

# Földtani Közlöny

Bulletin of the Hungarian Geological Society

Vol. 130. No. 2.



A Magyarhoni Földtani Társulat folyóirata

Budapest, 2000

# Földtani Közlöny

A Magyarhoni Földtani Társulat  
folyóirata

Bulletin of the Hungarian Geological  
Society

Vol. 130. No. 2.

Budapest  
ISSN 0015-542X

## Felelős kiadó

BREZSNYÁNSZKY Károly  
A Magyarhoni Földtani Társulat  
elnöke

## Editor-in-charge

Károly BREZSNYÁNSZKY  
President of the Hungarian  
Geological Society

## Főszerkesztő

CSÁSZÁR Géza

## Editor-in chief

Géza CSÁSZÁR

## Technikai szerkesztők

PIROS Olga  
KRIVÁNNÉ HORVÁTH Ágnes

## Technical editors

Olga PIROS  
Ágnes KRIVÁN-HORVÁTH

## Szerkesztőbizottság

Elnök: BREZSNYÁNSZKY Károly  
ÁRKAI Péter, DUDICH Endre, FODOR László,  
GRESCHIK Gyula, KECSKEMÉTI Tibor,  
MINDSZENTY Andrea, NÉMEDI VARGA Zoltán,  
RADÓCZ Gyula, VÖRÖS Attila

## Editorial board

Chairman: Károly BREZSNYÁNSZKY  
Péter ÁRKAI, Endre DUDICH, László FODOR,  
Gyula GRESCHIK, Tibor KECSKEMÉTI,  
Andrea MINDSZENTY, Zoltán NÉMEDI VARGA  
Gyula RADÓCZ, Attila VÖRÖS

## Nyelvi lektor:

Philip RAWLINSON (a nem  
anyanyelvű szerzők esetében)

## Linguistic revision:

by Philip RAWLINSON (for papers of non native  
English authors)

## Főtámogató

MOL Magyar Olaj- és Gázipari Rt., Budapest

## Sponsors

MOL Hungarian Oil and Gas Co., Budapest

## Támogatók

Magyar Földtanért Alapítvány  
Műszaki és Természettudományi Egyesületek  
Szövetsége  
Primagáz-Hungária Rt., Budapest  
Pro Renovanda Cultura Hungariae Alapítvány

Foundation for the Geology of Hungary  
Federation of Technical and Scientific Societies,  
Hungary  
Primagáz Hungária Industrial Co. Budapest  
Pro Renovanda Cultura Hungariae Foundation

A kéziratokat az alábbi  
címe kérjük küldeni

Manuscripts to be sent to

PIROS Olga, 1443 Budapest, Pf. 106.

Olga PIROS, 1443 Budapest, P.O. box 106.

Földtani Közlöny is abstracted and indexed in GeoRef (Washington) Pascal Folio (Orleans)  
Zentralblatt für Paläontologie (Stuttgart), Referativny Zhurnal (Moscow) and Geológiai és  
Geofizikai Szakirodalmi Tájékoztató (Budapest)

# Főtitkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 1999. évi tevékenységéről<sup>1</sup>

CSÁSZÁR Géza

*Tisztelt Közgyűlés, Kedves Kollégák, Hölgyeim és Uraim!*

A tavalyi közgyűlés még az ünnepi év eseményeiről adott számot a visszafogott bizakodás hangnemében. Akkor úgy tűnt, a gazdaság talpra állt, és reménykedtünk benne, hogy a kereskedelmi hálózatok, bevásárló központok kiépülése után valamelyest a geológia szolgálatait igénylő ágazatok is megizmósodnak, és egy enyhe fellendülés váltja fel a mélypontnak vélt helyzetet. Hogy mennyire nem így történt, arra a későbbiekben még visszatérek.

