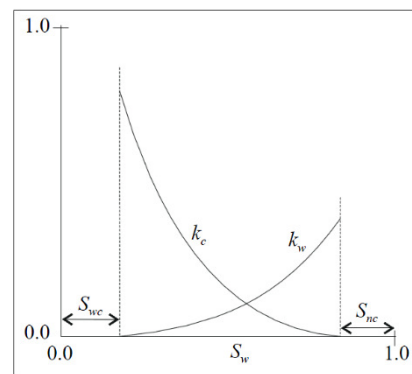
Fontos megjegyezni, hogy az abszolút porozitás az összes pórusteret jelenti beleértve a pórufolyadék mozgásképtelen részét is vagyis a tapadóvizet. Az effektív porozitás a póruster azon térfogatrészének viszonya a teljes kőzettérfogathoz, mely csak az egymással összeköttetésben lévő, a folyadékok szabad áramlását biztosító pórusteret a kapilláris erők által kötött folyadékterét tartalmazza. Mindkét térfogat magában foglalja viszont az ún. adszorpciósan kötött vizet, mely lyukgeofizikai módszerekkel meghatározható és semmilyen körülmények között nem mozgóképes.

Az *effektív és relatív átteresztőképesség* fogalmának bevezetése abból a felismerésből ered, hogy az egymással nem elegyedő folyadékok (olaj-víz, gáz-víz) porózus közegbeli áramlása egymástól független. Az adott fázisra vonatkozóan az átteresztőképességet az határozza meg, hogy a póruseket a kérdéses folyadék hány százalékban foglalja el, vagyis a fázisra vonatkozó telítettségtől függ.

Az 1. ábrára egypár relatív permeabilitás görbét rajzoltunk fel. A porózusterben két féle folyadék található egyik nedvesíti a másikat nem a kőzetet. A vízszintes tengelyen, a víz mint nedvesítő folyadék telítettsége, a függőlegesen a relatív permeabilitás (k_c : nem nedvesítő fluidum, k_w : nedvesítő fluidum, jelen esetben víz) értékek láthatóak. A gyakorlatban minden tárolókőzetnek egyedi, így más relatív permeabilitás görbéje van. Mivel tapadóvíz minden esetben jelen van a rendszerben, a kőzet és a folyadék fizikai tulajdonságai befolyásolják a görbék alakját és elhelyezkedését. Olaj és gázrendszerekben a tapadóvíz tartalom növekedésével a görbe jobbra tolódik.

1. ábra. Relatív permeabilitás

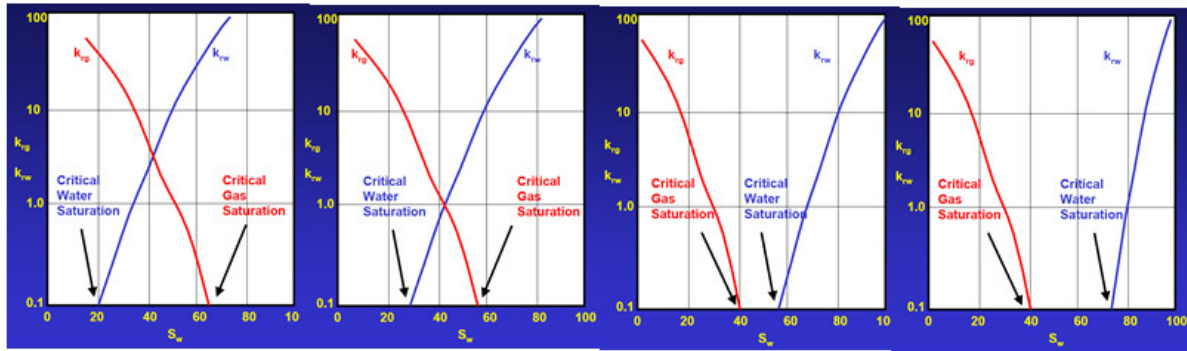
Figure 1. Relative permeability



Hagyományostól eltérő tárolók tulajdonságai

A "Permeability jail", az alacsony átteresztőképességű kőzetnek, az a telítettségi tartománya, ahol mind a gáz, mind a víz relatív átteresztőképessége olyan alacsony, hogy gyakorlatilag egyik fázis sem képes áramolni. Fontos hangsúlyozni, hogy a telítettségi viszonyok mind térben, mind időben, változnak a tárolóban a termelés során. Kitüntetett szerepe van, különösen a tömött homokkövek és BCGA rendszerek esetén az ún. kezdeti víztelítettségnek, mely a tároló eredeti érintetlen, feltáráskori telítettség viszonyait jelenti.

További meghatározó szerepe van a tapadóvíz telítettségek, amely azt jelenti, hogy abban a tartományban a víz nem mozgatható meg, bármekkora termelési depressziót (nyomáskülönbséget) hozunk is létre a rezervoár (tároló) és a kút között. Összefoglalva tehát, a kőzetfizikai paraméterek meghatározzák a lehető legmagasabb gáztelítettség értékét, amelynek megléte nem szükségszerű, vagyis kevesebb lehet. A tapadóvíz telítettség százalékos értéke meghatározza azt a tartományt, amelyen kívül a relatív permeabilitás görbék elhelyezkedhetnek. Az alábbi ábrásorozat (2. ábra) azt mutatja be, hogy a tárolókőzet egyre rosszabbá váló átteresztőképessége (balról jobbra haladva) hogyan "nyitja szét" a relatív permeabilitás görbéket.

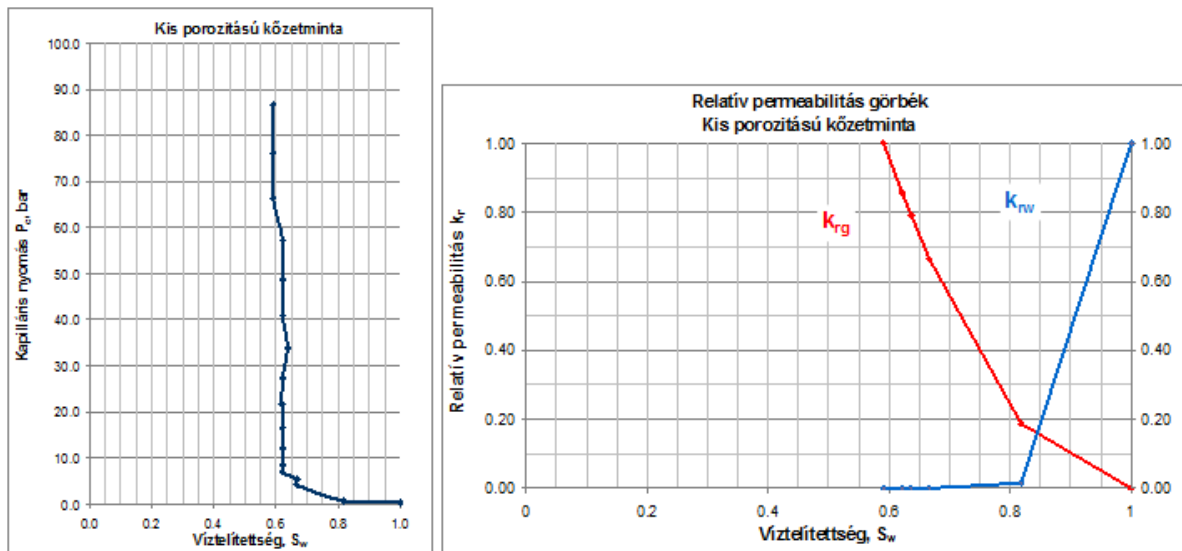


2. ábra...Permeability jail”

Figure 2...Permeability jail”

A nem-hagyományos CH kutatáshoz kapcsolódó kőzetfizikai laboratóriumi eszközök hozzáférése és rétegműhelyeket közelítő állapotban történő mérések kivitelezése erősen korlátozott. Speciális eszközöket, körülményeket és felkészültséget igénylő mérésekről lévén szó mindez az árakban is megjelenik. Fontos hangsúlyozni továbbá, hogy egyetlen magminta komplex leírásához, több mérési eredmény együttes ismerete szükséges.

A nem-hagyományos CH rezervoárok tároló kőzetei alacsony porozitással és alacsony vagy rendkívül alacsony permeabilitással rendelkeznek. A mérési program céljában meghatározott információk megszerzése érdekében a mérési programnak szükséges minimuma van: a minta előkészítését követően, porozitás mérés, permeabilitás mérés majd a kapillaris nyomás mérése. A porozitás mérésére alapvetően két módszert használnak a héliummal és higanyal történő méréseket. A kis porozitású kőzetminta kapillaris nyomás mérési eredményeit felhasználva az ún. Brooks-Corey-féle módszer alkalmazásával meghatározható a vizsgált kőzetminták (pl. tömött homokkövek) víz-gáz rendszerű relatív permeabilitás görbéi.



3. ábra. Kapillarisnyomás görbe és relatív átteresztőképességek [Pintér, 2012]

Figure 3. Capillary pressure curve and relative permeability [Pintér, 2012]

A 3. ábra egy kis porozitású és alacsony átteresztőképességű kőzetmagon végzett laboratóriumi (ún. centrifugás mérés) eredményeit illetve az abból származó számított relatív permeabilitás értékeit mutatja, a víztelítettség függvényében. Mint látható a minta pórustere nagyon magas 60%-os nem mozgóképes vizet tartalmaz. Ez jelenti azt, hogy semmilyen körülmények között nem lehet a kőzet gáztartalma 40% feletti, illetve és ha a gázra vonatkozó relatív permeabilitás görbe lefutását nézzük, a gáz érdemben csak a 80%-os víztelítettség értékéig mozgóképes nagyobb víztelítettségű pórustér (tárolókőzet) esetén alig mozgatható meg.

Az ábra is alátámasztja azt a megállapítást, hogy a víztelítettség (S_w) aktuális értéke és a kőzetviszonyainak megfelelő mozgóképtelen víz (tapadóvíz) értéke alapvetően határozza meg az alacsony átteresztőképességű kőzetekben lévő gáz mobilizálhatóságát.

Összefoglalás

A tároló paraméterek eloszlása a tárolón belül soha nem homogén. Unconventional esetben azonban e paraméterek eloszlásának kismértékű megváltozása is jelentősen befolyásolja a termeltethetőséget. A kutatás, a termeltethetőség szempontjából kedvezőbb tulajdonságú térrészeket (sweetpots) keresi, melyek sok esetben egyetlen repesztett kúttal elérhető térrészre korlátozódnak, vagyis a kutakat bár hasonló, de egyedi rendszerként kell tekinteni és egyetlen sikeresen termelésbe állított kút még nem jelenti, hogy az egész tárolóra kiterjeszthetők az eredményei.

A BCGA rendszerek kőzeteinek kőzetmechanikai viselkedése, bizonyos mélység és nyomás tartományokban, nehezen jelezhető előre. Rendkívüli körülményt igénylő mérési program és modellezés szükséges a lehetséges plaszticitás előrejelzéséhez. A kőzet plaszticitás és az esetlegesen, a nyomásrendszer megváltozásából eredő ásványi átalakulások jelensége még technológiai értelemben sikeres repesztési művelet után is okozhatja a repedésrendszer 'visszazáródását', vagyis bizonyos ásványi összetételű és kőzetmechanikai tulajdonságú tárolók/képződmények technológiai szempontból repesztethetők, de a repedés fenntarthatósága és termeltethetőségük kérdéses.

A fentebb bemutatottak jelenségek alapján elmondható, hogy ilyen, igen alacsony porozitású és permeabilitású képződményekben csakis a 'fakadó felszín', vagyis a beáramlási felület növelésével, technológiailag a hidraulikus repesztés elvégzésével lehet érdemi gázbeáramlást elérni.

Irodalom

- Cluff, R. 2009 : Permeability Jail Revisited: What is it, and how did we ever get into it? SPWLA Spring Topical Conference on Petrophysical Evaluation of Unconventional Reservoirs Philadelphia.
- Keith, W. S. et al. 2004: Factors controlling prolific gas productions from low-permeability sandstone reservoirs, AAPG Bulletin, v. 88, No 8, pp 1083 - 1121
- Bódi T. 2008: A Makói árok kőzeteinek petrofizikai tulajdonságai a nem konvencionális szénhidrogén termelés tükrében, MTA Szerves Geokémiai Albizottság „Szénhidrogének a Makói árokban” Budapest.
- Pintér Á., Bódi T. 2012: Kapillaris nyomás és relatív permeabilitás meghatározása új típusú ultra kőzetcentrifugával, XIV. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Arad, 2012. március 31-április 1.

SZEMCSEMÉRET ANALÍZIS ÉS A SZIVÁRGÁSI TÉNYEZŐ BECSLÉSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA A DEBRECENI BÁNK-2 FŰRÁS ALAPJÁN

GRAIN SIZE ANALYSIS AND EXAMINATION OF THE POTENTIAL FOR ESTIMATING THE HYDRAULIC CONDUCTIVITY OF BÁNK-2 CORE SAMPLES

Horváth Judit¹, Fedor Ferenc¹, Geiger János²

¹Geochem Földtani és Környezetvédelmi Kutató, Tanácsadó és Szolgáltató Kft, horvath.judit@geochem-ltd.eu

²Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszék,

Abstract

Despite of it is necessary to know the hydraulic conductivity of the formations for hydrodynamical modelling and for defining the flow units, due to the high price of core drilling there is no option to laboratory measurements are made. Therefore this property often is estimated with empirical equations. These methods calculate only with the grain size distribution and porosity.

The GOP 1.1.1-11-2012-0033 project aims to service more information about petrophysical properties of Upper Pannonian unconsolidated sandstones for better well completion and reinjection. For this goal complex laboratory research was made such as grain size analysis, porosity and permeability measurements on core samples of Bánk-2, that was drilled near Debrecen. So it allowed to examine that how applicable the estimation equations are for this formation.

There is several order of difference between the measured and the calculated variables draws attention the limitation of these empirical equations for the given formation. Although the applied regression analysis was capable to corrugate the difference, the bimodal distribution of the residuals show that the error can not be estimated.

There was an attempt to determine a more suitable new equation. The results of this process will be presented in this article as well.

Keywords: grain size distribution, permeability, unconsolidated, regression analysis

Kulcsszavak: szemcseméret eloszlás, permeabilitás, konszolidálatlan, regresszió analízis

Bevezetés

A Mecsekérc Zrt. GOP-1.1.1-11-2012-0033 „Fenntartható geotermikus energiahasznosítás kútkiképzési technológiájának kifejlesztése I.” c. projektjének célja a jelenlegi hazai geotermikus gyakorlatból hiányzó kútkiképzési technológiák (kavicságyas-szűrős, hidraulikus rétegrepesztés) megvalósíthatóságának vizsgálata. A projekthez kapcsolódóan többek között kőzetfizikai, kőzetmechanikai és szemcseméret analízis történt a debreceni Bánk-2 fúrás konszolidálatlan homokos képződményein. Ezekre azonban a kőzet jellege miatt csak korlátozott mértékben volt lehetőség.

Az elvégzett vizsgálatok a hidrogeológiában bizonyos fokig egyedinek tekinthetőek, mivel a hidrogeológiai gyakorlatban a magas költségek miatt általában magfúrás nem történik, a szivárgási tényezőt és a porozitást sokszor a rendelkezésre álló adatok alapján becsülik. Vukovic és Soro (1992) alapján a szivárgási tényező becsülésére alkalmazott egyenletek közös alakra hozhatóak. Az (1) definíció alapján a hidraulikus szivárgási tényező egy fluidumra és egy közegre jellemző tagra bontható fel. A fluidumra jellemző tényező az áramló fluidum fajsúlyával egyenesen, viszkozitásával fordítottan arányos. A közegre jellemző tényező, amely a kőzet permeabilitása, a jellemző szemcsemérettel egyenes arányosságot mutat (Hubbert 1956):

$$K = \frac{\gamma}{\mu} k = \frac{\rho g}{\mu} k = \frac{g}{\nu} C f_{(\varphi)} d_e^2 \quad (1)$$

ahol K szivárgási tényező, k permeabilitás, γ a folyadék fajsúlya, μ a folyadék dinamikus viszkozitása, ρ a folyadék sűrűsége, g a gravitációs gyorsulás, ν a folyadék kinematikus viszkozitása, C arányossági tényező, $f_{(\varphi)}$ porozitás tényező, d_e az effektív szemcseméret.

Az elvégzett komplex vizsgálat sorozat lehetőséget adott a mért és becsült tényezők összevetésére, a szivárgási tényező modellek, becslések kritikai értékelésére. Az alkalmazhatósági vizsgálat a 2. táblázatban felsorolt esetekben történt meg.

A porozitás becslése szintén történhet a szemcseméret eloszlásból (2) (Vukovic, Soro 1992).

$$\varphi = 0,255(1 + 0,83^U) \quad (2)$$

Permeabilitás kapcsolata a szöveti tulajdonságokkal

A permeabilitás és a porozitás közötti kapcsolat függ a szemcsék méretétől, alakjától, beágyazottságától, orientációjától, ásványi minőségétől, a pórusok geometriájától, a tortuozitástól (Selley 2000; Tiab, Donaldson 2004), illetve szükséges figyelembe venni a diagenezis módosító hatását is (Boggs 2009; Tiab,

Donaldson, 2004). Azonban általánosságban elmondható, hogy a szemcsemérettel, osztályozottsággal nő, a beágyazottsággal csökken az értéke (Boggs 2009).

A vizsgált képződmény és a mérési módszerek bemutatása

A szakaszos magminta-vétellel 1400 m-ig mélyült Bánk-2 fúrás alsóbb, 1198–1266,5 m-es szakaszban domináltak a projekt szempontjából fontos, homokos képződmények. (Horváth et al. 2013). Így a laboratóriumi mérésekhez szükséges 1” és 1,5” átmérőjű mintatestek ebből a szakaszból kerültek kialakításra. A komplex petrofizikai vizsgálat eredményei közül 68 He-piknometriás porozitás mérés, 65 gázos permeabilitás mérés, 84 minta lézer diffrakciós szemcseméret analízis eredménye került felhasználásra.

Az értelmezés a Gradistat v8 (Blott, Pye 2001), a Geochem Kft. munkatársai által fejlesztett PSDI programmal (Nagy et al. 2012), a statisztikai feldolgozás az SPSS felhasználásával történt. Az egy és több változós regressziós analízist a lineáris korrelációs kapcsolatok ellenőrzése előzte meg. A többváltozós regresszió analízis során a kiválasztott független változók egyetlen lépésben lettek figyelembe véve („Enter” módszer). A szignifikancia szint minden esetben $p < 0,05$ volt.

A vizsgált tulajdonságok közötti korrelációs kapcsolatok

A kőzetszöveti és kőzETFizikai tulajdonságok vizsgálata során az alábbiak voltak tapasztalhatóak. A permeabilitás a szemcseméret finomodásával csökkent, ami a szemcseméret phi-skálájának definíciójából adódóan ($\varphi = -\log_2 d$) negatív kapcsolatként jelent meg. A finom aleurit és agyag frakcióval tapasztalható negatív kapcsolat erősebbé, és lineárisabbá vált a természetes alapú logaritmusok használatakor (1. táblázat). Az apró homok és annál durvább frakció mennyiségének növekedése a permeabilitás értékek növekedését jelezte. A porozitással való pozitív kapcsolat kevésbé volt erős, mint más szöveti paraméterek esetében.