Az elmúlt – jelentős eseményekben a korábbiaknál is gazdagabb – év ismeretében az ember hajlamos arra, hogy elaltassa a fent említettekből fakadó aggodalmát, annál is inkább, mert túlságosan hosszúnak tűnik az alagút eddig bejárt szakasza, megszomjajztunk már egy kis éltető napsugárra. Erre azonban igazán okot jelenleg csak a konokul optimisták találnak.

## *Általános helyzet*

Tudomásul kell vennünk, hogy a hazai gazdasági életben nem csak az egykor nagy tömegben felhasznált érceket, (pl. a bauxitot) vagy a szilárd energiahordozó ásványi nyersanyagokat, (kőszén, uránércet) termelő vállalatok veszítették el súlyukat vagy tűntek el egészen a gazdaságból, hanem az ország nem rég még legtekintélyesebb, meghatározó jelentőségű cége, a MOL is feladni látszik korábbi, messziről sikeresnek látszó üzletpolitikáját, amiben legalábbis egyensúlyban volt a szénhidrogén-kutatás és termelés a szénhidrogéntermékek értékesítésével. Nem céloim és tisztem sem, hogy e változások gazdasági indokoltságát firtassam, különösen nem ehelyütt, csupán szakmai krónikásként rögzítem: a jelzett változások következtében tovább szűkült az a kör, amelynek célja és feladata mintegy másfél évszázada a hazai földkéregnek a kor szintjén történő ismeretbővítése. Ebben a körben aligha kell hangsúlyozni, hogy az új földtani ismeretek a közvetlen gyakorlati felhasználás mellett az élet és a gazdaság hányféle szférájában, szintjén hasznosulhatnak. Miután a magyar földtan, tágabb értelemben a földtudomány a globalizálódó világunkban – megfelelő szakmai érdekképviselő hiányában – indokolható szakmai súlya alatt vesz részt mind a gazdasági, mind a társadalmi életben. A MOL-nál bekövetkezett változások csak még feltűnőbbé teszik ezt a számomra érthetetlen folyamatot. Sajnálatos módon a gazdasági élet egyik mércéje, a tőzsde sem látszik visszaigazolni a bekövetkezett változások indokoltságát. Mielőtt eleveznék ezekről a nem veszélytelen

<sup>1</sup> Elhangzott a MFT 145. rendes közgyűlésén

vizekről, nem tudom megállni, hogy irigykedve meg ne állapítsam: a szomszédos Szlovákiában a Környezetvédelmi Minisztériumhoz tartozóan a szakma három főosztály területén a miénkkel egybe sem vethető súllyal képviselt. Ennek megfelelően nem odatettük fillérekből gazdálkodva kényszerű szerény kutatási eredményeket felmutató projekteket működtetni. Minden további részletezés nélkül csak az utóbbi öt év látványos monografikus munkáikra, jelentős volumenű térképkiadásaira, komoly színvonalú angol nyelvű folyóirataikra kívánom felhívni a figyelmet. Nem lehet csodálkozni azon, hogy a szlovák geológia méltán válik egyre elismertebbé nem csak Európában, hanem Amerikában is. Elgondolásaik valamelyes ismeretében állíthatom, hogy további terveik is nagyra törőek, melyeknek pénzügyi fedezete is biztosítottak látszik.

Hölgyeim és Uraim, remélem, megbocsátják nekem, hogy a Magyarhoni Földtani Társulat közgyűlésén a szokásosnál kissé többet foglalkoztam északi szomszédunkkal, ahol a számunkra is tanulságos szervezeti felépítés mellett okos és követésre méltó szakmapolitika érvényesül.

A Társulat anyagi helyzetének javítása az elmúlt év folyamán is szinte valamennyi elnökségi ülésnek állandó napirendi pontját képezte. A számos elvi lehetőség közül az egyik a költségvetési támogatásból való részesedésünk növekedése. A MTESZ tagszervezeteként ehhez a támogatáshoz a Szövetségen keresztül juthatunk. A támogatás elosztásáról mindenkor a Szövetségi Tanács többségi szavazással dönt. Ebbe a Tanácsban a tagszervezetek mellett a MTESZ megyei területi szervezetei is egy-egy képviselőt delegálnak. Az összetételből adódik, hogy a támogatások korábban kialakult, a tagegyesületek számára kedvezőnek nem nevezhető rendjének megváltoztatása érdekeket sért. Következétes magatartásunknak is része van abban, hogy az elmúlt évben sikerült elérnünk, hogy a tagegyesületek részesedését a Szövetségi Tanács 20%-ról 30%-ra növelje. Társulatunk esetében az éves összeg azonban így is csupán 414 eFt-ra rúg. A Szövetségi Tanács állásfoglalása szerint a támogatásból a jövőben csak a közhasznúságot elnyert egyesületek részesedhetnek.

Örömmel jelenthetem a Tisztújító Közgyűlésnek, hogy az elmúlt évi sokadik alapszabály-módosításunkat követően a Fővárosi Bíróság Társulatunkat visszamenőleges hatállyal 1998. január 1-jétől kiemelkedően közhasznú szervezetté minősítette. Ahhoz, hogy a jövőben is megfeleljünk ennek a minősítésnek számos, itt nem részletezendő követelménynek kell megfelelnünk. Ebből adódik egyebek mellett, hogy növekszik az adminisztráció, hiszen csak ennek révén tehetjük a Társulat működését bárki számára áttekinthetővé. Minden rendű és rangú szervezeti egységnek létre kellett hoznia az egység működési rendjét, módját meghatározó szervezeti és működési szabályzatát.

A Magyar Földtanért Alapítvány és az MFT Ifjúsági Alapítvány esetében is felmerült a közhasznúság érvényesítésének kérdése. A lassú és nem költségmentes folyamat azonban arra készítette az Elnökséget, hogy egyszerűbb és kevésbé költséges megoldást keressen. A MÁFI jogásznak, dr. CSORBA Ibolyának köszönhetően sikerült is ilyet találni. Ez azonban csak akkor valósulhat meg, ha a közgyűlés fölhatalmazza az elnökséget a szükséges, a közgyűlés során később ismertetendő döntések meghozatalára.



A kiemelkedően közhasznú minősítésünk birtokában kéréssel fordultunk a Társulat területi szervezeteinek és szakosztályainak vezetőihez, hogy keressék fel a látókörükben működő, a földtani tevékenységgel is foglalkozó, vagy az ilyen tevékenység iránt kellő érzékenységet mutató profitorientált gazdálkodó szervezeteket, és tájékoztassák őket a számukra is kedvezményes támogatási lehetőségekről. Sajnálattal kell jelentenem a Közgyűlésnek, hogy ez az akció minden várakozásunkat alulmúlta. Mindössze a Dél-dunántúli Területi Szervezet tudott támogatást szerezni működési költségük csökkentéséhez.

Az általános helyzet ismertetésénél látom célszerűnek immáron harmadik alkalommal is megemlíteni, hogy még mindig nincs döntés a Társulat által a működésükhöz kizárólagosan használt területek tulajdonlása érdekében a Kincstári Vagyonkezelő Igazgatósághoz benyújtott igényünk kérdésében, minthogy a MTESZ Fő utcai székház épülete alatti teleknek csak egy részét birtokolja a magyar állam, a másik része a II. kerületi önkormányzat tulajdonában van. Míután a törvényalkotók várakozásával szemben viszonylag kevés társadalmi szervezet nyújtotta be igényét az általa használt ingatlan vonatkozó részére, újabb, a korábbiaknál is egyértelműbben megfogalmazott törvény született az ingatlanok méltányos tulajdonlásának előmozdítása érdekében. Élve az 1999. évi CVII. örvény által felkínált lehetőséggel, igényünket pótlólag kiterjesztettük az alagsorban raktárként a Társulat által használt néhány m<sup>2</sup>-es területre is. Az újabb törvény alapján alapvetően változott meg a helyzet a tulajdonhoz jutás tekintetében, hisz minden tekintetben megfelelünk a törvényben megfogalmazottaknak. A nehéz helyzetünkben némi vigasszal szolgál tehát az a tudat, hogy az ellenpropagandát figyelmen kívül hagyva azon kevesek közé sorolhatjuk magunkat, akik az egyesületük érdekeit szembe előtt tartva élni kívántak törvényben biztosított lehetőségükkel.