1. táblázat. Permeabilitás korrelációs kapcsolata a szöveti tulajdonságokkal ahol lnagy az agyag, lnfal a finom aleurit frakció természetes alapú logaritmus

Table 1. Correlation coefficients between permeability and five grain size properties. 'lnagy' is natural logarithm of the weight percent of clay fraction; 'lnfal' is the natural logarithm of the weight percent of fine silt fraction; $d_{20}(\phi)$ is the grain size belonging to the 20 cumulative frequency of the grain size distributions

N=35	ln(k)		N=35	ln(k)	
agyag	-0.789	0.00	lnagy	-0.895	0.00
finom aleurit	-0.885	0.00	lnfal	-0.938	0.00
durva aleurit	-0.603	0.00	φ (%)	0.731	0.00
finom homok és annál durváb	0.878	0.00	nagyon finom homok	0.334	0.05
d20 (phi)	-0.922	0.00	d50 (phi)	-0.938	0.00

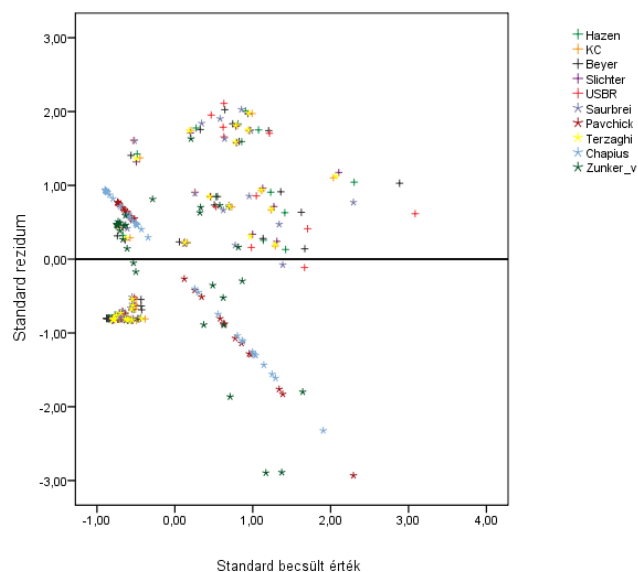
Becsült értékek összevetése

Az (2) egyenlet alapján számított porozitás értékek 25–35% között változtak, amely egyezést mutatott a laboratóriumi mérések leggyakoribb osztályával, azonban az arra jellemző két modulusú eloszlás nem volt megfigyelhető. Szükséges kiemelni a számított és mért eredmények között tapasztalt negatív korrelációs kapcsolatot. Fentiek miatt a későbbiekben a He-piknometriás mérés eredményei kerültek felhasználásra.

A vizsgált egyenletek alkalmazása néhány mintában több nagyságrendbeli alulbecslést is eredményezett. Az eltérés azonban nem mutatta az elvárt véletlenszerű eloszlást, bizonyos esetekben negatív kapcsolat volt tapasztalható (1. ábra).

1. ábra. Standardizált hibák a standardizált számított permeabilitás értékek függvényében

Figure 1. Cross plot of standard residuals and standard predicted permeability values from different equations



2. táblázat. A regresszióanalízis eredménye az egyes egyenletek esetében

Table 2. Results of the goodness of regression equations analysed

Modell	R	Becsülés standard hibája ($\times 10^{-7}$)	C	C'	Modell	R	Becsülés standard hibája ($\times 10^{-7}$)	C	C'
Hazen'_k	0,792	4,143	$6,00 \times 10^{-4}$	$5,03 \times 10^{-3}$	Saurbri'_k	0,778	4,265	$3,75 \times 10^{-3}$	$1,52 \times 10^{-2}$
KC'_k	0,79	4,16	$8,30 \times 10^{-3}$	$1,06 \times 10^{-1}$	Pavchich'_k	0,778	4,265	1	$1,52 \times 10^{-2}$
Beyer'_k	0,742	4,555	$6,00 \times 10^{-4}$	$5,43 \times 10^{-3}$	Terzaghi'_k	0,799	4,082	$1,07 \times 10^{-2}$	$1,62 \times 10^{-1}$
Slichter'_k	0,798	4,094	$1,00 \times 10^{-2}$	$3,25 \times 10^{-1}$	Chapuis'_k	0,822	3,863	2,46	$9,47 \times 10^{-3}$
USBR'_k	0,729	4,647	$4,80 \times 10^{-4}$	$1,68 \times 10^{-3}$	Zunker_v'_k	0,874	3,303	$7,00 \times 10^{-4}$	$4,49 \times 10^{-4}$

Korrekciónra, regresszió analízissel C' módosított konstans érték kiszámításával történt kísérlet. Az így újraszámított permeabilitás értékek alapján a módszer alkalmas volt arra, hogy a tapasztalt alulbecslést részben korigálja ($C' > C$) (2. táblázat). Azonban a módosított egyenletek az alacsony permeabilitás értékeket továbbra is túlbecsülték, amit jelez, hogy a mért gázos permeabilitások minimum értékei nagyságrendekkel kisebbnek adódtak. A legjelentősebb problémát a reziduumok két modulusú eloszlása jelenti. Ez jelzi, hogy a hiba nem becsülhető.

Empirikus egyenlet megadásának lehetősége

A jelen képződményre inkább alkalmazható tapasztalati összefüggés felállítására több változós regresszió analízissel történt kísérlet. A független változóként az alábbiak kerültek figyelembe vételre: porozitás, az agyag és a finom aleurit frakció aránya, osztályozottság, d_{20} -as szemcseméret. A korrelációs kapcsolatok vizsgálata alapján ezeknek természetes alapú logaritmus értékei kerültek felhasználásra. Mivel a választott paraméterek között igen erősek a korrelációs kapcsolatok, ezért a független változók számának növelése a kollinearitás, vagyis a bizonytalanság növekedését okozta. Ezért több, két független változót tartalmazó egyenlet felállítására és vizsgálata vált szükségessé (3. táblázat).

3. táblázat. A többváltozós regressziós analízissel kapott egyenletek ahol $\ln zunker$ a Zunker féle porozitás tényező, $\ln oszt$ az osztályozottság, $\ln fal$ a finom aleurit frakció, $\ln nagy$ az agyag frakció természetes alapú logaritmus, φ a porozitás

Table 3. Results of multiply regression analysis, where $\ln zunker$ is the natural logarithm of Zunker-porosity; $\ln oszt$ is the natural logarithm of sorting; $\ln fal$ is the natural lograithm of the weight percent of silt fraction; , $\ln nagy$ is the natural logarithm of the wight percent clay fraction; φ is the porosity

Modell	R	Regressziós egyenlet
A'	0,881	$2,56 \ln zunker + 2,012 \ln oszt$
B'	0,775	$15,591 + 2,361 \ln zunker - 3,4 \ln fal$
C'	0,832	$13,632 + 3,305 \ln zunker - 2,784 \ln nagy$
D'	0,777	$15,623 + 2,912 \ln zunker - 1,374 d20$
E'	0,874	$1,646 \ln oszt - 0,805 d20$
F'	0,708	$-6,134 + 2,160 \ln oszt$
G'	0,772	$11,932 + 20,937\varphi^2 - 3,531 \ln fal$
H'	0,830	$8,381 + 29,534\varphi^2 - 2,953 \ln nagy$
I'	0,772	$11,126 + 25,768\varphi^2 - 1,445d20$

A kapott eredmények alapján az A', B', G', E' egyenletek tudják a permeabilitás varianciájának legnagyobb hányadát leírni. Normál eloszlást a B', E', D', F' esetek közelítik a legjobban. Azonban a rezidumok eloszlása majdnem az esetek felében ekkor is két modulusú volt (C', D', H', I'), vagyis a hiba ezekben az esetekben sem becsülhető. Fentiek figyelembevételével a d_{20} -as effektív szemcseátmérőt és az osztályozottságot figyelembe vevő E' egyenlet mutatkozott a legjobbnak.

Összefoglalás

Az elvégzett komplex petrofizikai vizsgálatok lehetőséget adtak a permeabilitás empirikus összefüggések alapján történő becsülésének kritikai vizsgálatára a Bánk-2 fúrás felsőpannoniai homokos összeletein. Az eredmények e módszerek korlátaira hívják fel a figyelmet. A szivárgási tényező számítások hiányossága, hogy nem alkalmasak a kőzet szöveti és fizikai tulajdonságai között fennálló, korábban bemutatott komplex kapcsolatrendszer megfelelő kezelésére. A több nagyságrendbeli eltérés, amely bizonyos esetekben negatív korrelációt mutatott a becsült értékkel, csökkenthető regresszió analízissel, de a rezidumok két modulusú eloszlása jelzi, hogy a hibák becslése nem tehető meg. Más szöveti paraméterek bevonásával végzett többváltozós regresszió analízissel felállított empirikus összefüggések esetében is hasonló probléma adódott. A kutatás felhívta ezen kívül a figyelmet a mért és az empirikus egyenlet alapján számított porozitás értékek közötti negatív kapcsolatra is.

Köszönetnyilvánítás

Jelen munka a GOP-1.1.1-11-2012-0033 projekt keretén belül készült el. Köszönettel tartozunk Csicsák Józsefnek, Hlatki Miklósnak, Nagy Alexandrának, valamint a Geochem Kft. és a projektben résztvevő kollégáknak szakmai segítségükért.

Irodalom

- Blott, S. J., Pye, K., 2001: Gradistat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments, Earth Surf. Process. Landforms 26, 1237-1248.
- Boggs, S., Jr. 2009: Petrology of Sedimentary Rocks, 2nd Edition, Cambridge University Press, Cambridge.
- Horváth J., Koroncz P., Fedor F., Hlakti M., 2013: Felső-pannon konszolidálatlan homokkővek kőzetfizikai, kőzetmechanikai vizsgálata, Mérnökgeológiai-Kőzetmechanika 2013. (Konferencia kiadvány) pp. 229-240.
- Hubbert, M. K., 1956: Darcy's law and the field equations of flow of underground fluids, Transection American Institute of Mining and Metallurgical Engineers 207, 222-39.
- Nagy A., Fedor F., Feuer V., 2013 (a): Purpose and limits of automation in laboratory practice, 5th HR-HU and 16th HU geomathematical congress „Geomathematics as Geoscience”, Mórahalom.
- Selley, R. C., 2000: Applied Sedimentology, 2nd Edition, Academic Press, London.
- Tiab, D., Donaldson, E. C., 2004: Petrophysics 2nd Edition,
- Vukovic, M., Soro, A., 1992. Determination of Hydraulic Conductivity of Porous Media from Grain-Size Composition. Water Resources Publications, Littleton, Colorado.

A VÁROSI BEÉPÍTETTSÉG FELSZÍNKÖZELI LÉGRÉTEGRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK ELEMZÉSE SZEGED TÉRSÉGÉBEN

ANALYSIS OF THE EFFECT OF URBAN BUILT-IN CHARACTERISTICS ON NEAR-SURFACE AIR LAYER IN THE REGION OF SZEGED

Lelovics Enikő¹, Gál Tamás¹, Unger János¹

¹SZTE-TTIK Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék
lelovics@geo.u-szeged.hu

Abstract

In this study we examined air temperature and relative humidity data originated from the human comfort monitoring network installed in the city of Szeged. Sensors are placed to represent each Local Climate Zone category occurring in the area. As the preliminary case studies show the largest intra-urban thermal differences between the LCZ areas in the nocturnal hours reaching even 5°C in early spring, and between individual measurement sites this difference can exceed 8°C.

Keywords: urban climate, Local Climate Zones, air temperature, relative humidity

Kulcsszavak: városklíma, Lokális Klímazónák, léghőmérséklet, relatív nedvesség

Bevezetés

Régóta ismert a városi területek éghajlatmódosító hatása (pl. Oke 1967), ami a regionális éghajlattal kölcsönhatásban alakítja ki az úgynevezett városklímát (WMO 1983). A város által kifejtett hatás erősségét hagyományosan a városon kívül és a városon belül mért értékek különbségeként számszerűsítjük, a hőmérséklet esetén ezt a különbséget nevezzük hősziget-intenzitásnak (Oke 1987).

A városon belül sem homogén a felszínközeli légkör állapota. Egy adott pontban mért légköri állapotjelzők lokális skálájú és mikroskálájú hatások összességéként alakulnak ki. Ezeket a hatásokat különbözőképp lehet számszerűsíteni, mi a mérőhelyek környezetének beépítettségének objektív jellemzésére a Lokális Klímazónák (Local Climate Zones, LCZ) rendszerét (Stewart, Oke 2012) használjuk.

Vizsgált terület, mérőállomások, adatbázis

Szeged sík területen található, nagyobb vízfelszínnek és erdőterületek hatásától mentes környezetben, így kifejezetten alkalmas városklimatológiai vizsgálatok végrehajtására. Területén sokféle beépítettségi típus megtalálható, elkülönülő tanyáktól kezdve családi házas területeken keresztül tízemeletes lakótelepekig.

Korábbi vizsgálataink során térinformatikai módszerek alkalmazásával határoltunk le Szegeden olyan területeket, amik hasonló beépítettséggel rendelkeznek, így elkészítettük a terület LCZ térképét (Unger 2014). A területen hatféle beépített és egy beépítetlen típust tudtunk elkülöníteni. Ezek sorszámát és megnevezését az 1. táblázat, részletes jellemzését Stewart, Oke (2012) adja meg.

1. táblázat. Előforduló LCZ kategóriák sorszáma (rövidítése) és megnevezése

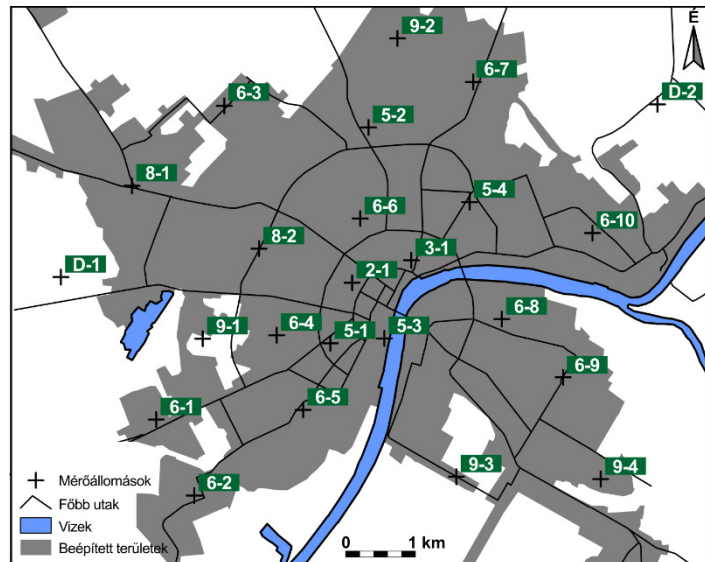
Table 1. Name and ID of the occurring LCZ categories

Sorszám	Megnevezése	Jellege
2	kompakt, közepesen magas	belvárosi
3	kompakt, alacsony	sűrűn beépített
5	nyitott, közepesen magas	lakótelepi
6	nyitott, alacsony	családi házas
8	alacsony, nagy kiterjedésű	raktárépületek, áruházak
9	alig beépített	tanyák, város széle
D	alacsony növényzet	szántóföldek, füves területek

Egy nemzetközi projekt keretében (URBAN-PATH 2014) lehetőségünk nyílt a városban egy szenzorhálózatot kiépíteni a termikus humánkomfort megfigyelésére. Az érzékelők telepítésénél fontos szempont volt, hogy homogén beépítettségű területre helyezzük, és az elhelyezkedésükből adódó interpolációs hibát minimalizáljuk (Lelovics et al. 2014).

1. ábra. Városi mérőállomások elhelyezkedése Szegeden

Figure 1. The location of urban measure sites in Szeged



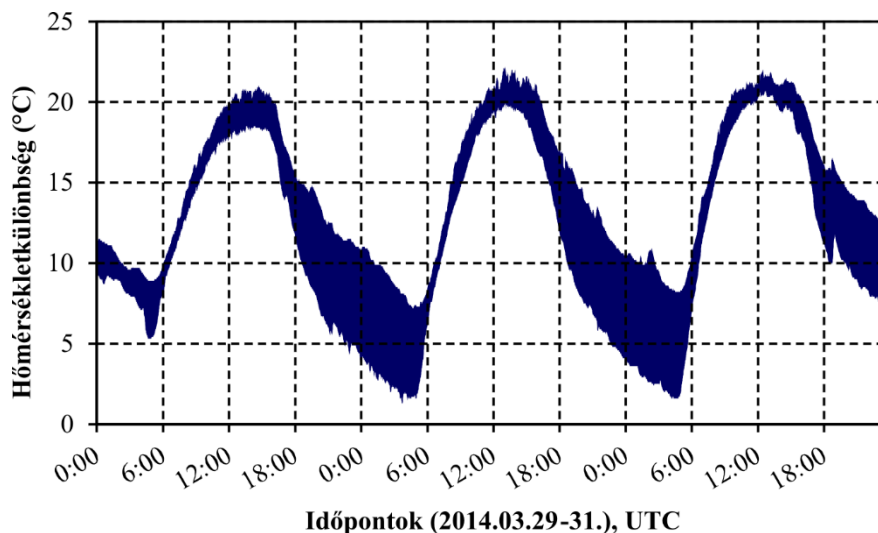
A szenzorok hőmérsékletet és relatív nedvességet mérnek, ezen paraméterek perces átlagát továbbítják az adatfeldolgozást végző szervernek. Adatbázisban tároljuk a nyers adatokat, és különféle időszakokra képzett átlagértékeiket, valamint a neurális háló alkalmazásával számított PET humánkomfort index értékeket.

Vizsgálatok és eredmények

Az időbeli menet vizsgálatát esettanulmány jelleggel végeztük. Egy olyan napot választottunk, amikor a Bajai úti SYNOP-állomás (12982) és az Egyetem utcai klímaállomás között igen nagy hőmérséklet-különbség volt megfigyelhető. Aznap (2014.03.30.) 7 °C-os, előtte és utána következő nap is 6 °C-ot meghaladó eltérést tapasztaltunk.

A SYNOP-állomáson egész nap 0-1 okta magasszintű (Cirrus fibratus és Cirrus spissatus) felhőzetet észleltek, így a besugárzás csaknem zavartalan volt. A szél egész nap gyengén fúj, többnyire 2 m s⁻¹ alatti sebességgel (maximum 2,9 m s⁻¹), ami szintén elősegítette a helyi felszíni hatások érvényesülését.

A hőmérséklet napi menetét a 2. ábra mutatja. Kékkel jelöltük azt a tartományt, amin belül helyezkednek el a városi mérőállomás-hálózat elemei által mért hőmérsékleti értékek.