### *Kiemelkedően közhasznú tevékenységünk*

Az előző évhez hasonlóan 1999-ben is több pont tekintetében tettünk eleget a közhasznúság által támasztott követelményeknek. Ezek sorában első helyen kell említeni a tudományos tevékenységet és kutatást (03). A földtudomány területére eső kutatási eredmények közkinccsé tételéhez a Társulat az előadói fórumok széles skáláját biztosította (lásd később), a nyomdai úton történő megjelenítésükhöz pedig a Társulat folyóirata állt ez évben is rendelkezésre.

A nevelés és oktatás, képességfejlesztés, ismeretterjesztés (04) tárgykörben tevékenységünk alapvetően az Oktatási és Közművelődési Szakosztály szervezésében zajlott. Sikerként könyvelhetjük el, hogy a Művelődésügyi Minisztérium elismerte a MFT-nek az oktatásügy területén vállalt tevékenységét, ami lehetőséget teremt a tájékozódásra az oktatáspolitikai változások és az alkotóműhelyekben folyó munka tekintetében. Ennél azonban lényegesebb eredmény, hogy a szakosztály közoktatási csoportvezetője minisztériumi felkérést kapott a kerettantervek kidolgozásában történő részvételre. Mindezzel azonban élesen szemben áll az a kudarc, amelyet a Földtani Örökségünk Egyesülettel közösen indított kezdeményezésünk során szenvedtünk el. Ezt a mozgalmat a geológiának (földtudomány) a közoktatásba történő megfelelő rangú visszaállításá

érdekében indítottuk. A minisztériumtól kapott válasz szerint a geológia kellőképpen reprezentált a földrajz és más tárgyak keretében. A kérdésben a parlamentben interpelláló LEZSÁK Sándor képviselő úr hasonló tartalmú választ kapott írásban POKORNI Zoltán miniszter úrtól.

Az elmúlt év októberi országos oktatás-módszertani konferencián előadással képviseltette magát a szakosztály. Itt merült fel a korábbiakat lényegesen meghaladó volumenű regionális és tematikus folyosói gyűjtemények és múzeumok létrehozásának igénye. A fent jelzett pénzügyi nehézségek, továbbá személyi vonatkozások miatt alaposan meg kell fontolnunk, szabad-e egyáltalán örülnünk a gondolatfelvetésnek. Emellett az elmúlt évben is folytatódott a közoktatási intézmények és iskolák ásvány-, kőzet- és kővületgyűjteményekkel történő ellátása.

A szakosztálytól indult el a földtani értékeink értékminősítésének igénye még évekkel ez előtt. A kérdés egy ideje már a Környezetvédelmi Minisztériumban is napirenden van, ezért Társulatunk örömmel adott fórumot a tárgyan érintett, vagy éppen elhivatott szakértőknek, akik alapos vitában tárták fel a kérdéskör számos vonatkozását és buktatóját.

Az OKSZ aktív részvétele mellett zajlott le Hajdúszoboszlón az általános iskolás diákok számára rendezett Pávai Emlékverseny.

Az Unitárius és Ökomenikus Ifjúsági Napok keretében került sor a Cremo által képviselt antidarwinista, antievolucionista szemlélet érvrendszerének tudományos alapokon nyugvó cáfolatára. A rendezvényen az OKSZ 6 tagja vállalt aktív szerepet.

A növekvő igényre való tekintettel újra nyomtatásra került FILEP Miklós általános iskolai geológia tankönyve, és a két kötetes Gelógiai Kislexikon lektorálási munkálatai is befejezéshez közelednek.