2. ábra. Hőmérsékleti értékek által lefedett tartomány [kékkel] tipikus napi menete zavartalan esetben

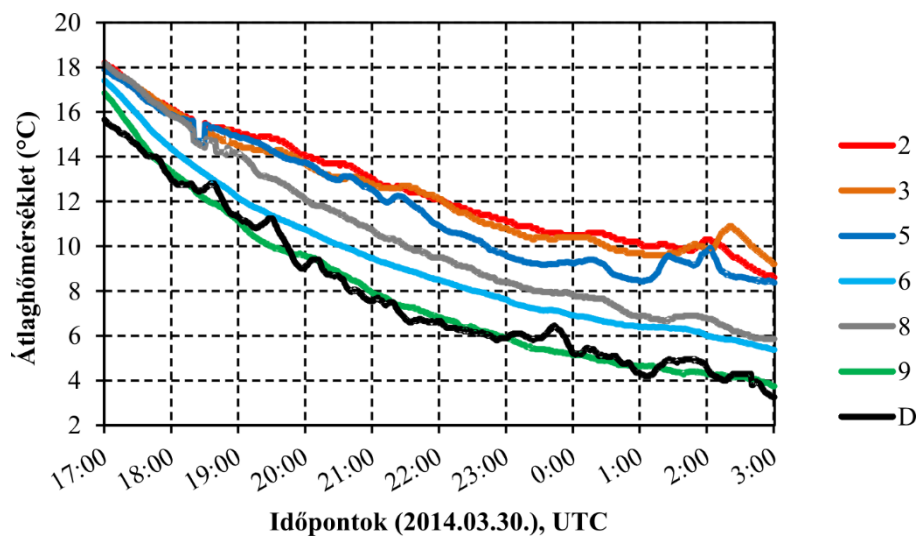
Figure 2. The typical daily diurnal characteristics of the covered temperature range (marked with blue)

Látszik, ahogy a nappali besugárzás kezdetén elmosódnak a különbségek (1–2 °C), majd a különböző környezetben található mérőhelyek igen eltérő módon történő lehűlésével összhangban az esti órákban, nagyjából 18:00 UTC-től kezdődően a lehűléssel erősen megnőnek (6–8 °C).

A 3. ábra mutatja az egyes LCZ típusok eltérő esti lehűlését a kiválasztott napon. Az ábrázolt hőmérsékleti értékeket az összes, abba a típusba tartozó mérőállomás által mért értékek átlagaként számítottuk ki.

Látható, hogy a kétféle kompakt beépítésű típus (LCZ 2: közép magas és LCZ 3: alacsony épületekkel rendelkező) hasonlóan viselkedik, lassan hűl le, az egyre kevésbé sűrűn, egyre alacsonyabb épületekkel beépített területek pedig ennek megfelelően egyre intenzívebben hűlnek le, mivel ezeken a területeken a kisugárzás kevésbé akadályozott, illetve a növények nagyobb jelenléte miatt jobban érvényesül ezek párologtató hatása is. Az alig beépített (LCZ 9) és a beépítetlen (LCZ D) között minimális különbség figyelhető meg.

Ahogy a folyamat zajlik, úgy nő az idő előrehaladtával a hőmérséklet-különbség: míg a vizsgált időszak kezdetén 16,4 és 18,2 °C közötti értékeket mértünk ($\Delta T=1,8$ °C), addig 10 órával később ez a tartomány [3,5 °C; 9,2 °C], azaz $\Delta T=5,7$ °C. Vagyis míg a ritkán beépített területek óránként átlagosan 1,3 °C-kal hűltek le, a legsűrűbben beépített területek esetén ugyanez az érték csak 0,9 °C h⁻¹.



3. ábra. Különböző LCZ típusok lehűlésének eltérő menete

Figure 3. Different cooling curves of various LCZ types

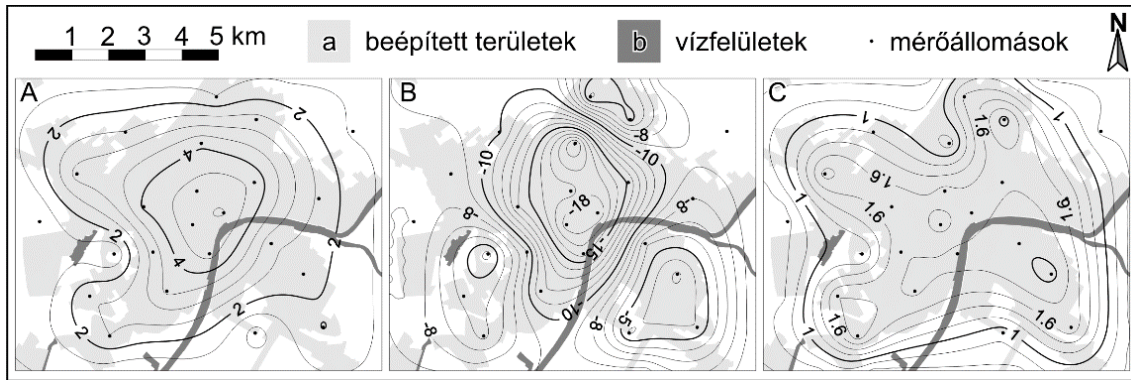
A térbeli vizsgálatok alapját az adatbázisban tárolt 10 perces hőmérséklet és nedvesség átlagértékek jelentették. Leszűrtük az éjszakai időpontokból minden napra vonatkozóan azt az időpontot, amikor a legszélesebb tartományt fedték le az egy időszakra vonatkozó hőmérsékleti értékek.

A térbeli eloszlás vizsgálata érdekében leválogattunk olyan időpontokat, amikor nagy hőmérséklet-különbségeket detektáltunk, mivel ezekben az esetekben a hőmérséklet szoros összefüggésben van a felszínparaméterek lokális sajátosságaival.

Mivel a térbeli eloszlás az egymást követő időpontokban nagyon hasonló, ezért naponta maximum egy időpontot választottunk a vizsgálatra. Ez az volt, amikor a legnagyobb különbségek léptek fel aznap, feltéve, hogy ezek az intervallum nagysága elérte az 5 °C-ot.

Az abszolút nedvességet a gőznyomás értékekkel jellemeztük, amit a Magnus-Tetens formula (Bartholy et al. 2013) alkalmazásával számítottunk ki. Az egyes időpontokat jellemző hőmérséklet, relatív nedvesség és gőznyomás értékeket normalizáltuk (leképeztük 0 és 1 közé), ezekből időbeli átlagot számítottunk (25 darab időpont alapján), majd visszakonvertáltuk a normalizált értékeket SI egységekben kifejezett értékekké (4. ábra).

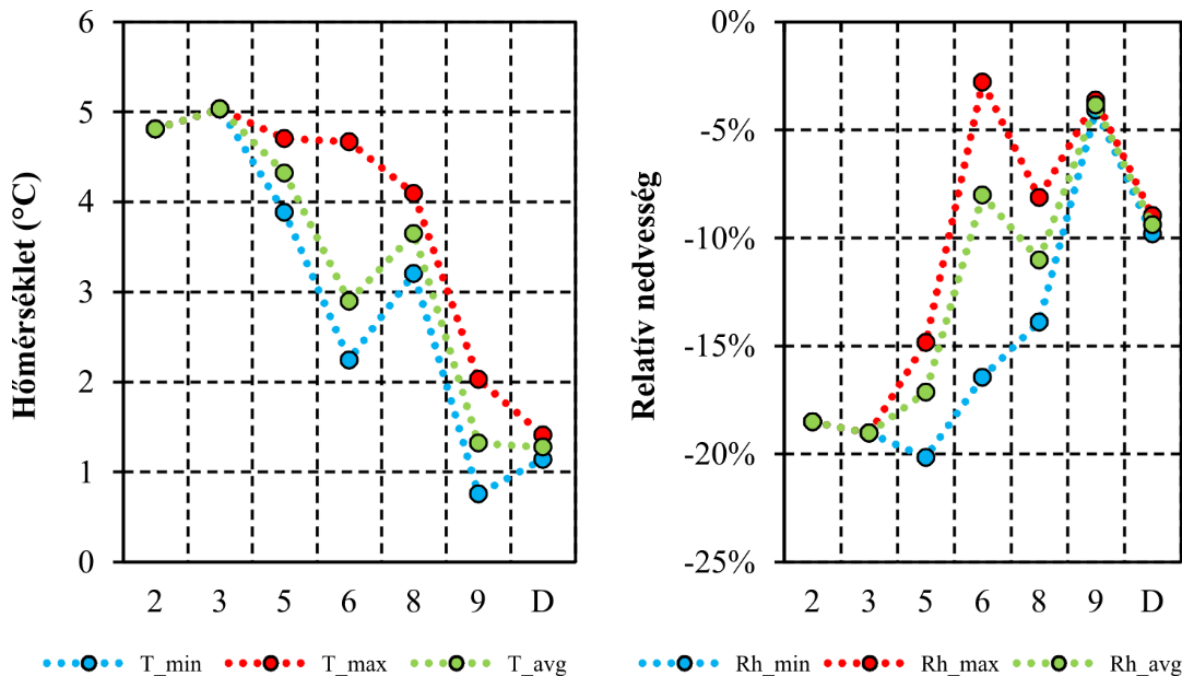
A hőmérséklet és a nedvesség térbeli eloszlása egyaránt meglehetősen jól követi a beépített terület körvonalait.



4. ábra. Az átlagos (A) hőmérséklet, (B) relatív nedvesség és (C) gőznyomás többlet mezők
 Figure 4. Average surplus fields of (A) temperature, (B) relative humidity, (C) vapor pressure

A 5. ábrán az egyes LCZ típusokra jellemző minimumát, maximumát és átlagát mutatjuk be az átlagos hőmérséklet és relatív nedvesség értékeknek.

A hőmérsékletviszonyok a várakozásoknak megfelelően alakultak. A sűrűbben beépített területek magasabb hőmérsékleti értékeket produkáltak, mint a ritkábban beépítettek. Az LCZ 6 (családi házas övezet) zónán belül kiemelkedően meleg és száraz mérőpontnak bizonyul a 6-6 azonosítószámú hely, a többi ilyen kategóriájúhoz képest jobban a város belsejében található, a külső és a középső körút között. A mérőállomás szűkebb környezetében viszonylag nagy kiterjedésű betonfelületek találhatóak, a kertés területektől pedig összefüggő házsor szigeteli el.



5. ábra. Az átlagos hőmérséklet és relatív nedvesség többlet eloszlása
 Figure 5. Distribution of average surplus of temperature and relative humidity

LCZ 9-esből (ritkán beépített) két olyan mérőállomás is van, ahol alapvetően hidegebb van, mint a várostól távolabb elhelyezkedő LCZ D (alacsony növényzet) típusú referenciapontjainknál. Ezeken a helyeken a vegetáció dúsabb, mint a külterületi pontokon. Ennek megfelelően itt a relatív nedvesség is alacsonyabb. Érdekes módon az LCZ 8 (raktárházias övezet) helyeken a viszonylag magas hőmérséklethez viszonylag magas relatív nedvesség is társul.

Összegzés

Szegeden a város területén található szenzorhálózat adatai alapján vizsgáltuk a hőmérséklet, relatív nedvesség és gőznyomás eloszlását. Alapvetően olyan eseteket tekintettünk, amikor nagy különbségek alakultak ki a területen. A különbségek időbeli menetét és térbeli eloszlását egyaránt vizsgáltuk. Megállapítottuk, hogy a mérőállomások beépítettség szerinti elkülönítése alapvetően sikeres volt, a mért állapotjelzők eloszlása a csoportokkal szoros kapcsolatban van (pl. a sűrűbben beépítettnek értékelt területeken magasabb hőmérséklet és alacsonyabb relatív nedvesség detektálható).

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az IPA Cross Border Cooperation Programme HUSRB/1203/122/166. számú projektje (URBAN-PATH) támogatta. Az első szerző publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A második szerző kutatását a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj és az OTKA PD-100352 támogatta.

Irodalom

- Bartholy J., Mészáros R., Geresdi I., Matyasovszky I., Pongrácz R., Weidinger T. 2013: Meteorológiai alapismeretek. Egyetemi jegyzet, ELTE, Budapest.
- Lelovics E., Unger J., Gál T., Gál C.V. 2014: Design of an urban monitoring network based on Local Climate Zone mapping and temperature pattern modelling. *Climate Research*, 60, 51–62.
- Oke, T.R. 1967: City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7(8), 769–779.
- Oke TR, 1987: *Boundary layer climates*. (2nd ed.). Routledge, London–New York, 435 p.
- Stewart, I.D., Oke, T.R. 2012: Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93, 1879–1900.
- Unger J., Lelovics E., Gál T., 2014: Local Climate Zone mapping using GIS methods in Szeged. *Hungarian Geographical Bulletin*, 63(1), 29–41.
- URBAN-PATH, 2014: <http://www.urban-path.hu>. Utolsó hozzáférés: 2014.06.17
- WMO, 1983: *Abridged final report, 8th session*. Commission for Climatology and Applications of Meteorology, World Meteorological Organization (WMO No. 600), Geneva.

HÁROMDIMENZIÓS FÖLDTANI MODELL KÉSZÍTÉSE ROCKWORKS KÖRNYEZETBEN: ESETTANULMÁNY A TOKAJI NAGY-HEGY PÉLDÁJÁN

3D GEOLOGICAL MODEL OF THE NAGY HILL (TOKAJ) IN ROCKWORKS: A CASE STUDY

Skita Diána

Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszék

skitadina@gmail.com

Abstract

Until recently the outputs of geological investigations and surveys have been mainly two dimensional maps in analogue or digital forms. Thanks to the advancing of computing technology now it is possible to provide more sophisticated digital models.

Today there are many geological modelling software package available to construct three dimensional models. One of these is the RockWorks software package which is widely used for geological data management, analyses and two- and three-dimensional visualization.

This paper discusses a case study about modelling a slightly exploded volcanic area with complex topography but not too difficult stratigraphy.

Keywords: Tokaj Nagy Hill, 3D Geological Modeling, RockWorks

Kulcsszavak: Tokaji Nagy-hegy, 3D földtani modellezés, RockWorks

Bevezetés

Háromdimenziós földtani modell készítésére számos, a kereskedelmi forgalomban is kapható szoftver alkalmas lehet. Az egyik legelterjedtebb geológiai adatbázis kezelő, elemző és megjelenítő alkalmazás a RockWorks programcsomag, amely többek között háromdimenziós földtani modellek készítésére is alkalmas.

A RockWorks földtani modellalkotási képességét egy olyan jól körülhatárolható mintaterületen próbáltam ki, ahol a bonyolult litológiai vagy tektonikai elemek nem lehetetlenítik el a modellezést, azonban a változatos domborzati (relief) viszonyok, a gyér feltártság alapján mégis tesztelhető volt a RockWorks használhatósága. A mintaterület központi része az 515 m tengerszintfeletti magasságú tokaji Nagy-hegy – vagy közkedvelt nevein Nagy-kopasz, Kopasz-hegy –, amely körülbelül 20 km²-nyi alapterületű a Tokaji-hegység déli végénél, a hegység fő tömegétől jobbra elkülönülve magasodó vulkáni kúp.

A RockWorks 14 szoftver jellemzői

A RockWorks integrált programcsomag egy általánosan elterjedt és széles körben alkalmazott geoinformatikai szoftver, amelyet elsősorban földtani, bányászati, teleptani, hidrogeológiai jellegű adatok tárolására, értékelésére, ábrázolására, modellezésére fejlesztettek ki (RockWorks 2008). A szoftver képes térképek, fúrás- és vízföldtani naplók, földtani szelvények, kerítés diagramokat, ún. 'solid', vagy más néven kőzetvázmodellek és grid (rácsháló) alapú modellek készítésére. Általánosságban elmondható, hogy a szoftver geológiai adatok tárolására, rendszerezésére, kiértékelésére, valamint ezek megjelenítésére sokrétűen alkalmazható.

A RockWorks jellemzője és nagy előnye, hogy valós térbeli adatokat, ún. *voxelt* is képes használni a grid-alapú kontúrozás mellett, azonban jelen cikkben csak a rácsháló (grid) adatokból felépülő modellezés lehetőségeit és korlátait vizsgáltam.

A RockWorks programcsomag több alkalmazást foglal magába. Az ún. *Borehole Manager* (magyarul Fúráskezelő) nevű alkalmazás a mélyfúrások, kutak alapadatait (azonosító, koordináta stb.), illetve a mélységgel változó jellemzőit tárolja (pl. rétegsor). Ez a programrész felel a kőzetváz és grid-alapú modellek, szelvények, térképek előállításáért.

A *Utilities* (Alkalmazások) elnevezésű segédprogram lényegében egy táblázatkezelő alkalmazás, amely kötött, táblázatos formában rögzített adatokat használ fel. A *Utilities*-ben manipulálhatók a gridek adatai, különböző számítási és logikai feladatok segítségével, de sztereografikus ábrák, rózsá-, háromszög-, illetve egyéb diagramok készítését is elvégzi.

A RockWorks két- és háromdimenziós megjelenítésre is képes a *RockPlot2D*, illetve *RockPlot3D* segédprogramok segítségével. A *RockPlot2D*-ben fúrásnaplók, szelvények, térképek jeleníthetők meg, míg ugyanez a kész kőzetváz és grid-alapú modellek, 3D felszínek és szelvények esetében a *RockPlot3D*-ben történik. Végül a kész jelentések összeállítása és nyomtatása a *RockPlot* alkalmazásban végezhető el (RockWorks 2008).

A Tokaji-Nagyhegy földtani felépítése

A Nagy-hegy legkorábbi kőzettani leírása a neves természettudós Robert Townson (1797) nevéhez köthető, azonban az első korszerű kőzettani-vulkanológiai összefoglalót Simkó Gyula (1926) készítette. A Nagy-hegyet kipreparált lávamagnak tartotta, melynek tufás fedőanyagát a külső erők lepusztították. Ezzel szemben Földvári Aladár (1945) – tévesen – szubvulkáni képződménynek gondolta.

A Nagy-hegy legátfogóbb feldolgozása Gyarmati Pál (1974, 1977) nevéhez, míg a kőzettani, fejlődéstörténeti, morfogenetikai vizsgálata Kozák Miklóshoz és Rózsa Péterhez (Kozák, Rózsa 1982; Rózsa, Kozák 1982; Rózsa, Papp 1988) köthető. Az elmúlt években a tokaji Nagy-hegy – a Tokaji-hegységgel együtt – újból a kőzetan-geokémiai, vulkánmorfológiai kutatások középpontjába került (Ostváth, Csámer 2008; M. Tóth, T. et al. 2012), emellett az antropogén geomorfológiai kutatások is lendületet kaptak (Novák, Incze 2012; Novák et al. 2013).

A Nagy-hegy vulkáni felépítményének sekély és mély aljzata jobbára ismeretlen, ugyanis sem a hegyen, sem annak közvetlen környezetében létesített mélyfúrások nem érték el a fekü képződményeket. A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet online „Magyarország mélyföldtani térképe” szerint az alaphegységi aljzat felszíne -500 – -750 mBf között húzódik (<http://www.mfgi.hu/terkepek>). A vulkáni felépítmény közvetlen fekjét valószínűleg szarmata korú savanyú piroklasztitok (Abaújszántói Tagozat), valamint riolit láva (Kishutai Riolit Tagozat) és perlit dagadókúpok alkotják (Pálházi Tagozat). Az Abaújszántói Tagozat piroklasztitja a Gyarmati Pál (1974) által készített földtani térképmagyarázóban riolit ártufaként szerepel. Jellemzően „rétegzetlen, osztályozatlan, durvaszemű kőzet az oxidációs zónákban szürkésfehér színű vagy limonittal szennyezett” (Gyarmati 1974). Savanyú lávák a Nagy-hegy É-i lábánál Tarcal és Bodrogkeresztúr térségében a Nagykövesden, a Terézia-dombon, a Henyén, illetve a Lebuj-csárdánál találhatók a felszínen és a felszín közelben.