Az Ifjú Szakemberek Ankétjáról már az elmúlt évi jelentésben bőségesen esett szó.

A környezetvédelem (09) területén sikeres eseménynek bizonyult az immáron második alkalommal megrendezett Országos Partfal Konferencia, amely a természeti (földtani) környezet és az ember kapcsolatát volt hivatott bemutatni, különös tekintettel az omlásveszélyes partfalakra: a szakszerű kárelhárításra és a kármegelőzésre. A később bekövetkezett Duna-menti partfalomlások szomorú aktualitásukkal igazolják vissza az ilyen típusú rendezvények indokoltságát. Az ötlet kidolgozója OSZVALD Tamás megérdemli, hogy a neve itt is elhangozzék.

A földtani természetvédelem (8) területén Társulatunk vállalta magára a X. Földtani Természetvédelmi Nap megrendezését, amelynek a Kiskunsági Nemzeti Park adott otthont. A Nemzeti Park házigazdaként gondoskodott a két napos terepbejárásról is, amelyen kiemelt figyelmet kapott a „Lápok és tőzgek az ember és természeti környezete szolgálatában.” címen megismert elv és gyakorlat, amelyet a Nemzetközi Tőzeg Társaság hirdetett meg néhány évtizeddel korábban. A rendezvényt, ahol számos ifjú szakember is bemutatta tárgybeli eredményeit, sikeres pályázatunk alapján a Környezetvédelmi Fejlesztési Intézet pénzügyileg is támogatta.

Az elmúlt év folyamán pályázatot nyújtottunk be a Környezetvédelmi Minisztérium által meghirdetett KAC pályázatra. A zirci-medencei mezozoos

alapszervevények helyreállítását, illetve a Balaton és környezete földtani jellegű kutatási eredményeinek bemutatását célzó nyertes pályázatainkban foglalt tevékenység realizálása ez évi feladat.

A határon túli magyarsággal kapcsolatos tevékenységet (13) évek óta sikeresen szervezi és koordinálja a MFT keretében létrejött HUNGEO, illetve a Társulat adminisztrációja. A tevékenység irányelveként és keretül a HUNGEO Tudományos Oktatási programja szolgál. Az elmúlt évben GEO'99 néven, „Ásványi nyersanyagtelepek – gazdaság – kultúra” címmel került lebonyolításra augusztus 18–23. között Kelet-Szlovákiában és Kárpátalján a szokásos évi vándorrendezvény, amelyen 7 ország 56 földtudományi szakembere vett részt, köztük 20 hazánkfia.

Itt is meg kívánom említeni, hogy tagtársaink által adójuk 1%-kaként beérkezett 698.890 Ft-ot A Magyarhoni Földtani Társulat harmadik félfévszázada c. kiadvány, valamint Társulatunk Hírlevelének kiadására fordítottuk. Ezúton is szeretném a MFT Elnökségének hálás köszönetét tolmácsolni mindazoknak, akik a számtalan egyéb indokolt lehetőség ellenére Társulatunkat jelölték meg kedvezményezettjükként.

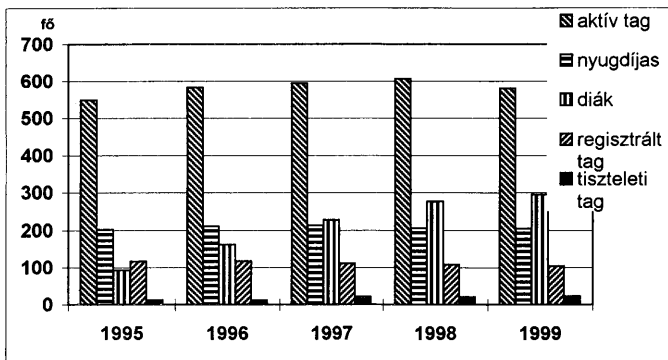
#### *A taglétszám alakulása*

A Társulat összesített taglétszáma a december végi adatok szerint 1208 fő, ami 10 fővel kevesebb az egy évvel korábbi taglétszámnál, vagyis megállt az 1995. évi visszaesést követően jelentkezett lassú, egyenletes növekedés. Az alig változó létszámon belül azonban már lényegesebb belső átrendeződést mutat az 1. ábra. Jelentősen csökkent az aktív tagok száma, amely 580 fő, miközben változatlan maradt nyugdíjas és „regisztrált” tagjaink száma. Aktív tagjaink számának csökkenését majdnem egészében kompenzálja diák tagjaink számának növekedése, amit, elsősorban egyetemi oktató tagtársaink céltudatos tevékenységének köszönhetünk. Az összesített létszámcsökkenés majdnem teljes egészében megegyezik a körünkből örökre eltávozott tagtársaink számával, amely 9 fő volt, név szerint: BALOGH Gyula, DOSZTÁLY Lajos, IKLÓDY József, KOCH László, NAGY Géza, PÁRDY Mihály, PORDÁN Sándor, SZUROVY Géza, WALLACHER László. Ez év elején hunyt el OROSLÁN Zoltán tagtársunk. Valamennyiük halála veszteség társulatunk számára, de különösen az életük delén eltávozottaké, mint kedves kollégánk DOSZTÁLY Lajosé és OROSLÁN Zoltáné. Áldozunk emléküknél 1 perces néma felállással.

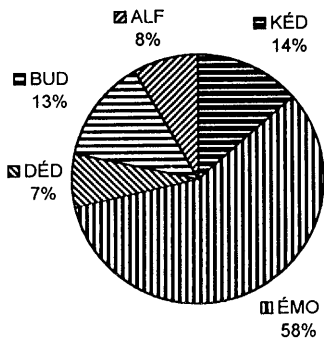
A területi szervezetek létszámát és létszám arányát a 2., a szakosztályok létszám arányát a 3. ábra mutatja. Ezek a korábbi években már elemzett képhez képest nem mutatnak lényeges változást.

#### *A pénzügyi helyzet*

Pénzügyi helyzetünkről ezúttal is csak áttekintőleg kívánok szólni, kiemelve mind a bevételi, mind a kiadási oldal egy-egy sajátosnak, figyelmet keltőnek ítélt oldalát. A szakszerű elemzést a Gazdasági Bizottság jelentésében hallhatják. A bevétel forrásai a volumen csökkenő sorrendjében az alábbiak voltak: egyéb



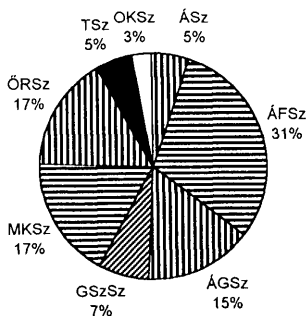
1. ábra. A Magyarhoni Földtani Társulat taglétszámának alakulása 1995–1999. között



2. ábra. A Magyarhoni Földtani Társulat taglétszámának területi szervezetenkénti megoszlása 1999-ben. Rövidítések: ALF: Alföldi Területi Szervezet, BUD: Budapesti Területi Szervezet, DÉD: Dél-dunántúli Területi Szervezet, ÉMO: Észak-magyarországi Területi Szervezet, KÉD: Közép- és Észak-dunántúli Területi Szervezet

támogatás (bevételeinknek majdnem a fele), jogi tagdíj (a bevétel 1/5-e), rendezvények eredménye, egyéni tagdíj, tagtársaink adójának 1%-a (bevételeink 5,6 %-a), külföldi jogi személy támogatása, hazai jogi személy támogatása, kamatbevétel és önálló kiadványok árbevétele. Külön öröm számunkra, hogy az 1998. évi 545 eFt-tal szemben az elmúlt évben 699 eFt folyt be tagtársaink adójának 1%-ából. Legfontosabb támogatóinknak: a MOL Rt.-nek, a Coastal Oil & Gas Co.-nak, a Primagáz Rt.-nek, a Geoinform Kft.-nek, a Mecsekérc Környezetvédelmi Rt.-nek és tagtársainknak ez úton is tolmácsolni szeretném a Társulat Elnökségének háláját és köszönetét, amiért támogatásukkal érdemben járultak hozzá Társulatunk működőképességének fenntartásához. Sajnos,