A vulkáni kúp döntően a riolitos anyag felett elhelyezkedő alsó-pannoniai korú dácitos összetételű lávafolyások anyagából (Tarcali Dácit Tagozat) épül fel. A Nagy-hegyen a kutatófúrások Tarcal és Tokaj környékén 70-100 m, a tarcali 10. számú fúrásában 176 m vastagságban tárták fel a piroxéndácitot. Megjelenési formái változatosak, melyek között megemlíthetők a durva tömbös, üveges, sötétszürke típusok. Irodalmi források említést tesznek piroxéndácit agglomerátum és piroxéndácit tufa képződményekről is (Gyarmati 1974; Rózsa, Kozák 1982), azonban a leírások alapján tényleges piroklasztitnak csak a tarcali Nagykövesden a Murat-völgyben, valamint a Tarcal 12. számú fúrásban feltárt piroxéndácit tufa tekinthető. Az agglomerátumoknak nevezett képződmények explozív eredete kérdéses; a legtöbb esetben ezek autoklasztitok, autobreccsák, blokk-lávák lehetnek.

A Nagy-hegyet a würm során csaknem egészében, tipikus száraz térszíni lösz borította be. Ennek vastagsága igen változó, 1 métertől akár 20 méterig is terjedhet (ez utóbbi főként a hegy keleti felére igaz), míg a terület bizonyos részein teljesen hiányzik. A Nagy-hegy lába körül az eróziósan átmozgatott típusos löszből lejtőlösz képződött.

A holocéntól kezdve üledékfelhalmozódás már csak a Nagy-hegy környezetében zajlott, minek eredményeként folyóvízi és öntés homokok, iszapok és agyagok, valamint szikes iszapok képződtek.

A Nagy-hegy tektonikus igénybevettsége az igen fejlett hűlési-elválási litoklázis rendszer mellett is kimutatható, ám jelentősebb elvetődések sehol sem fordulnak elő (Kozák, Rózsa 1982).

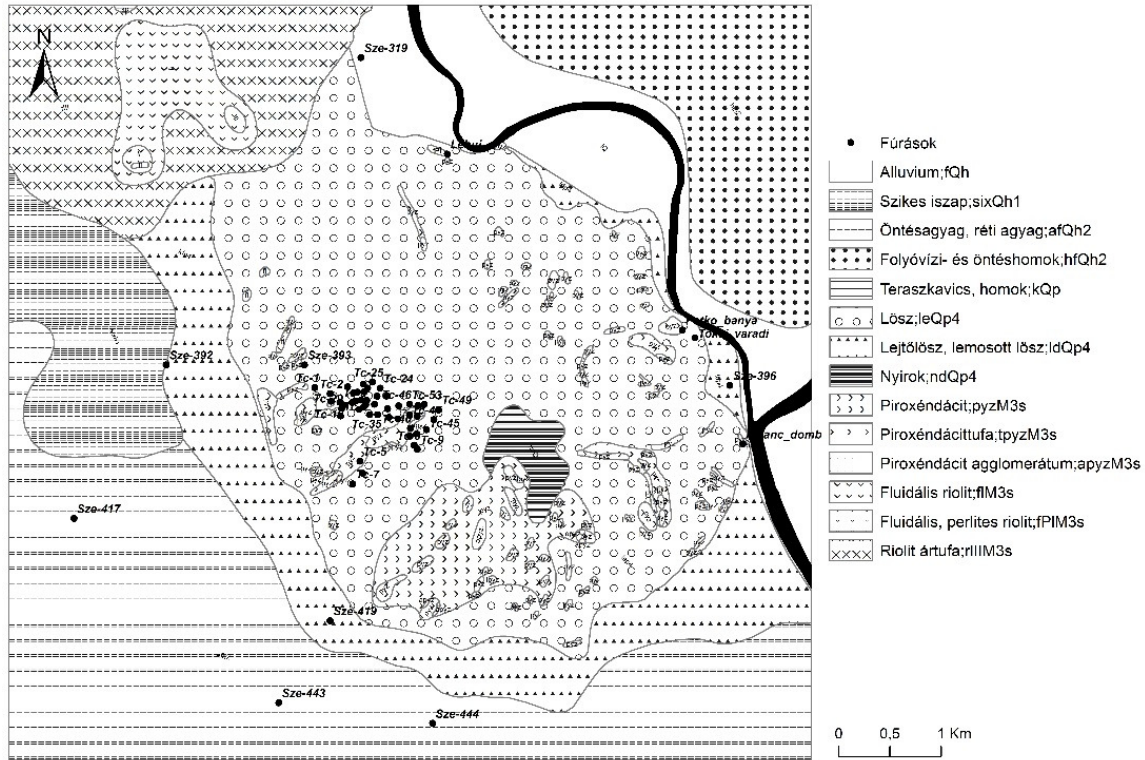
Földtani modellépítés

A vizsgálati terület digitális terepmodelljét (DTM) 25.000-es méretarányú topográfiai térkép fő szintvonalainak és magassági pontjainak bedigitalizálása után, előbb TIN-modell, majd ebből raszteres adatállomány előállításával készítettem. A raszteres állomány felbontása 30×30 m. A digitalizálást, a TIN és raszteres modelleket ArcMap szoftverrel végeztem, valamint hoztam létre.

A földtani modell megalkotásához első lépésként össze kellett gyűjteni a területre eső összes mélyfúrás, feltárás és felszíni mintavételi pont leírását, majd ezeket a RockWorks Borehole Manager adatbázis kezelőjébe kellett rendezni. Az adatbázisban rögzítettem az egyes pontok koordinátáit, magassági adatát, talpmélységét, rétegsorát. Az adatgyűjtéshez a mélyfúrási katasztert, valamint a Gyarmati Pál (1974) által szerkesztett térképmagyarázót használtam. Mivel a mélyfúrások nem harántolták teljes vertikumában a vulkáni felépítményt és annak fekjét, valamint a dácit horizontális kiterjedése is kérdéses, ezért a rétegsorok kiegészítéséhez a Nagy-hegyet átszelő Gyarmati-féle (1977) földtani szelvényre is szükség volt. A modellezett terület kiterjedését, valamint a rendelkezésre álló földtani információk térbeli eloszlását az 1. ábra szemlélteti.

A modellterületre összesen mintegy 64 darab fúrás és feltárás esett, ráadásul ezek eloszlása is nagy egyenlőtlenséget mutatott. A Rockworks az egyes fúrások, feltárások rögzített rétegsorából általunk

kiválasztott geostatistikai módszer(ek) segítségével számolja ki az egyes sztatigráfiai egységek határoló felületeit (gridjeit). A módszer előnye, hogy a felületek képzése statisztikai módszereken alapul, hátránya viszont, hogy nehézkes manipulálni, módosítani. A geológusok rendszerint ezt nem szeretik, ugyanis a földtani térképek, szelvények készítésénél gyakran a szakmai tapasztalataikra, intuícióikra hagyatkoznak. A RockWorks-ben nem tudjuk egy az egyben a földtani térképeken megjelenő kőzettani, sztatigráfiai képződmények elterjedési határait rögzíteni, ezért az adatok térbeli eloszlásának kiegyenlítésére, illetve a földtani képződmények elterjedésének rögzítéséhez további „fiktív” pontokat kellett generálni.



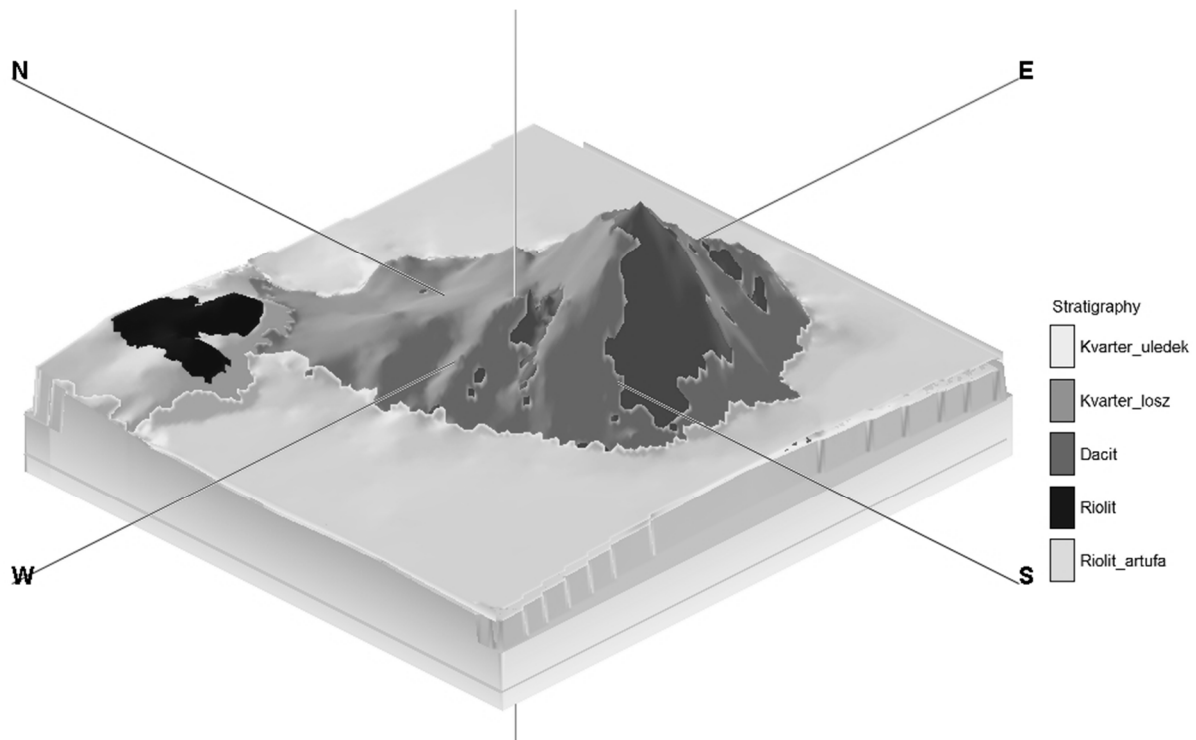
1. ábra. A tokaji Nagy-hegy környezetének földtani térképe Gyarmati (1974) alapján

Figure 1. Geological map of Tokaj Nagy Hill and its surroundings by Gyarmati (1974)

A földtani adatok kiterjesztéséhez a Gyarmati-féle 25.000-es földtani térképet digitalizáltam. Az egyes képződmények feltjainak digitalizált határaitól 20–20 méterre generáltam pontokat, amelyekhez rétegsort csatoltam. A rétegsorok létrehozásánál többféleképpen is el lehet járni. Ha kis területen, kevés képződménnyel dolgozunk, akkor manuálisan is rögzíthetjük az adott pont rétegsorát, azonban ha nagy a modellterület és sok képződmény határát kell letárolni, akkor célszerű térinformatikai módszereket alkalmazni (pl. ArcMap). Jelen esetben mintegy 1037 darab ponttal egészítettük ki az adatbázist.

A RockWorks programba betöltött kiegészített adatbázisból a Borehole Manager alkalmazással grid-alapú – úgynevezett Stratigraphy (rétegtani) – modellt készítettem háromszögelések (triangulation) módszerrel (2. ábra). A gridszámításhoz felhasznált pontok mennyiségét (fúrások, fiktív fúrások stb.) *densify* paranccsal sűríttem. A kimeneti gridek az egyes rétegtani egységek (képződmények) felületét, azok tetejét (top) és alját (base) tartalmazták.

Mivel a kapott gridek egyes helyeken kimetszettek a topográfiai felszín felé, illetve egymás felé is ezért a végleges modell megalkotásához az Utilities alkalmazásban módosítani kellett ezeket. Ehhez a RockWorks által felkínált grid szűrési és szerkesztési technikákat (Limit Filter, Boolean Filter, Polygonal Area Editing) alkalmaztam, több lépcsőben.



2. ábra. A tokaji Nagy-hegy háromdimenziós földtani modellje 5-szörös túlmagasítással

Figure 2. Three-dimensional geological model of Tokaj Nagy Hill with vertical exaggeration of 5

Irodalom

- Gyarmati P. 1974: Magyarázó a Tokaji-hegység földtani térképéhez 25000-es sorozat, Tarcál-Tokaj. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest
- Gyarmati P. 1977: A Tokaji-hegység intermedier vulkanizmusa. Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve LVIII., Budapest.
- Kozák M., Rózsa P. 1982: A Tokaji-Nagyhegy földtani fejlődéstörténete és morfogenetikai vázlata. Acta Geographica Debrecina XX., Debrecen, 167-190.
- M. Tóth, T., Rózsa, P., Szanyi, J., Csámer, Á. 2012: Magmatic and post-magmatic evolution of the Tokaj Mts. intermediate lava rocks: statistical evaluation of major element data. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 7 (4), 197-210.
- Novák T. J., Incze J. 2012: Kőrákások, kőgátak, támfalak, obalák: a szőlőtermesztés pusztuló emlékei a tokaji Nagy-hegyen, In: Füleky György (szerk.): A táj változásai a Kárpát-medencében. Történelmi emlékek a tájban. IX. Tájértörténeti Konferencia kiadványa (Keszthely, 2012.06.21-2012.06.23.) (ISBN:978-963-06-2214-1) Keszthely, Balatoni Múzeum - Környezetkímélő Agrokémiáért Alapítvány, 2012., 172-178.
- Novák T. J., Incze, J., Rózsa, P. 2013: Quantifying anthropogeomorphological transformation by using the concept of 'hemeromorphy' - a case study from Hungary, the Tokaj Big Hill. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, Bratislava, 13 (1), 59.
- Osváth, R., Csámer, Á. 2008: Volcanomorphological concerns of the Nagy Hill at Tokaj and the Cigány Hill near Bodrogszegi village. Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina 3, Debrecen, 127-132.
- RockWorks, 2008, User's Manual, 12-348.
- Rózsa P., Kozák M. 1982: A tokaji-nagyhegyi dacittípusok közettani viszonyai. Acta Geographica Debrecina, 20, 191-215.
- Rózsa P., Papp L. 1988: Tokaji-hegység vulkáni és szubvulkáni kőzetek elkülönítése szemcsenagysági összetételük alapján. Földtani Közlöny, 118, 265-275.
- Townson, R. 1797: Travels in Hungary in the year 1793, London

IDŐJÁRÁSI ISMERETEK OKTATÁSA KONSTRUKTIVISTA PEDAGÓGIAI SZEMLÉLETBEN

EDUCATION OF WEATHER IN CONSTRUCTIVIST PEDAGOGICAL APPROACH

Buránszkiné Sallai Márta

Országos Meteorológiai Szolgálat, sallai.m@met.hu
Eszterházy Károly Főiskola, Neveléstudományi Doktori Iskola

Abstract

In this study I will propose a practical application of the constructivist pedagogical approach in the subject of weather education. Because weather and our ability to adapt to it is a part of our everyday life, there are numerous opportunities to teach children new knowledge with the constructivist pedagogical approach, and by solving tasks and completing projects based on practical life, so they can use it to build up the kind of wisdom that can help them in the effective use of weather information, and making responsible decisions regarding the weather in their adult life. This is important because society is objectively more sensitive to natural disasters, including weather emergencies everywhere in the world. Because of this, the correct interpretation of weather forecasts and the appropriate behaviour during emergencies becomes more important. These need to be learned and applied if necessary. First I will summarize the differences between the main characteristics of the traditional and the constructivist learning environment. Then I will present specific examples regarding how learning based on the principles of constructivist pedagogy can work in the processing of weather related subjects in 5th and 9th grade geography.

Keywords: weather, education, constructivist pedagogical approach

Kulcsszavak: időjárás, oktatás, konstruktivista pedagógiai szemlélet

Bevezetés

Írásomban a konstruktivista pedagógiai szemlélet gyakorlati alkalmazására teszek javaslatot az időjárás oktatásának témakörében. Mivel az időjárás, illetve az ahhoz való alkalmazkodás mindennapi életünk része, így számtalan lehetőség van arra, hogy a konstruktivista pedagógiai szemlélettel, a gyakorlati életből merített feladatok, projektek megoldásával juttassuk a gyermekeket újabb és újabb ismeretekhez, amelyből felépíthetik maguknak azt a tudást, amely segíti őket majdan későbbi, felnőtt életükben is az időjárás információk hatékony alkalmazásában, a felelős döntések meghozatalában. Mindez azért fontos, mert a társadalom világszerte objektíve is egyre érzékenyebb a természeti csapásokra, ezen belül a légköri veszélyhelyzetekre. Emiatt felértékelődik az időjárás előrejelzések értelmezésének és a veszélyhelyzetben való helyes viselkedés szerepe. Ezt azonban tanulni és adott esetben alkalmazni kell. Először a hagyományos és a konstruktivista tanulási környezet fő jellemzői közötti különbséget foglalom össze. Ezt követően konkrét példákat mutatok be arra vonatkozóan, hogy a konstruktivista oktatásmódot elveire épített tanulás hogyan működhet a természetismeret és földrajz tantárgy időjárással kapcsolatos témaköreinek feldolgozásánál.

A konstruktivista pedagógiai szemlélet leglényegesebb jellemzői

A konstruktivista pedagógia gyűjtőfogalom, mely nem módszer, hanem szemlélet. Arra épül, hogy a tudást mindenki maga építi fel, tehát a tudás konstruált, nem a közvetítés (pl. a tanári magyarázat) határozza meg. A konstruálás önálló, személyes, a tanulónak ebben a gondolkodási folyamatban aktívan kell részt vennie, ehhez másokkal együtt kell működnie. A konstruktivista szemléletnél az „igaz” és „hamis” fogalmak nem használhatók, csak nagyobb és kisebb adaptivitás létezik. A tanulási folyamat kiindulópontja az előzetes tudás és az a viszony, hogy ez ellentmondásban van-e az éppen aktuális új információval. A tanulási folyamat vizsgálatánál az alábbi lényegi szempontokat kell kiemelnünk:

- Van-e ellentmondás az új információ és az azt értelmező rendszer között?
- Történik-e feldolgozás, megkísérli-e egyáltalán a tanuló az új információ értelmezését a meglévő tudása segítségével?
- Ha van feldolgozás, akkor megtörténik-e az új tudás lehorgonyozása a régi rendszerhez vagy sem?
- A lehorgonyozás érdekében mi változik meg, a külső információ, vagy az értelmező rendszer?
- Ha a belső rendszer alakul át, akkor az lényegi változás-e?

Ezek a kérdések egy olyan logikai elemzésre adnak lehetőséget, amelyben pontosan azonosíthatjuk a tanulás típusait, s eldönthetjük egy konkrét tanulási aktusról, hogy az melyik típusba tartozik (Nahalka 1997). A konstruktivista pedagógiai szemlélet lényegi jellemzője még az, hogy a megismerés nem induktív folyamat, hanem inkább deduktív, hiszen a gyermek meglévő tudásából indulunk ki, azzal próbáljuk megmagyarázni a világ jelenségeit, miközben átfogó tudásrendszereik egyre kidolgozottabbá válnak.

A konstruktivista pedagógiai szemlélet alapvetően új tanulási szemléletet alakított ki a gyakorlat számára. Oktatási kísérletek és fejlesztések sora foglalkozott az új szemlélet gyakorlatba való átültetésével, hatékony, új eljárásrendszerek és eszközrendszerek keresésével. A konstruktivista didaktika mondanivalója olyan elveknek az elemzésével tárgyalható, amelyek levezethetők a konstruktivista pedagógia alap gondolataiból és eligazítást nyújtanak új, konstruktivista szemléletű tanulási környezetek létrehozása során (Nahalka 1997; Nahalka 2002). Ezek a:

- a gyerekek meglévő tudására építés elve;
- a konceptuális váltások kidolgozásának szükségessége;
- a differenciáltság szükségessége,
- a valós kontextusba ágyazottság fontossága,
- a játék, a problémamegoldás, a közvetítő ismeretforrásból való tanulás és a konstruktív felfedezés egységének elve.