3. ábra. A Magyarhoni Földtani Társulat taglétszámának tudományos szakosztályonkénti megoszlása 1999-ben. Rövidítések: ÁSz: Agyagásványtani Szakosztály, ÁFSz: Általános Földtani Szakosztály, ÁGSz: Ásványtan-Geokémiai Szakosztály, GSzSz: Geomatematikai és Számítástechnikai Szakosztály, MKSz: Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztály, ÖRSz: Őslénytani-Rétegtani Szakosztály, TSz: Tudománytörténeti Szakosztály, OKSz: Oktatási és Közművelődési Szakosztály



tudjuk, hogy ebben az évben már nem mindegyiküktől számíthatunk támogatásra.

Kiadásaink sorában első helyen kell említeni a nyomdai költséget, amely 4.366 eFt-ra rúgott. Ennek döntő hányadát (3.740 eFt-ot) a Földtani Közlöny nyomtatása emésztette fel, amelynek a korábbi évről áthúzódó számlájával együtt az elmúlt évben 6 füzetének nyomdai költségeit kellett kifizetnünk. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy hosszú idő után az elmúlt év volt az első, amelyben mind a négy füzet megjelent, mégpedig nem összevont számként. Mindannyiunk örömeire MAROS Gyula titkár és ZIMMERMANN Katalin ügyvezető titkár lankadatlan buzgalmának köszönhetően az elmúlt évek során megújult küllemmel, formátumban és nem utolsó sorban nívós tartalommal jelent meg a Hírlevél, amely évi 5 alkalommal tájékoztat bennünket a Társulat belső életéről, eljövendő programjainkról. Természetesen, ennek is ára van. Az elmúlt évi számok nyomtatási költsége 488 eFt-ot tett ki. A fentiekhez képest szerényebb összeget emésztett fel az alapszabály és a közgyűlési meghívó nyomdai költsége.

A költség rovatban közel azonos volument képvisel a posta költség (1.404 eFt) és a MTESZ tagdíj (1.339 eFt). A közel másfél milliós posta költség láttán remélhetőleg megértéssel fogadják tagtársaink azon kérésünket, hogy aki teheti, személyesen vegye fel a Társulatnál a Földtani Közlöny egyes számait, csökkentve ezzel a tetemes postaköltséget. Jelentős segítség, hogy a nagyobb intézmények maguk gondoskodnak a füzeteknek dolgozóikhoz történő eljuttatásáról. Különösen fájdalmas számunkra az a tény, hogy az elmúlt évben több mint 50 küldeményünket hozta vissza a posta, mert a tagtársaink nem vették fel azokat.

Részvételi díjas rendezvényeink sorából – pénzügyi eredményeit tekintve – első helyen kell megemlíteni A ma geológiája a holnapért címen szerepelt ülést kell kiemelni, ahol 1.182 eFt volt az eredmény. Ennek a sikernek számos kovácsa volt. Ezek sorából talán az egész rendezvény főszervezőjét, HALMAI Jánost emelném ki. Sikeresnek volt mondható a II. Országos Partfal Konferencia (393 eFt

bevétel) és a Földtani Természetvédelmi Nap is (234 eFt bevétel). Szerény 100 eFt-ot ítelt meg Társulatunknak az eredményből a Magyar Geofizikai Egyesület Elnöksége a közös vándorgyűlés hozamából. Gyakorlatilag nullszaldós volt a GEO'99 rendezvény (Ukrajna és Kárpátalja földtani bemutatója) és az Őslénytani Vándorgyűlés. A fentiekkel szemben 433 eFt hiánnyal zárult az Európai Geológusok Szövetségének budapesti munkabizottsági ülése, tekintettel arra, hogy ebben a szervezetben mindig a vendéglátók fedezik a vendégek tartózkodási költségét. A jelenlegi adottságaink és tagdíj kötelezettségünk mellett megfontolást érdemel tagságunk vagy tagságunk jelenlegi formájának fenntartása.