A konstruktív tanulásfelfogásban tehát az előbb ismertetett elvek alapján a komplex tanulási környezet megteremtése alapfeltétel: többé már nem egy tankönyv és egy tanár az információ forrása, hanem maga a valóság. A leegyszerűsített, leképzett, megszerkesztett tananyag önmagában a tudás megkonstruálását nem tudja biztosítani, csak a tapasztalatok és az életszerű helyzetek. Az életszerű helyzetekben fellelhető valóságos problémákra csoportosan, változatos munkaformákkal és módszerekkel keresik a diákok a választ. A konstruktivista pedagógia sajátos tanulási környezetet igényel, amelyben a tanulók együtt dolgozhatnak és segíthetik egymást, változatos eszközöket és információs forrásokat használva, a tanulási célok eléréséhez és a problémamegoldó tevékenységhez.

Konkrét példák a konstruktivista pedagógiai szemlélet gyakorlati alkalmazására az időjárás oktatásának témakörében

Írásom további részében példákat mutatok be arra vonatkozóan, hogy a konstruktivista oktatásemélet elveire épített tanulás hogyan működhet az időjárással kapcsolatos témakörök feldolgozásánál.

A légkör anyaga, szerkezete, a levegő felmelegedése

Tanulási tevékenységtípusok:

Mint minden új ismeret elsajátításánál, itt is fontos a közvetítő ismeretforrásból való tanulás. Mivel a levegő éltető közegünk, benne élünk, így nem nehéz a motiválás, az érdeklődés, kíváncsiság felkeltése: Hogyan néz ki a légkör a világűrben? Mi szab határt az emberi letelepedésnek? Hol található a legmagasabban fekvő települések? Milyen magasra tudnak repülni a madarak? Mi történne, ha kinyitnánk a repülőgép ajtaját? Ehhez hasonló kérdésekkel lehet a „száraz” lexikális ismereteket érdekessé tenni, amiről ott helyben az órán beszélgetni, vitatkozni lehet, illetve a helyes válaszoknak otthon utánanézni akár egyéni, akár csoportos munkában.

A tananyag részhez kapcsolódó egyes témakörök feldolgozását projekt munkával is megvalósíthatjuk. A projektek lényege, hogy a diákok saját maguk tervezzék meg a feladataikat az előkészítéstől az információgyűjtésen keresztül a bemutató előadás megtartásáig. Az egyes részfeladatokat maguk között osszák szét, úgy, hogy ki-ki a saját egyéniségének megfelelő feladatot kapjon. Lesznek, akik az információgyűjtést vállalják magukra, mások szép rajzokat, ábrákat készítenek, megint mások a PowerPoint bemutatót állítják össze a már kész szövegből, ábrákból, míg a jó előadói képességgel rendelkezők vállalhatják az anyag bemutatását. Az egyik csoport pl. az ózonréteg és az UV-B sugárzás kérdéskörével foglalkozik. A tanulók nézzenek utána az ózonréteg kialakulásának, illetve annak, hogy milyen folyamatok játszódnak le a magaslégtérben, ha freongázok kerülnek oda. Szerepeljen a folyamat reakcióegyenlete is. Készítsenek erről Powerpointos bemutatót. Egy másik, műszaki vénájú csoport feladata az lehet, hogy olyan családi házat tervezzen, amelynek energiaellátása napenergián alapul. (Ehhez ismerni kell a napsugárzást módosító tényezőket). Az ismertetés során indokolják meg, hogy miért a bemutatott megoldást választották. A régmúlt időkben kutakodni szerető tanulók választhatják azt a feladatot is, hogy utánanézznek hogyan jött létre a Föld légköre (Internetes, vagy könyv forrásanyagok megadásával a tanár segítheti a munkájukat), majd egy ábrával, rajzokkal illusztrált kiselőadás formájában mondják el a többieknek frissen szerzett ismereteiket.

Időjárási és éghajlati elemek és azok megfigyelése

Tanulási tevékenységtípusok

Közvetítő ismeretforrás: A magyarázatot (szél kialakulása, csapadék keletkezése stb.) számtalan szemléltető ábrával, animációval, képpel lehet érdekesebbé tenni. Ilyeneket találhatunk a sulinet oldalon (<http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/foldrajz/termeszetfoldrajz/>), az UK Met Office (az Egyesült Királyság meteorológiai szolgálata) honlapján pedig a rengeteg oktatóanyag között számos, a csapadék és a szél keletkezését demonstráló kísérlet videójára is rábukkanhatunk. (<http://www.metoffice.gov.uk/education/teachers/key-stage3>).

De még jobb, ha képek és videók nézegetése helyett a természetben figyeljük meg az eseményeket, illetve a diákok saját maguk végzik el az egyébként nagyon egyszerűen kivitelezhető kísérleteket. Az érdeklődés felkeltéséhez számos olyan kérdés feltehető, amelyek első hallásra meghökkentőnek tűnnek, pedig nap, mint nap találkozunk a jelenséggel és az emberek általában mégsem tudják a magyarázatot: Miért nem esik le a felhő az égből? Miért villámlik? Miért dörög az ég? Hányféle hópehely létezik, egyáltalán van két egyforma? Innentől az ismeret közvetítés inkább már közvetlen beszélgetésbe, „brainstorming” formába mehet át, ahol a tanár esetleg rávezető kérdésekkel, egy-egy újabb információval segítheti a beszélgetés jó irányba haladását. Ha nem sikerül a „titkokat” helyben megfejtetni, akkor feladatként vállalhatják a tanulók, ki-ki érdeklődése szerint, hogy melyik kérdésnek jár utána.

A valóság bemutatása földrajzi kísérletekkel: A földrajz órákon ritka a kísérlet, pedig nagyon sok egyszerű, könnyen beszerezhető, illetve a diákok által elkészíthető eszközökkel végrehajtható kísérletet tudunk összegyűjteni, amelyek motiválnak, segítségével a tanulók jobban megérthetik a jelenségek mögött álló fizikai hátteret, illetve a kísérlet lebonyolításában való aktív közreműködés jobban elősegíti a lehorgonyzást, mivel fokozottan épít a produktív képzeletre, mozgásba hozza a gondolkodási műveleteket. Sok téma választható, 2-3 fős csoportok vállalhatják, hogy előkészítik és bemutatják a felhő keletkezését, a csapadék és köd keletkezését, a szélkeletkezést, a konvekció (a meleg levegő felemelkedésének) demonstrálását, a légnyomás létének bemutatására szolgáló kísérletet. A felkészülést az Interneten található ilyen jellegű kísérletek leírásai, videói biztosíthatják (pl. a már említett UK Met Office videótár), de kísérleteket bemutató könyveket, szakirodalmat is könnyen talál a diák, vagy a segítséget nyújtó tanár (pl. Farsang 2009)

Projekt munka: A témakör kiválóan alkalmas pl. egy időjárás megfigyelési projekt megvalósítására is. Ilyen időjárás-megfigyelő projektet a Mozaik Kiadó 5. és 9. évfolyamos tankönyve is tartalmaz. Kiegészíthetjük a projektet azzal, hogy saját készítésű meteorológiai műszereket használunk (leírások az Interneten elérhetők). Jó lehetőség a 9. osztályosok esetében, ha webkamera segítségével rögzítjük a felhőket, majd osztályozzuk azokat, megvizsgáljuk, hogy milyen időjárás változás hírnökei voltak.

Általános légkörzés, ciklonok, anticiklonok, frontok

Tanulási tevékenységtípusok

Közvetítő ismeretforrás: A legösszetettebb, legnehezebben érthető tananyagrészt. Tapasztalat, hogy a tanulók nehezen látják át az összefüggéseket, az ok-okozati kapcsolatokat. Különösen nehezen értik meg az uralkodó szélirányok kialakulását, abban is a Föld forgásából származó eltérítő erő, a Coriolis erő hatását. Az ismeretek közvetítésénél jól felhasználhatók a pl. a sulinet és a Met Office korábban közölt elérhetőségen található szemléltető ábrák, animációk és talán ebben a témakörben a legfontosabb a bonyolult fizikai jelenség kísérletekkel történő bemutatása, amely jobban felkelti az érdeklődést és a látvány kapcsán jobban rögzül a jelenség a tanulóban.

Földrajzi kísérletek: A Coriolis erő eltérítő hatásának bemutatását szolgáló kísérletet a tanulók saját maguk is elvégezhetik egy deszkára rögzített papírkorong, toll és vonalzó segítségével (www.metoffice.gov.uk). Könnyen kivitelezhető Forgács (2009) tálcás, pingponglabdás kísérlete is. A ciklonok és anticiklonok kialakulásának bemutatása nehezebben kivitelezhető kísérlet (forgókád kell hozzá), de remek videók érhetők el a Met Office videótárában és a youtube-on is. A frontok kialakulása egy üveglap, elválasztó üveglap, piros és kék ételszínezék, valamint hideg és meleg víz segítségével könnyen demonstrálható, akár a tanulók által végzett kísérlet formájában is (Forgács 2009).

Projekt munka: E tananyag feldolgozásának legfontosabb célja az lenne, hogy a tanulók megtanulják összekötni a légköri jelenségeket a várható időjárással. Azaz a mindennapi életükben is alkalmazni tudják majd, hogy ha pl. az időjárás jelentésben azt hallják, hogy hidegfront közeledik, az milyen időjárási jelenségekkel jár együtt, és a természetben saját maguk is felismerjék az időjárás változásának jeleit. Ennek a célnak az elérésében segíthet egy olyan projekt, amelyet három különböző időjárási helyzetben (hidegfront, melegfront, anticiklon) indítunk. (Arról, hogy milyen időjárási helyzet várható, az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapján (www.met.hu) tájékozódhatunk.) Kísérjük nyomon a front helyzetét, vizsgáljuk az időjárási paraméterek változását az ország nyugati, középső és keleti településeinek egyikén és a saját településünkön. Webkamera segítségével vizsgáljuk a felhőzet alakulását. Nézzük meg a műhold és radarképeket is. Készítsünk összefoglaló bemutató előadást, vessük össze a települések adatait: mikor érte el a front a vizsgált településeket, milyen változásokat eredményezett a hőmérsékletben, szélben légnyomásban, csapadékban? Hogyan változott a felhőzet? Ugyanezt tegyük meg anticiklonális időjárási helyzetben is. Nyilvánvaló, hogy egy ilyen projekt kivitelezéséhez huzamosabb idő kell, de mindhárom esetben csak 1-1 napot igényel a megfigyelés és az eredményeket egyszerre, egy későbbi foglalkozáson is megbeszélhetjük.

Irodalom

- Farsang A. 2009: Korszerű módszerek a földrajzoktatásban TÁMOP-4.1.2-08/1/B-2009-0005 Mentor(h)áló Projekt, Szeged
- Nahalka I. 1997: Konstruktív pedagógia – egy új paradigma a láthatáron. Iskolakultúra, 7. évf. 2. sz. 21-33., 3. sz. 22-40., 4. sz. 3-20.
- Nahalka I. 2000: Hogyan alakul ki a tudás a gyerekekben? Konstruktivizmus és pedagógia. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- SULINET: Digitális taneszközök használata a természettudományos tantárgyak (biológia, kémia, fizika, földrajz) tanóráin (www.sulinet.hu/tanar/kompetenciaterulek/6_digitalis/.../digit_term.pdf).
- 101 ötlet innovatív tanároknak. Jedlik Oktatási Stúdió (http://www.jos.hu/down/9011/00_Ped.pdf).

FÖLDTANI KARIKATÚRÁK A TANTEREMBEN

GEOLOGICAL CARICATURES IN THE CLASSROOM

Hágen András

Újvári Általános Iskola
hagen13@freemail.hu

Abstract

Caricatures are sketches that present a person or a feature in a rather simple, - although a bit wierd, exaggerated way. Caricatures mean a simple drawing for the first sight. However on the whole these give a complicated and deep inside look into culture and society.

Apart from simple entertainment the purpose of caricature usage can be to raise problems of different kinds, to call soemone's attention, or comment, criticize. Using caricatures is age dependent. In the first place secondary school students are the best target age group. They - because of their better previous knowledge, proficiency in certain topics, and of their critical approach - can use them effectively. In the following we get introduced to the change in the approach towards geology, using caricatures. Thanks to graphics students get a taste of great historical debates about the change of approach towards both geology and paleontology from the 19th century. Thanks to De la Beche's and William Conybeare's caricatures they also peep into social and political environment of that time. Students also have the opportunity to prove. They choose a certain caricature for themselves from the list and they make a brief description - with a teacher's help - and they are to present their description.

Caricatures made nowadays are not only trying to study distant past times, but they also investigate improvement of geology in the 20th century. (Chicxulub catastrophe, or mammals contra dinosaurs.) The basic message of cartoons having the theme of geology that have been issued in recent years mainly discuss present problems, for example the exhaustion of energy sources on Earth, or climate change...

Keywords: caricatures, geology and paleontology, historical geology, Darwin

Kulcsszavak: karikatúrák, geológia és paleontológia, geológia története, Darwin

Bevezetés

Karikatúrákat számos céllal mutatunk be. Elsőként rögtön a szemléltetés jegyében, valamint motiváció gyanánt. Végso soron pedig a gondolkodtatás kialakulásáért (Farsang 2011).

A karikatúrák elemzése több pontban történik. Az első feladat az, hogy megfelelő mennyiségű időt engedjünk az értelmezésre. Ez után történik a karikatúrák külső-, valamint rejtett belső jeleinek a leírása. Ezek után tanári vezetéssel, frontális osztálymunka keretében megkezdődik a kép mondanivalójának megvitatása.

A karikatúrákat témájuk szerint tagolni lehet, mégis elsősorban a népeességnövekedés, a világkereskedelem, az energiaellátás problematikája, valamint a környezetvédelem témakörében készített karikatúrákat alkalmazzák leggyakrabban a földrajz órákon (Farsang 2011). A tudományos karikatúrákban szereplő tárgyak, valamint személyek is részt vesznek a tudományban és a kutatásban. A karikatúrákat információ forrásként is lehet használni a tudomány népszerűsítése érdekében.

Egy tudományos karikatúra is tartalmazhat információt, nemcsak az ábrázolt személyről, vagy a földtani modellről, de tartalmazhat „hangulatjelentést” is a társadalom viszonyáról az új elmélettel kapcsolatban.

A játékos oktatás

Az egyszerű szórakoztatás mellett a karikatúrák célja lehet a problémafelvetés, a figyelemfelhívás és bírálat. A karikatúrák használata életkorhoz kötött, elsősorban a középiskolás korosztály az, ahol a jobb tájékozottság, és a kritikus szemléletmód következtében ez érdemben használható.

A következőkben a földtan szemléletének alakulását ismerhetjük meg karikatúrák felhasználásával. A grafikáknak köszönhetően a diákok belekóstolhatnak a földtani-, és őslénytani szemlélet változásainak történelmi vitáiba a 19. századból, valamint a társadalmi és politikai környezetbe De la Beche és William Conybeare karikatúrái segítségével.

A bizonyításra a diákok is kaphatnak lehetőséget, mégpedig úgy, hogy a listából egy tudományos karikatúrát maguk választanak ki, és ahhoz egy rövid leírást készítenek - tanári segítséggel -, amelyet nekik kell bemutatniuk.

A földtani szemlélet fejlődése

A viktoriánus Angliában élénk volt az érdeklődés a természettudományok iránt. Különösen igaz volt ez a földtanra, ahol a radikális eszmék és az ellentmondásos új hipotézisek - az uniformitarianizmus, a jégkorszakok elmélete, és az evolúció - egyaránt jelen voltak, így nagy lehetőség adódott a közönséges

karikatúrák kialakulására. Abban az időben az úriemberi viselkedésnek köszönhetően közvetlen kritikára nem volt lehetőség, csupán csak a karikatúrák jelentették az egyetlen lehetőséget a kritika kifejtésére.

Professzor „Ichtyosaurus” Lyell

A leghíresebb karikatúra Henry de la Beche (1796–1855) nevéhez fűződik. Alkotásában fejtette ki nemtetszését Charles Lyell és kortársai elméletéről. Lyell 1830-ban publikálta korszakalkotó művét a „Geológia alapelveiről”. Ebben fejtette ki a híres földtudós felfedezéseit a Föld felszínének kialakításáról. Ezt az alapelvet nagyon sokan elutasították, különösen német nyelvterületen, ahol az isteni özönvízhez köthető, katasztrófizmus volt a mérvadó. Lyell volt az első, aki felismerte Darwin felfedezésének (evolúció) jelentőségét. A prominens „Ichtyosaurus professzor” képei a „Borzasztó változások” (1830) nevet viselik (1. ábra). Mellesleg meg kell említeni, hogy e mű sokáig inspirálta William Bucklandot (1784–1856) is. A karikatúra Francois Buckland (William Buckland fia) könyvsorozatában („Érdekességek a természet történetéből”, 1857–72) kerültek széles körűen bemutatásra.



A Lecture.—“You will at once perceive,” continued PROFESSOR ICHTHYOSAURUS, “that the skull before us belonged to some of the lower order of animals; the teeth are very insignificant, the power of the jaws trifling, and altogether it seems wonderful how the creature could have procured food.”

1. ábra. A borzasztó változások, ahol az emberek a fosszilis államban élnek, mint Ichtyosaurik, és Lyell professzor az embereket, mint alacsonyabb rendű élőlényeket mutatja be a hallgatóságnak. De la Beche karikatúrája Lyell-ről, mint Ichtyosaurus professzor (Buckland 1858)

Figure 1. Awful Changes. Man found in a fossil state – Reappearance of Ichthyosauri, and Professor Lyell people as inferior creatures is presented to the audience. The caricature dy De la Beches of Charles Lyell as Prof. Ichtyosaurus (Buckland 1858)

Ugyanakkor a geológus és az elismert földtudomány történész, Martin J. S. Rudwick (1831) felfedezte De la Beche naplójában a Lyell féle elmélet elutasítását. A naplóban De la Beche neveltségessé tette a Lyell által felvázolt megközelítést. De la Beche rajzain egy ügyvéd naplója (utalás Lyellre, aki ténylegesen ügyvéd volt) mutatja, hogy „Én” (Lyell) elmélete terjedt el szerte a világon

Nyilvánvalóan De la Beche sosem tudta legyőzni előítéletét Lyell-el szemben, ugyanis Lyell ügyvéd és kutató is volt egyszemélyben. A „Borzasztó változások” csak egy része Lyell uniformitarianizmusának.



2. ábra. „Ok és okozat” 1830 és 1833-ból. A Kép tetején lévő feliratban megjegyzi: „Áldd meg gyermek, amit a völgyben tettél!”. De la Beche dedikálta a lapot Bucklandnek (Forrás: Clary et al. 2010)

Figure 2. "Cause and Effect" in 1830 and 1833. Labels at the top of the image points: "Bless the child, what did you do in the Valley". De la Beches dedicated page to Buckland (Source: Clary et al. 2010)

De la Beche karikatúrája vitatja az uniformitartianizmust és a felszíni formák kialakulásának lassú folyamatát. A képen éppen William Buckland fia vizeletével alakítja ki az „U” alakú gleccser völgyet.

De la Beche az ihletet a karikatúrához onnan nyerte, hogy abban az időben folyamatosan arról vitáztak, hogy az erózió milyen szerepet játszik a völgyek kialakulásában. A jégkorszak kialakulásáról szóló elméletek még gyerekcipőben jártak, ezért nehéz volt Európában megmagyarázni azt, hogy a lassú folyóvízi erózió alakította völgyek „V” alakúak, míg a gleccserek vájta völgyek „U” alakúak.

A rétegtan kritikája

A karikatúristák szatirikus megjegyzéseivel nem csak Lyellnek kellett megküzdenie. De la Beche egy másik elméletet is, a rétegtant, vagy sztratigráfiát is kritizálta.

1834-ben Roderick Murchinson megerősítette azt a feltevést, miszerint a Grauwacke Formációt (kvarc, kovapala, agyapala alkotta konglomerátum, amely erősen csillámos, és igen finomszemű és sokszor palás formáció. Németország szilur, devon és némileg karbon szisztémájában is fontos szerepet játszik roppant kiterjedésénél fogva) megelőzte a növények megjelenése a szárazföldön. De la Beche a formációban néhány kőületet talált, aminek segítségével kijelentette, hogy Murchinson formáció feltételezése hibás. Murchinson ezen felbuzdulva támogatást szerzett a Földtani Társulattól és nyilvánosan megkérdőjelezte De la Beche felfedezését, például azt, hogy képes-e egyáltalán felismerni a sziklaalakzatot, vagy egy növényi fossziliát. De la Beche erre válaszul karikatúrát készített, hogy így vegyen részt a heves vitában.

Az evolúció ténye a 19. században hatalmas feltűnést keltett a Földön. Nehezen hitte el a korabeli ember, hogy „a majmoktól származunk”. Számos gúnyos rajz készült az ember és a majmok rokonságáról (3. ábra).

Az utóbbi (hamis) kép a fejlődést ábrázolja, ami az alacsonyabb rendű élőlények transzmutációját mutatja a magasabb rendűek felé. E téma még napjainkban is elég népszerű a rajzfilmekben és karikatúrákban, valamint a modern szatírákban a Youtube videókon.

Következtetés

A képek grafikájuk szerint karikatúrák, azonban ábrázolásuk és komplex tartalmuk miatt, mégis arra készítetik megfigyelőket, hogy megértsék a szakmai téma „hátterét”, ebből következően a gúnyos karikatúra is eszköze lehet a földtani szemlélet fejlődésének oktatásában (4. ábra).

Napjainkban készült karikatúrák már nemcsak a távoli múltat tanulmányozzák, hanem a földtudományok fejlődését is a 20. században (pl. Chicxulub katasztrófa, vagy az emlősök vs. dinoszauruszok).

Az utóbbi években kikerülő földtani témával bíró rajzfilmek alap mondanivalója napjaink problémáit tárgyalják, ilyen pl. a föld erőforrásainak kimerülése, vagy a klímaváltozás...

3. ábra. Népszerű karikatúra Linley Sambourne-tól. Az ihletet e képhez Darwin utolsó könyve adta a földigilisztákról (Forrás: SAMBOURNE 1822, IN: BROWNE, J. 2001)

Figure 3. Popular cartoon from Linley Sambourne. The inspiration for this image give Darwin's last book from the earthworms (Source: Sambourne 1822, In: Browne, J. 2001)



4. ábra. Egy lehetséges feladatlap a karikatúrákhoz

Figure 4. Possible worksheet for the caricatures

Feladatlap

- 1. Írjátok le a karikatúra külső jegyeit (pl. arckifejezés)! (betekintés a társadalomba és kultúrába)**
- 2. Írjátok le az új elméletek fogadtatását a tudósok között! (hangulatjelentés)**
- 3. Miben különbözött az elmélet a régi, rögzült ismeretekhez képest? A feladat megoldásához internetet segítségül lehet hívni. (rejtett belső jelek)**
- 4. Készíts Te is karikatúrát! Milyen témát választanál és miért? (képesség-, és képességfejlesztés, valamint önálló gondolkodásfejlesztés)**

Irodalom

- Browne, J. 2001: Darwin in Caricature: A Study in the Popularisation and Dissemination of Evolution. Proceedings of the American Philosophical Society 145(4), 496-509.
- Buckland, F. T. 1858: [Curiosities of Natural History](#). 2nd edition Richard Bentley – London.
- Clary, M. R. & Wandersee, J. H. 2010: [Scientific Caricatures in the Earth Science Classroom: An Alternative Assessment for Meaningful Science Learning](#). Science & Education 19, 21-37.
- Farsang A. 2011: Földrajztanítás korszerűen. – GeoLitera, Szeged. 196.
- Rudwick, M. S. 1975: Caricature as Source for the History of Science: DE LA BECHE'S Anti-Lyellian Sketches of 1831. Isis, Vol. 66 (234), 534-560.
- Rudwick, M. J. S. 2008: Worlds before Adam - The Reconstruction of Geohistory in the Age of Reform. The University of Chicago Press, 614.

ENERGIATUDATOSSÁGRA NEVELÉS
AZ EKF FÖLDRAJZ TANSZÉK KIADVÁNYAIBAN
EDUCATION FOR ENERGY-CAUTIOUSNESS IN PUBLICATIONS
BY EKF GEOGRAPHY DEPARTMENT

Mika János

Eszterházy Károly Főiskola
mikai@ektf.hu

Abstract

Selected papers of four thematic issues are surveyed, in connection with energy cautiousness rising. Two of them are e-lecture notes, the other two are a conference volume and collection of papers on renewable energy by graduate and PhD students. Selected ideas and initiatives are presented in the limited space of the study, accompanied by detailed list of the references.

Keywords: renewable energy, sustainability, risks, e-learning, students, references

Kulcsszavak: megújuló energiák, fenntarthatóság, kockázatok, e-tanulás, hallgatók, hivatkozások

Bevezetés

Az elmúlt években (2011-2014) néhány tematikus kiadványt jelentettünk meg papíron illetve az interneten. Tanulmányunk az ezekben található energiatudatosságra nevelést hordozó írásokat tekinti át. Kezdjük a felsorolást azokkal az *e-tankönyvekkel*, amelyeknek 2011-ben írhattunk meg a földrajztanár MA képzés számára. Ennek 11 magyar és 2 angol nyelvű fejezetéből „A természeti erőforrások gazdaságtana” (Kajati 2011) és a „Klímaváltozás, hatások, válaszadás” (Mika 2011, angolul is) érinti a fenti témakört.

Két évvel később, 2013-ban azt a 13 fejezetet készíthettük el, immár angol és magyar párhuzamos kiadásként, amiket a geográfus mesterszak sajátosan egri „Erőforrás és kockázatelemző” illetve „Régiómenedzser” szakirányain oktattunk. Ebben a „Fenntarthatóság és a kockázatok tudatosítása” (Pajtókné Tari I. – Mika J., 2013) tartalmaz az energiatudatossághoz kapcsolódó fejezeteket.

A *Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés* 2013 címmel megjelent konferencia kötetben négy tanulmányt említhetünk, melyek az energiatudatossággal foglalkoznak (Kovács E. et al., 2013; Rázsi A. et al., 2013; Pajtókné Tari I., 2013; és Patkós Cs. – Tóth A., 2013)

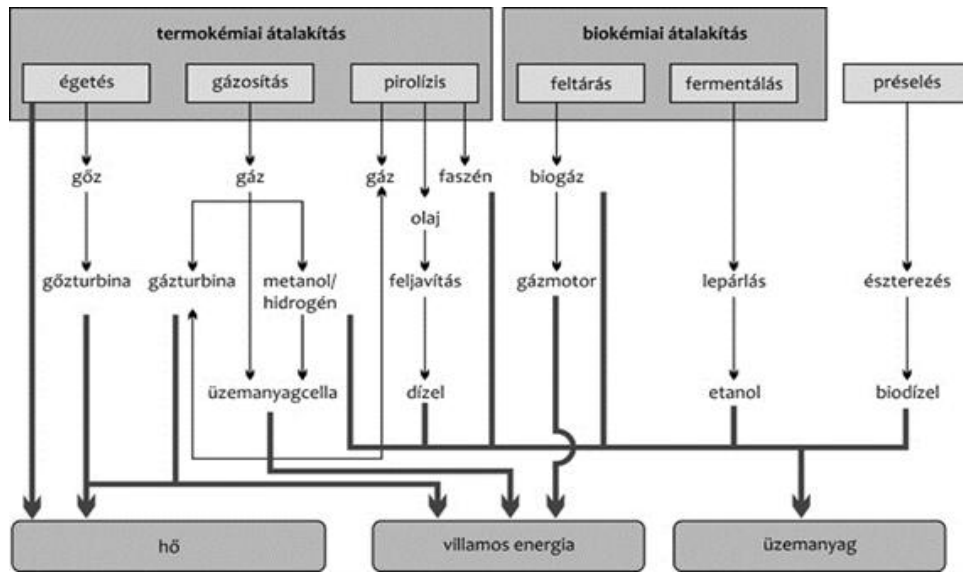
Végül, a megújuló energiaforrások társadalmi aspektusait tárgyalja főként szakdolgozó- és doktorjelölt hallgatóink tollából a *Fiatalok megújuló energiákkal* c. kiadvány, amelynek Bevezetése (Pajtókné Tari I., 2013) a következőképpen ecseteli a témakör jelentőségét: „*Napjainkban a megújuló energiaforrások egyre inkább a társadalom figyelmének középpontjába kerülnek. A legtöbb Kárpát-medencei magyar polgár szeretne tudatosan gondoskodni a jövőjéről és környezetbarát módon hasznosítani a rendelkezésre álló energiaforrásokat. A megújuló energiák fenntarthatósági szempontból meghatározóak és arra is figyelmet kell szentelnünk, hogy ezek hasznosításával rengeteg új munkahelyet lehet létesíteni. Meg kell még jegyeznünk, hogy az elmaradott vidéki területeken a társadalmi-gazdasági felzárkózás egyik kulcsterülete lehet a megújuló energiák tudatos hasznosítása. A fiatal generációknak is meghatározó szerep juthat a megújuló energiák elterjesztésében és a civil szféra is jelentősen hozzájárulhat a környezetbarát fejlesztésekhez.*”

Tanulmányunkban e kiadványok további néhány érdekes gondolatát szeretném megosztani a HUNGEO 2014 résztvevőivel, javasolva egyben a hivatkozott írások megkeresését.

Válogatás az e-tankönyvekből

Kajati Gy. (2011) e-tankönyve elsősorban gazdasági szempontból elemzi az energetikát. A mű 27. fejezete foglalkozik a megújuló energiaforrásokkal, amely megállapítja „Megújuló energiahordozók vagy energiaforrások alatt azokat az energiaforrásokat értjük, amelyek hasznosítása közben a forrás nem csökken, hanem azonos ütemben újratermelődik, vagyis megújul. Alapvetően a napenergia, a szélenergia, a geotermikus energia, a vízenergia és a biomassza tartozik a megújuló energiaforrások közé. Felhasználásuk igen sokoldalú lehet.”

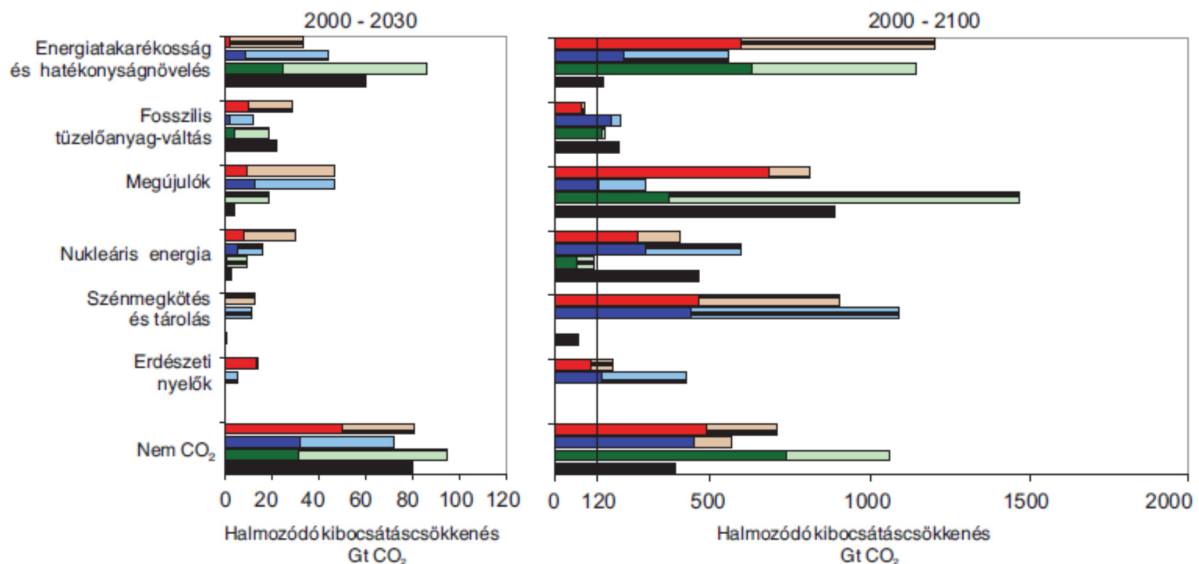
Az egyes megújuló energiaforrásokról leírtak közül példaként álljon itt a 27. fejezet 14. ábrája (hivatkozás a műben), amely a ma messze a legnagyobb arányt képviselő biomassza alapú energia kinyerésének és felhasználásának a lehetőségeit mutatja be (1. ábra).



1. ábra. A biomassza energetikai hasznosítása (Kajati Gy., 2011: 27.14 ábra)

Figure 1. Energetical utilisation of biomass (Kajati Gy., 2011: Fig. 27.14)

MÍKA J. (2011) e-tankönyve a klímaváltozásról szól, ami akár négy szempontból is érintheti az energetikát: (i.) A klímaváltozással módosul a megújuló energiaforrások potenciálja; (ii.) helytől és évszaktól függően változhat a fűtési és hűtési igény, sőt pl. a vízzel kapcsolatos műveletek energiaigénye is; (iii.) a szárazföldi és tengeri jég visszahúzódása segítheti a fosszilis tüzelőanyagok elérését; végül, de nem utolsósorban (iv.) a megújuló energiaforrások bevonásával és takarékosabb energiahasználattal mérsékelni lehetne magát a klímaváltozást. Példaként ez utóbbi vonatkozásra utalunk, a 10-12 fejezet nyomán. A 2. ábra azt mutatja be, hogy melyek a kibocsátás mérséklés lehetőségei és mi ezek egymáshoz való viszonya.



2. ábra. Az egyes megoldások szerepe a CO₂kibocsátás mérséklésében közép- és hosszútávon. A vízszintes oszlopok 4 gazdasági modell eredményeit mutatják. A sötét árnyalatú oszlopok a 650 ppm-es CO₂-egyenértéken várt stabilizációra vonatkoznak, a világos vonalak 490-540 ppm-es stabilizációra utalnak. A „Nem CO₂” a többi üvegházgáz mérséklésére utal

Figure 2. Role of possible solutions in middle and long-term mitigation CO₂ emission. Horizontal columns present estimations by four economical models. Dark coloured columns are related to the stabilisation at 650 ppm CO₂-equivalent, whereas lighter columns are related to stabilisation at 490-540 ppm. „Nem CO₂” is related to the other greenhouse gases

A két évvel későbbi, a geográfus MSc-eknek készült művek közül Pajtókné Tari I és Mika J., (2011) e-tankönyvének II. mellékletéből idézzük a megújuló energiaforrások témakör 2 nemzetközi és 4 hazai dokumentumát (az ötödik, azóta elavultat elhagytuk).

Az IPCC Speciális Jelentése A Megújuló Energiaforrásokról és a Klímaváltozás Mérsékléséről (IPCC SRREN, 2011. június 14.) A három évig készült, átfogó áttekintés alapvetően a megújuló energiaforrásokról szól, s a klímaváltozás ezek elterjedésének csak az egyik motívója. Kimutatja a dokumentum, hogy a megújulók aránya a Világban már ma eléri a teljes energiatermelésnek azt a 13 %-át, amit hazánknak 2020-ra kell teljesítenie az EU tagjaként. Bemutatja azt is, hogy a Világ teljes 2008. évi energia-igénye reálisan számolva is teljesíthető lenne megújuló energiákból, ha ehhez ki lehetne építeni a mindezt hasznosító kapacitásokat. Természetesen, ezek költségei óriásiak lennének, de a jelentés azt is bemutatja, hogy e költségek már sok megújuló energiaformánál és azok adott hasznosításánál versenyképes áron kitermelhetőek a hagyományos forrásokhoz képest. A dokumentum Döntéshozói Összefoglalója letölthető a <http://srren.ipcc-wg3.de/> honlapról.

EU Útiterve a versenyképes, alacsony szénfelhasználású gazdasághoz 2050-re (Brüsszel, 2011. március 8) Az EU folytatja erőfeszítéseit a klímaváltozás mérséklése és az ezzel elérhető olyan járulékos előnyök érdekében, mint az energia-függetlenség, energia-biztonság, a tisztább környezet. Emellett, az EU úgy tekint e feladatok megoldására, hogy ez mindenképpen elkerülhetetlen, s aki ezt hamarabb felismeri, az technológiai és piaci előnyökhöz juthat. Európa ezért ezt a struktúra-váltást gazdaságfejlesztési stratégiájának középpontjába emeli. A dokumentum átgondolt cselekvési tervet is felvázol, ami a hazai vállalkozók számára is figyelmet érdemel, hiszen a hazai fejlesztési politika prioritásai is előbb-utóbb követni fogják az Unió célkitűzéseit.

A dokumentum letölthető a http://ec.europa.eu/clima/documentation/roadmap/docs/com_2011_112_en.pdf címről

NEGAJoule 2020 A magyar lakóépületekben rejlő energia-megtakarítási lehetőségekről. (Energia Klub 2011. márc. 1) A civil szervezet szakértői által készített 25 oldalas összefoglaló közel három éves, jelentős adatbázison alapuló kutatás zárójelentése. Rámutat, hogy hatalmas tartalékok vannak különösen a nagyüzemi építésű, de az egyedi tervezésű lakóépületek többségében is az energia-megtakarítás szempontjából. A dokumentum letölthető a http://energiaklub.hu/sites/default/files/negajoule2020_pdf.pdf honlap-címről.

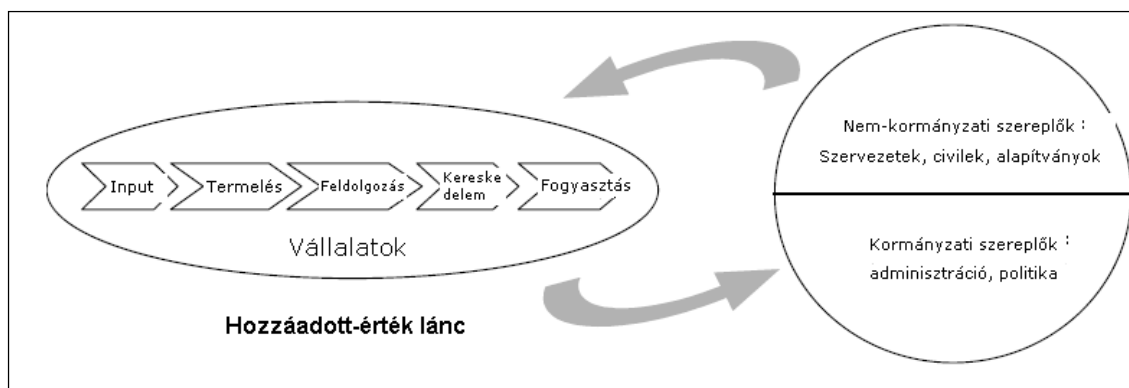
Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve 2010-2020 (2011. május 19.) A Nemzeti Fejlesztési Minisztérium gondozásában elkészült cselekvési tervben megfogalmazott intézkedések az energia- és klímapolitikai célok megvalósításának előmozdítása mellett a magyar gazdaság fejlődését, új munkahelyek létrehozását, a vidék fenntartható fejlesztését is szolgálják. A dokumentum jogi és műszaki szempontból egyaránt tartalmazza azokat az intézkedéseket, amelyek elősegíthetik, hogy hazánk valóban teljesítse azt az EU-n belüli vállalását, hogy a teljes energiaigény 13 %-a 2020-ra megújuló forrásokból legyen fedezhető.

Letölthető a <http://www.kormany.hu/hu/nemzeti-fejlesztési-minisztérium/hirek/elkeszult-a-megujulo-energia-magyarorszag-megujulo-energia-hasznositasi-cselekvési-terve-2010-2020-cimu-kiadvany> honlap-címről.

Nemzeti Energia Stratégia 2030 (Egyeztetési anyag, 2011. május) A jelenlegi döntés-előkészítő munkaanyag 134 oldalon ismerteti a magyarországi elképzeléseket. A tartalom ismertetését a többi dokumentumnál rövidebbre fogjuk, tekintve, hogy az még sokat változhat, mielőtt jogszabállyá válik. Ennek ismerete így is előnyt jelenthet azoknak, akik ilyen természetű vállalkozást folytatnak, vagy terveznek. Az előzetes dokumentum letölthető a <http://www.kormany.hu/download/3/58/30000/ESTRAT2030%2020110513.pdf> címről.

Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés

A Bevezetésben hivatkozott négy tanulmány közül elsőként PATKÓS Cs. és TÓTH A. (2013) tanulmányából lássuk azt az ábrát, ami egy regionális energia-partnerséget mutat be (3. ábra). Amint a szerzők a kötet 119. oldalán kifejtik, „A „SMART Grid” rendszerekben a termelő és a fogyasztó szerepe nem olyan egyértelmű, mint a hagyományos hálózatokban. A helyzettől és igényektől függően ugyanaz a háztartás lehet nettó fogyasztó vagy éppen termelő is (napszaktól, időjárás helyzettől stb. függően). Ez a filozófia átültethető szinte valamennyi megújuló energiára is, amennyiben lehetővé tesszük a település vagy térség társadalmának, hogy részt vegyen a területen szétszórva található megújuló energiák összegyűjtésében és hasznosításában. Erre lehet egy potenciális modell a hozzáadott érték partnerség (regional-value-added partnership) (RVP), ... Az RVP célja a regionális hozzáadott-érték fenntartható előállításának a helyi és regionális lehetőségek felértékelésével és ebből minden résztvevő számára valamilyen profitot termelni.”



3. ábra. Egy regionális hozzáadott érték partnerség vázlata (Patkós Cs. és Tóth A., 2011)

Figure 3. Scheme of regional value added partnership (Patkós Cs. és Tóth A., 2011)

1. táblázat. Az EKF geográfus (BSc) szak megújuló energia szakirányának szaktantárgyai

Table 1. Subjects of geography BSc specialisation „Renewable energy” in EKF

Bolygónk energiakészletei	Energetikai anyagismeret
Energiagazdaság, energiapolitika	A műszaki rajz alapjai
Az energiatermelés környezeti hatásai	Energia és háztartás
Biomassza energetikai alkalmazásának alapismeretei	Földrajzi kutatási módszerek
A biomassza energetikai alkalmazásának alapjai	Projektmenedzsment
A geotermikus energia alkalmazásának alapjai	Térinformatika I.
A szélenergia alkalmazásának alapjai	Önkormányzati ismeretek
A vízenergia alkalmazásának alapjai	Kommunikációs technikák
A napenergia alkalmazásai	Energetikai ellátó hálózatok
Megújuló energiás projektek finanszírozási lehetőségei	

A kötet további munkái közül elsőként Pajtókné Tari I. (2013) tanulmányára utalok, amely összefoglalja a Főiskolán folyó megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos kutatást és oktatást. Ebből származik az 1. táblázat, amely felsorolja a hazai földrajz-alapképzésben egyedülálló „Megújuló energiaforrások” szakirány keretében oktatott tárgyakat.

Kovács E. et al. (2013) tanulmány bemutatja, hogy a tavalyi évig használatos földrajz tankönyvekben hol milyen mélységben szerepeltek a megújuló energiaforrások. (A kép lehangoló, zömében elmaradott, hiányos anyagokkal találkozunk.) Emellett a cikkben sok példát látunk arra is, hogy miképp lehet a természet- és társadalomföldrajz egyes témaköreit összekapcsolni a megújuló energiákkal, az előbbiek eredményes tanítása érdekében.

Rázi A. et al. (2013) tanulmánya három helyszínen, egymással összefüggésben álmódja meg, hogyan lehetne az iskolában (Suli-projekt), az óvodában (Ovi-projekt), sőt egy városi klubban (Ökoklub) végzett szemléletformálással elérni, hogy „a jelen gyermekeinek legyen teljesen természetes az, ami a felnőtt lakosságnak gyakran még magyarázatra szorul.”

Fiatalok megújuló energiákkal

A graduális és doktorandusz hallgatók által írt nyolc tanulmány két nagy csoportra osztható. Az első négy mű (Kovács E., 2013; Barabás J., 2013; Ütőné Visi J. és Kiss B., 2013; Rázi A. 2013) a megújulókhöz kapcsolódó ismeretszerzést, szemléletformálást mutatja be.

Ebből a körből való Barabás J. (2013) megállapítása az Internetes forrásokról. „A megújuló energiaforrásokkal foglalkozó weboldalakat két nagy csoportra osztom. Az egyik, a profit-orientált, ezek általánosságban megújuló energia profilú vállalatok oldalai. Ezek a web-oldalak akkor nyújtják a legnagyobb segítséget, ha az érdeklődő az energiahasznosító berendezésekről, ezek megtérüléséről, árairól szeretne bővebb képet kapni. Gyakran találkozhatunk nagyon jó számításokkal, sok adattal, azonban mindig szem előtt kell tartanunk, hogy ezeknek a

vállalatoknak az eladás a legfontosabb. Tehát nem árt, ha az érdeklődő olyan weboldalakat is megtekint, amelyek a piactól függetlenek. Ilyenek a tudományos weboldalak, hírportálok, valamint a különféle megújuló energia profilú civil szervezetek oldalai, ahol a megújuló energiákkal kapcsolatosan cikkeket, tanulmányokat olvashat, illetve a legfrissebb hírekkel, technikai újításokkal is megismerkedhet.”

A másik 4 tanulmány (Piskóti-Kovács Zs., 2013; Krámos D., 2013; Dulai A., 2013; Tóth S., 2013) a megújulókkal kapcsolatos gazdasági tevékenységek lehetőségét elemzi. Ebből a körből Piskóti-Kovács Zs. (2013) alábbi megállapításait idézzük: „Az Új Széchenyi Terv Zöldgazdaság Fejlesztési Programjában a következő alintézkedésekben találkozhatunk a megújuló energiával, valamint a fenntartható életmód népszerűsítésével:

- (1) Fenntartható életmódot és az ehhez kapcsolódó viselkedésmintákat ösztönző kampányok (szemléletformálás, informálás, képzés);
- (2) Fenntarthatóbb életmódot és fogyasztási lehetőségeket népszerűsítő, terjedésüket elősegítő mintaprojektek;
- (3) Épületenergetikai fejlesztések megújuló energiával kombinálva;
- (4) Helyi hő- és hűtési igény elősegítése megújuló energiaforrásokkal;
- (5) Megújuló energia alapú villamosenergia, kapcsolt hő- és villamosenergia, valamint biometán-termelés;
- (6) Megújuló energia alapú térségfejlesztés;
- (7) Geotermikus alapú hő-, illetve villamosenergia-termelő projektek.

Áttekintve a pályázati eredményeket megállapítható, hogy a civil szféra a fenntartható életmód népszerűsítésében, a környezettudatosság és energiatakarékosság terjesztésében vállalja a nagyobb szerepet, melyek ugyan mind a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos fogalmak, de a megújuló energia hasznosításához közvetlenül nem kötődnek. Szinte az összes beadott pályázat az (1) és (2) alintézkedéshez tartozik, egyedül a táblázatban felsorolt két utolsó kötődik közvetlenül a megújuló energiaforrások hasznosításához.”

Irodalom

- Barabás J., 2013: A megújuló energiáról szóló ismeretterjesztés kezdetei és lehetőségei In: Fialatok megújuló energiákkal. Agria Geográfia Alapítvány, (Pajtókné Tari I., szerk.) 23-32.
- Dulai A., 2013: A megújuló energiaforrások önkormányzati hasznosítása-Felsőtárkány In: Fialatok megújuló energiákkal. Agria Geográfia Alapítvány, (Pajtókné Tari I., szerk.) 62-71.
- Kajati Gy., 2011: A természeti erőforrások gazdaságtana. E-tankönyv földrajz-tanároknak http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_KajatiFoci/adatok.html.
- Kovács E., Kiss B., Ütőné Visi J., 2013: Megújuló energiák oktatási vonatkozásai – energiatudatossá nevelés az iskolában. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeret-szerzés, 2013. (Pajtókné Tari I. és Tóth A., szerk.) Eger 2013. október 10-12, pp. 219-224.
- Kovács E., 2013: Energia-tudat az oktatásban. In: Fialatok megújuló energiákkal. Agria Geográfia Alapítvány, Eger (Pajtókné Tari I., szerk.) 15-22.
- Krámos D., 2013: Három kiválasztott energiaregión civil szervezeteinek vizsgálata a régió intézményesülésének tükrében In: Fialatok megújuló energiákkal. Agria Geográfia Alapítvány, Eger (Pajtókné Tari I., szerk.) 55-61.
- Mika J., 2011 „Klimaváltozás, hatások, válaszadás” E-tankönyv földrajz-tanároknak http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_MikaJanos-eghajlat-HU/index.html.
- Pajtókné Tari I., Mika J., 2013: „Fenntarthatóság és a kockázatok tudatosítása” E-tankönyv geográfus MSc hallgatóknak (internetre kerülés alatt).
- Pajtókné Tari I., 2013: A megújuló energiaforrások oktatása és kutatása az EKF Földrajz Tanszékén. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. (Pajtókné Tari I., Tóth A., szerk.) Eger 2013. október 10-12, 109-114.
- Pajtókné Tari I., 2013: Bevezetés. In: Fialatok megújuló energiákkal. Agria Geográfia Alapítvány, Eger (Pajtókné Tari I., szerk.) 4. o.
- Patkós Cs., Tóth A., 2013: Energiaregión: a megújuló energiák hasznosításának egy lehetséges területi modellje. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. (Pajtókné Tari I., Tóth A., szerk.) Eger 2013. október 10-12, 115-121.
- Piskóti-Kovács Zs., 2013: A civil szervezetek fenntarthatósággal és megújuló energiával kapcsolatos pályázati tevékenységének elemzése. In: Fialatok megújuló energiákkal. Agria Geográfia Alapítvány, Eger (Pajtókné Tari I., szerk.) 46-54.
- Rázsai A., Apró A., Kovács E., 2013: Környezeti tudatformálás az óvodától a középiskoláig. In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés, 2013. (Pajtókné Tari I., Tóth A., szerk.) Eger 2013. október 10-12, 231-235.
- Rázsai A., 2013: Egy lehetséges programcsomag az iskoláskorú gyermekek energiatudatos neveléséhez. In: Fialatok megújuló energiákkal. Agria Geográfia Alapítvány, Eger (Pajtókné Tari I., szerk.) 41-45.
- Tóth S., 2013: Megújuló energiaforrások helyi hasznosításának egy lehetséges modellje: Kömlő község példája In: Fialatok megújuló energiákkal. Agria Geográfia Alapítvány, Eger (Pajtókné Tari I., szerk.) 72-80.
- Ütőné Visi J., Kiss B., 2013: A megújuló energiaforrások témakörének feldolgozása az általános és középiskolai természetismeret-földrajz tankönyvekben In: Fialatok megújuló energiákkal. Agria Geográfia Alapítvány, Eger (Pajtókné Tari I., szerk.) 33-40.

Ha ismert a meteor átmérője, abból kiszámítható a sugár is, ami 5 km (5000 m) volt. Ha elfogadjuk azt, hogy a kisbolygó kinézete egy gömbhöz volt hasonló, akkor a Cavalieri-elvet felhasználva, úgy írjuk fel a képletét, hogy:

$$V = 4 * \rho^3 * \pi/3, \quad (2)$$

Ebből következően a térfogata ($V =$) 523 333 333 333 m³ volt 5000 m-es sugárral számolva. Így már következtethetünk sűrűségére is, amelynek képlete:

$$\rho = m/V, \quad (3)$$

miszerint a 10 km-es átmérőjű, 1,5 * 10¹⁵ t súlyú becsapódó égitest 2866 kg/m³ (~3000 kg/m³) sűrűségű volt. Ez a sűrűség egy átlagos kőzetsűrűség a Földön.

A becsapódáskor a kinetikus energia hatalmas lökeshullámmá alakul, megközelítőleg 180 km-es átmérőjű krátert létrehozva.

A lökeshullámok a kráter végén (a becsapódás közepétől 90 km távolságban!) hagyományos szeizmikus lökeshullámmá szelődül, amelynek sebessége a hangterjedési (légkörben 340 m/s) sebességével (a kőzetekben 5–8 km/s = 5–8000 m/s) megegyező.

Az újabb modell kísérletek szerint a Chicxulub-kráter egy 50 m mélységű sekélytengerben jött létre (Hargitai et al. 2005), ahol természetesen az 50 m víz nem tudta annyira lelassítani a meteoritot, hogy ne fúródjon a földbe. És ha igaz a sekélytenger, akkor megbecsülhetjük azt is, hogy mekkora tsunamit váltott ki a becsapódás. Abból induljunk ki, hogy a Bikini atollon végrehajtott Baker kísérleti atomrobbantás során az 1 km átmérőjű becsapódó test a becsapódástól akár 20 km-re is 1 km magas amplitúdójú hullámokat hozott létre, így a becsapódás központjában relatív 20 km magas hullámot indított útjára, így a 10–14 km átmérőjű kisbolygó 200–280 km magas hullámot indíthatott útjára. Igen ám, de ilyen mélységű óceán nincs a Földön sehol, így elégedjünk meg azzal, hogy ez az amplitúdó hullámformájában „körbe” utazta a Földet, mind É-D, mind Ny-K irányában.

A perm-triász krízis

A Föld történetének legnagyobb tömeges kihalására a perm időszak végén, 252 millió évvel ezelőtt került sor. A tömeges kihalás során a tengeri fajok több, mint 96%-a, a szárazföldi fajoknak pedig 70%-a tűnt el végleg a Föld felszínéről.

A kutatók Ausztráliától kevéssel ÉNy-ra található Bedout-nál megtalálták a keresett becsapódás feltételezett kráterét. A kutatók számításai szerint a kráter átmérője 120 km körül lehetett. Ha feltételezzük, hogy ez a meteor a kréta végi Chicxulub-krátert létrehozó meteorhoz hasonló – vagyis megegyezik a sűrűsége, valamint a tömege – akkor a Bedout-meteor 6 km-es átmérőjű volt. Ha megegyezik a sűrűségük is, vagyis a Chicxulubéhoz hasonló akkor, $\rho = 2866 \text{ kg/m}^3$. A Cavalieri-elv és a sűrűségből megállapítható a tömege is. A meteor térfogata 904320000000 m³ volt. A tömege pedig $2,59178112 * 10^{15} \text{ kg}$ volt.

Ami a sebességét illeti, a fent említett levezetés szerint nagy valószínűséggel a Bedout-meteor is a Chicxulub-meteor sebességével (25 km/s) érkezett.

A tömeg és a sebességet illetően meg lehet becsülni a mozgási vagy kinetikus energiát is, ami $8,099316 * 10^{23} \text{ J}$.

Meteoritbecsapódás és az éghajlat

Az elsődleges éghajlatalakító tényezők a Föld története során folyamatosan változtak. Változott a Nap sugárzásának intenzitása, a légkör összetétele, a kontinensek elhelyezkedése, a kontinentális lepusztulás, a hegységképződés és a vulkanizmus globális mértéke, változtak a Föld pályaelemei. Ennek megfelelően folyamatosan változott a Föld éghajlata is. Egyes időszakokban a globális átlaghőmérséklet akár 6 °C-kal is meghaladhatta a mait (pl. kambrium, devon, kora-eocén), míg más periódusokat a nagymértékű eljegesedés jellemezte (Donnadieu et al. 2004).

Az éghajlat hűléséhez meteoritbecsapódások is jelentősen hozzájárultak. A meteorit becsapódásokkor nagy mennyiségű füst, por, törmelék, összefoglalóan aeroszolrészecske kerül a légterbe, amelyek időszakosan csökkenthetik a felszínre érkező napsugárzást (Mészáros 2001).

Az aeroszolrészecskék szórják és elnyelik a napsugárzást. Minél több van belőlük a levegőben, annál kevesebb energia éri el a felszín, ami hűvösebb éghajlat kialakulásához vezet. A folyamat sugárzás átbocsátással (τ) jellemezhető, amely fordítva aránylik a légköri homályossághoz (δ): minél nagyobb a homályosság (az aeroszolrészecskék koncentrációja), a napsugárzásnak annál kisebb része jut át a légkörön. Matematikai formában az összefüggés a következő:

$$\tau = 1/e^{\delta} \quad (4)$$

ahol „e” a természetes logaritmus alapszáma. A formulából következik, hogy egységi homályosság esetén a sugárzás erőssége 1/e-ed részére csökken. A homályosság egy dimenzió nélküli szám, értéke tiszta levegőben 0,1 körül ingadozik. Ez azt jelenti, hogy a légköri átbocsátás 0,9-del egyenlő, azaz a sugárzásnak 90 százaléka jut a felszínre.

Egy-egy vulkánkitörés alkalmával az „e” logaritmus alapszámának értéke 2,71, akkor a felszínre érő sugárzás intenzitása csak 37 %-a a légkörön kívüli erősségnek. $\delta = 4$ -nél 1,8 % a megfelelő érték. Ilyenkor a bolygó Nap felőli oldalán is éjszakai sötétség uralkodik és a hőmérséklet $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ alá csökken.

Erős vulkánkitörések időtartalma, következképpen hatása jóval hosszabb, mint egyetlen meteorbecsapódás következménye. Ebben az esetben magyarázatot kaphatunk a meteorbecsapódás és a vulkáni tevékenység pusztító hatására.

A Föld pályáját időszakosan megközelítő kisbolygók

Kisbolygók a Naprendszer valamennyi térségében előfordulnak, ám két olyan tartományt is ismerünk, ahol igen nagy számban található. A közelebb elhelyezkedő, ezért sokkal részletesebben ismert a Mars és a Jupiter pályája között található fő kisbolygó öv.

A kisbolygók kutatása napjaink egyik legnépszerűbb területe, különösen annak tudatában, hogy a Földünkre is hatással lehetnek a kisbolygók. A főv réseiből kiszóródó kisbolygók ugyanis olyan pályára állhatnak, amely keresztezi Földünk pályáját, és egy esetleges becsapódás katasztrófális következményekkel járhat. A veszélyes kisbolygó-becsapódások nagyon ritka események.

Mivel a kisbolygók pályája a bolygók gravitációs hatása miatt megváltozik, nem csak azokat az égitesteket kell figyelni, amelyek manapság keresztezik a földpályát, hanem a bolygónkat 40–50 millió km-re megközelítő égitesteket is. Ezek alapján a csillagászok három csoportba sorolták a földközeli kisbolygókat (Mehra 1973). Az Amor-család tagjai nem kerülnek a Földnél közelebb a Naphoz, ám 1,3 Csillagászati egységénél jobban megközelítik csillagunkat, így a jövőben veszélyessé válhatnak. Az Apollo-család tagjai a Földnél jobban megközelítik a Napot, így pályájuk keresztezheti a földpályát, ám keringési idejük 1 évnél hosszabb. Az Aten-család tagjai szintén közelebb kerülnek központi csillagunkhoz, mint mi, ám keringési idejük 1 évnél rövidebb. Ez azt jelenti, hogy útjuk nagyobb része a földpályán belül vezet.

A kisbolygó kutatás ismertetéséből látható, hogy az Apolló-, és az Aten-csoport kisbolygói tartózkodnak időközönként a Föld pályáján. Nagy valószínűséggel ebből a két csoport valamelyikéből szakadt el a Chicxulub-kráter létrehozó aszteroida.

Következtetés

A kréta-tercier határán történt kihalási eseménynek az időtartamát illetően nincs egyetértés a kutatók között. Azok, akik elfogadják a meteor becsapódás elméletét, azt vallják, hogy néhány százezer év alatt lezajlott a kihalás (Mexikóban olyan ősmaradványos homokkő-rétegsorokat is feltártak, amelyekben a fajok tömeges kihalása a becsapódási esemény után 300 000 évvel kezdődött meg). E krízis az egyik legnagyobb volt az élővilág történetében. Kiváltó oka a kréta végén a Földnek csapódott 10 km átmérőjű aszteroida lehetett. A kréta végén becsapódó égitest $1,5 \cdot 10^{15}$ kg súlyú, és $523\,333\,333\,333\text{ m}^3$ térfogatú, valamint 2866 kg/m^3 sűrűségű lehetett. A becsapódáskor $4,6875 \cdot 10^{23}$ kinetikus energia szabadult fel.

A földtörténet legnagyobb kihalása a perm-triász határon következett be. Ha elfogadjuk az extraterresztikus okokat kiváltó tényezőnek, akkor a perm végén becsapódó meteor átmérője 6 km volt. Ha megegyezik a sűrűségük is, vagyis a Chicxulubéhoz hasonló akkor, $\rho = 2866\text{ kg/m}^3$. A Cavalieri-elv és a sűrűségből megállapítható a tömege is. A meteor térfogata 904320000000 m^3 volt. A tömege pedig $2,59178112 \cdot 10^{15}$ kg volt. A tömeg és a sebességet illetően meg lehet becsülni a mozgási vagy kinetikus energiát is, ami $8,099316 \cdot 10^{23}$ J.

A BODAI AGYAGKŐ FORMÁCIÓ „FELFEDEZÉSE”

„EXPLORATION” OF THE BODA CLAYSTONE FORMATION

Sámson Margit

MECSEKÉRC Zrt.

samsonmargit@mecsekerc.hu

Abstract

The Boda Claystone Formation (former Boda Siltstone Formation) is located in the West-Mecsek with 150–200 km² area, and approximately 900 m thickness. Its matter's great mass is reddish brown claystone, with fine-grained sandstone on the low session, and with carbonated siltstone intercalation on the upper session.

Getting knowledge of Boda Claystone Formation was started with the bore Kt-I deepened more than 500 m on the claystone, but not drilled in it. For a long time it was not recognized as a self-sufficient formation.

In terms of the uranium research it was mapped on surface (Jámbor 1964) and described from about 30 boreholes. Barabás described it as a floor of Kővágószőlős Sandstone with content uranium (Barabás 1956). Its dating by sporomorphs was got over by Barabásné (1981), and she summarized all of the research theme until those time in 1987–88. These knowledges are also relevant in nowadays.

As far back as 1980s, the Boda Claystone Formation was occurred as a suitable deposit for nuclear waste. From 1989 the Mecsek Ore Mining Company researched it with two 1200 meter drilling from surface and 350 meter drilling in mine as well as with 1000 m drift. In the course of so-called ALFA-project there was further drifting and drilling in mine. The collected rock sample was submitted widespread laboratory exam.

It is researched nowadays as a potential deposit of high activity nuclear waste; it is examed with new drilling, ditch, geophysical, hidrogeology and laboratory methods. There are increasing number of data gathered, but ambiguous knowledge not revealed about suitability.

Keywords: Boda Claystone Formation, exploration history, West-Mecsek, Permian

Kulcsszavak: Bodai Aleurolit Formáció, kutatástörténet, Nyugat-Mecsek, perm,

Bevezetés

A Bodai Agyagkő Formáció (korábbi nevén Bodai Aleurolit Formáció) a Nyugati-Mecsekben található. Felszíni elterjedése 150–200 km², legnagyobb vastagsága 900–1000 m lehet, de a törmelékeny üledék egyhangú kifejlődése miatt nehéz megítélni, nincs-e benne tektonikus ismétlődés. Rétegtanilag a Cserdi Formáció és a Kővágószőlős Homokkő között helyezkedik el, mindkettővel heteropikus fáciesként fogazódik össze. Anyagát jellemzően vörösbarna agyagkő alkotja, de aleurolit, finomszemű homokkő és karbonátos (dolomitos aleurolit, dolomitmárga, homokos mészkő) betelepülések gyakran előfordulnak benne. Jelentős mennyiségű másodlagos albitot tartalmaz. Rétegsora száraz éghajlaton, sekély sósvízű tóban rakódhatott le a felső perm során.

Kezdeti lépések – hézagos ismeretek

Megismerése 1892-ben kezdődött, amikor a Duna Gőzhajózási Társaság a Töttös és Bakonya közötti völgyben a Kt-I jelű kőszénkutató fúrást lemélyítette. Ez a fedő Kővágószőlős Homokkő alatt 129,2 m-ben érte el a vörös aleurolitot, de a 750 m-es talpig nem érte el annak fekvését (Hámos 1997). A képződmény rétegtani értékelés nélkül maradt. Vadász Elemér 1935-ös Mecsek monográfiájában és Magyarország földtana című kötetében (1960) sem különíti el világosan, hanem a középső-perm alsó tagozatának tartja, a mai besorolás szerint ez a Kővágószőlős Homokkő Cserkúti Tagozat alatti része (Barabás 1956).

Részletes térképezés – ma is helytálló megállapításokkal

Az uránkutatáshoz kapcsolódik felfedezésének következő fejezete. A „vörös palás agyag, agyagkő és márga” összletet az urántartalmú Kővágószőlős Homokkő fekvőjének tekintették. Önálló földtani egységként először Barabás Andor kandidátusi értekezésében írta le (Barabás 1956).

1957–1963 között zajlott a Mecseki Ércbányászati Vállalatnál (MÉV) az alsópermi kutatási program, ennek eredményeit Jámbor Áron foglalta össze (Jámbor 1964). Elvégezte a litosztratigráfiai felosztást, amelyet – némi változtatással, de – a mai napig használunk. Megállapította, hogy a képződési környezet zárt, peneszlényes medence, sekély, oszcilláló beszáradó tó lehetett.

A részletes terepi térképezés alapján kijelentette, hogy „Az aleurolit összlet első felületen vizsgálata alapján nemcsak a mecseki perm, hanem az ország legegységibb üledékének tűnik.”

Bizonyára nem számított arra, hogy ez a képződmény pár évtized múlva a figyelem középpontjába kerül, és ennek egyik oka éppen ez az egyhangú kifejlődés lesz.

Bővülő ismeretek – az uránbányászat melléktermékei

1985-ig számos uránkutató és szerkezetkutató fúrás elérte, de általában csak rövid szakaszokon fúrtak bele. Ez is bizonyította azonban a formáció 150–200 km²-t meghaladó elterjedését, az antiklinális szerkezetének megfelelően K felé 2000 m alá húzódását. A Mecsekalja Szerkezeti vonaltól délre csupán két fúrás harántolta és csak nagyon kis vastagságban (Nk-2 és Mk-3 számú fúrásokban 6,3 m ill. 18,2 m). Ebből Wéber Béla az üledékgyűjtő medence aszimmetrikus voltára következtetett (Wéber 1987).

Somogyi János a hullámfodrok alapján a képződési körülményekre: a víz mélységére és a partvonal irányára következtetett (Somogyi 1965, Forgó et al. 1966), de ezek az eredmények ma már kiigazításra szorulnak.

Ősmaradványok (Phyllopodák) csak elvétve találhatók benne, ám korjelző sporomorphákat tartalmaz, melyek alapján Barabásné Stuhl Ágnes a felső-perm alsó részébe sorolta (Barabásné 1981). Ugyancsak ő volt, aki az addigi teljes kutatási anyagot kéziratosszerű jelentésben összefoglalta (Barabásné 1987–1988, in Bérczi, Jámbor 1988, et in Császár 2005).

1985–1986-ban mélyítették a XV. szerkezetkutató fúrást, melynek célja a rétegsor megismerésén túl a mecseki antiklinális kristályos aljzatának elérése volt. Ez a cél végül technikai okokból nem valósult meg, ám így is csaknem 870 m vastagságban fúrta meg a BAF-ot, majd átharántolva a fekéjében levő Cserdi Formációt, a Gyűrűfői Riolitot, végül a Korpádi Homokkőben állt le. Ezzel beigazolódott az aleurolit összlet nagy vastagsága, fölfelé finomodó szemcseösszetétele.

A sok fúrási adat alapján egyre pontosabban lehetett megrajzolni a Bodai Formáció fedőszintvonalas térképét (Hámos 1992).

Az ötvenes évek közepétől a nyolcvanas évek végéig csak szórványosan készültek anyagvizsgálatok a Bodai Formáció legjellemzőbb kőzeteiből. Az összlet magas Na₂O tartalmára már 1956-ban felfigyeltek. A másodlagos albitosodást Fazekas Via ismerte fel (Fazekas 1987).

Amikor már magát a BAF-ot kutatják

A kutatás harmadik fázisát az indította, amikor az 1980-as évek végén és a 90-es években az atomerőművi hulladékok elhelyezése központi feladattá vált. A MÉV szakemberei már 1982-ben (az atomerőmű I. blokkja üzembe helyezése évében!) javaslatot tettek a hulladékkelhelyezés céljára a Bodai Formáció tanulmányozására. Miután Ófalu környékén a lakossági tiltakozás megakadályozta a földtani kutatás folytatását, a figyelem ismét a Nyugat-Mecsek felé fordult.

A MÉV 1989-ben saját kezdeményezésére – a szükséges engedélyek beszerzését követően – megkezdte egy többcélú mélységi hulladéktároló kutatását. Ez először a korábbi kutatási adatok, eredmények rendszerezését jelentette, majd egyidejűleg a külszínről indított mélyfúrásokkal (Bat-1 145,5 m, BAT-4 és BAT-5 egyenként 1200 m mélységű fúrások) és az V. sz. bányauzem -700 mBf-es szintjén (a felszín alatt 1000–1100 m mélységben) 1000 m vágathajtás (Alfa-vágat), 350 m bányabeli fúrás (Alfa-75). Természetesen ehhez speciális felszíni és laboratóriumi vizsgálatok is kapcsolódtak (földtani, geomorfológiai, geotektonikai, szeizmológiai, hidrogeológiai, porozitás, permeabilitás, ásvány-kőzettani, kémiai, geokémiai, stb.).

A kutatási munkák 1991 januárjában anyagi okokból megszakadtak kb. 60%-os készültségnél. Az addig megvalósult munkák összefoglalására egy zárójelentés készült „Jelentés a javasolt Mecseki Mélységi Hulladéktároló 1989–1992 között végzett földtani kutatásának eredményeiről (MÉV 1993).

Alfa-Projekt

1992-ben létrehoztak egy Nemzeti Projektet, mely a Magyarországon létrejövő nagyaktivitású radioaktív hulladékok mély geológiai formációban történő elhelyezésére irányult. Ennek keretében a MÉV és a Paksi Atomerőmű (PA Rt.) között két szerződés jött létre a Bodai Aleurolit Formáció alkalmasságának vizsgálatára.

Az Alfa-Projekt elsődleges célja az volt, hogy a korábbi ismereteket kiegészítse a vizsgált összlet bányászati feltárásával, in situ vizsgálatával is. Összesen 290 fm kutatóvágat (ebből 80 m a BAF-ot tárta fel) és egy 10 méteres oldalkamra (a tervezett anizotropia vizsgálatok céljára) lett kihajtva az uránbánya 13. szintjéből kiindulva. Négy hosszabb és kilenc rövidebb bányabeli fúrást mélyítették 1041 fm összhosszban. Öt fő vizsgálati program (földtani dokumentáció és mintavétel, ásvány-kőzettani és geokémiai laboratóriumi vizsgálatok, hidrogeológiai vizsgálatok, kőzetmechanikai vizsgálatok, geofizikai vizsgálatok) keretében vizsgálták az összlet különböző tulajdonságait a legjobb hazai (és részben külföldi) szakemberek irányításával és ellenőrzésével.

Az Alfa-1 kutatóvágat a Bakonyi Homokkőből egy törészónán keresztül bejutott a Bodai Aleurolitba. A vizsgált szakaszon az aleurolit törései, repedései mindenütt zártak, a kőzetben levő agyagásványok miatt elmozdulás esetén „öntomedékelőnek” mutatkoztak. A hidrodinamikai és hidraulikai vizsgálatok lefelé irányuló és nagyon lassú vízáramlásra utaltak. A kőzet bányászati tulajdonságai, állékonyasága kedvezőnek bizonyult. Az 1995-ben készült Összefoglaló jelentés (Benkovics 1995) megállapítása szerint: „A kutatási program ezen szakaszának lezárásakor tehát leszögezhetjük, hogy az eredmények között egyetlen olyan sincs, amely eleve kizárná a vizsgált kőzetösszlet alkalmasságát a nagyaktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésének céljára.”

A kötet ajánlásokat fogalmaz meg a kutatás további irányára, és leszögezi, hogy „csak a kutatás igen korai szakaszát zártuk most le”. Már itt utalás történik egy rövid- és egy hosszútávú kutatási koncepciótervre.

Rövidtávú Program

A Rövidtávú Kutatási Program a BAF, mint a Magyarországon keletkező nagyaktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére potenciálisan alkalmasnak tekintett kőzetösszlet földtudományi minősítésére irányult, és 1995–1998 között zajlott a kanadai Atomic Energy of Canada Limited (AECL) bevonásával. Mivel ekkor még az Alfa-vágat nyitva állt, de már szó volt az uránbánya bezárásáról, a program résztvevői igyekeztek a lehető legtöbb információt megszerezni a formáció primer izolációs képességéről, a földtani és geotechnikai jellemzőkről, a bányászati munkák által előidézett változásokról. A projektben 72 különböző cég dolgozott, munkájukról közel 200 db jelentés készült. Lemélyítettek 400 fm felszíni és 1950 fm bányabeli magfúrást, ezeket részletesen dokumentálták és a maganyagon laboratóriumi vizsgálatokat is végeztek. 110 féle vizsgálat típus került elvégzésre mintegy 2100 kőzetmintán és közel 500 vízmintán. A program során részletes földtani térképezés és geoelektromos szelvényezés is történt. A megszerzett adatokat és azok értékelését 1998 novemberében elkészült 9 kötetes, és összesen mintegy 1600 oldalas zárójelentésben foglalták össze.

A projekt összefoglaló jelentésében ismét megállapították, hogy az alkalmasságot kizáró ok nem merült fel (Kovács et al. 1999).

Tovább, tovább, tovább...

2003-ban indult a kutatás Középtávú Programja, de kutatás a kettő között is zajlott különböző formákban. A Középtávú Program során csaknem 1100 fm magfúrás mélyült, valamint 1345 m hosszú kutatóárok készült, a környezetében geoelektromos mérésekkel. Összesen 82500 fm hosszban végeztek regionális szeizmikus szelvényezést és a szeizmikus nyomvonalak mentén magnetotellurikus szelvényezést is. Sajnos finanszírozási okokból a program 2008-ban 25–30%-os készültségi fokon félbe szakadt és csak a monitoring tevékenység folyt tovább. A megszerzett adatok kiértékelése még várat magára.

Jelenleg a megkezdett kutatási fázis második szakasza zajlik, amely 2017-ben ér véget a tervek szerint. Nagyon sok speciális feladat van még hátra addig, és egyre alaposabb és sokrétűbb ismereteket szerzünk.

Poszteremen a Bodai Agyagkő Formáció megismerés történetének néhány jellemző állomását kívánom bemutatni.

Irodalom

- Barabás A. 1956: A mecseki perm időszaki képződmények. – Kandidátusi értekezés.
- Barabásné Stuhl Á. 1981: Microflora of the Permian and Lower Triassic sediments of the Mecsek Mountains (South Hungary). – Acta Geologica Acad. Sci. Hung. 24/1, pp. 49-97.
- Barabásné Stuhl Á. 1987-1988: A Dél-Baranyai-dombság és a Villányi-hegység perm képződményeinek kutatásáról készített összefoglaló jelentés IV. fejezete a perm képződményekről. – Kézirat. Mecsekérc Zrt. Adattár.
- Benkovics I. 1995: Összefoglaló jelentés a Paksi Atomerőmű Rt és a Mecseki Ércbányászati Vállalat között létrejött, H301M-4-1/93/k, valamint H301M-4-19/94 rendelési számú Vállalkozási Szerződés keretében elvégzett, a Bodai Aleurolit Formáció minősítését célzó munkálatok eredményeiről. – Kézirat. Mecsekérc Zrt. Adattár
- Bérczi I., Jámor Á. (szerk.) 1998: Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana. – MOL Rt. és MÁFI Budapest, pp. 188-215.
- Császár G. 2005: Magyarország és környezetének regionális földtana. – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 224-227.
- Fazekas V. 1987: A mecseki perm és alsótriász törmelékes formációk ásványos összetétele. – Földtani Közönlöny 117/1, pp. 11-30.
- Forgó L., Moldvay L., Stefanovits P., Wein Gy. 1966.:Magyarázó Magyarország 200.000-es földtani térképsorozatához. L-34-XIII. Pécs. – MÁFI Budapest
- Fülöp J. 1994: Magyarország geológiája. Paleozoikum II. – Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 353-359.
- Hámos G. 1997: Földtani és bányászati kutatás a Nyugat-Mecseki antiklinális területén, a Bodai Formációnak, mint radioaktív hulladék befogadó kőzetösszletnek az alkalmassági vizsgálatára. – Földtani Kutatás XXXIV/3. pp. 46-52.
- Jámor Á. 1964: A Mecsek hegység alsóperm képződményei. – Kézirat. MFGI Adattár.
- Kovács L. et al. 1999: A Bodai Aleurolit Formáció minősítésének rövidtávú programja. Kutatási zárójelentés összefoglaló kötet. Szakértői észrevételek alapján véglegesített változat. – Kézirat. Mecsekérc Zrt. Adattár.
- Somogyi J. 1965: A mecseki alsóperm összlet felső részének hullámfodrairól. – Földtani Közönlöny 95/1, pp. 37-39.
- Wéber B. 1987: A Ny-mecseki felsőperm üledékgyűjtő morfológiája. – Kézirat. Mecsekérc Zrt. Adattár.