Az elmúlt évben is fizetni tudtuk az alábbi tagsági díjakat: Európai Ásványtani Unió (EMU – 80 EUR), Európai Geológusok Szövetsége (EFG – 362 EUR), Nemzetközi Ásványtani Asszociáció (IMA – 40 USD), az Európai Földtani Társulatok Asszociációja (AEGS – 2x200 USD) és fizettük az European Geologist folyóirat előfizetési díját is (17 eESP). A fenti tagsági és előfizetési díjnak, sajnos, csak szerényebb részét (200 USD) sikerült pályázat útján biztosítani.

Minimális költséget fordítottunk a Lengyel Földtani Társulattal ápolt jó kapcsolataink megnyilvánulásaként értékelhető kölcsönös szakember cserére, amelyre mindenkor a vándorgyűlések idején szokott sor kerülni. 1999-ben a lengyel házigazdák OLÁH Ibolya tagtársunkat, a Közép- és Észak-Dunántúli Területi Szervezet titkárárt fogadták. A MFT vendége pedig Andzej PAULO, a Lengyel Földtani Társulat alelnöke volt.

Az elmúlt évben tehát a 12.522 eFt bevétellel szemben 13.519 eFt kiadás állt, vagyis az évet 1 MFT-os hiánnyal zártuk. Az infláció ellenére is várhatóan kisebbek lesznek a kiadásaink a tavalyinál. A jövő évi költségvetés mindenesetre több mint 5 MFT-tal kevesebb bevétellel számol. Működőképességünk fenntartása szigorú takarékossgot igényel. Nagyon fontos tehát, hogy minden tagtársunk keresse a pénzügyi források lehetőségét, és tájékoztassa az elnökséget, ha a leghalványabb jelét látja annak, hogy a Társulat megfelelő lépések megtétele esetén támogatáshoz juthat. Varázsvesszős vízkutató tagtársunk már van, jó lenne tudni, forrásvizek mellett pénzforrások feltárására nem alkalmas-e az általa használt eszköz. Komolyra fordítva a szót, a pénzforrások felkutatásánál nem csak – és talán nem is elsősorban – adományokra gondolunk, hanem társulati munkavállalásra is, mint amelyekre példát a fentiekben említettem. Minden esetre, ebben a nehéz időszakban, amikor a Társulat nehézségei hű tükörképét adják tagjai többsége életkörülményeinek, különösen megbecsülendő minden fajta önzetlen társadalmi segítség. Ebből mutattak jó példát az ELTE II. éves geológus hallgatói, akik a MFT kiadvány raktárában térítésmentesen raktak rendet. Megérdemlik, hogy köszönetképpen nevüket a főtítkári jelentés megőrkítse: BENKÓ Zsolt, KOCSIS László, MIKES Tamás. További példaként említhető TARNAI Tamás neve, aki a SEMSEY Andor pályázatra beküldött pályamunkáján elnyert pályadíját felajánlotta a Társulat számára. Nem a pénzügyi fejezethez tartozik ugyan de az elkötelezett hozzáállásnak szép példáját mutatta GALÁ CZ András tagtársunk is, aki amikor világhó ssá vált, hogy az új alapszabály szerint az ellenőrzőbizottsági tagság összeférhetetlen a választmányi tagsággal, és ő az ellenőrzőbizottsági tagságát kívánta felszámolni, az Elnökség

kéérésére szó nélkül mondott le választmányi tagságáról, amit ha nem tesz meg, rendkívüli közgyűlést kellett volna összehívni.

### *Rendezvények*

Rendezvényekben az elmúlt évben sem szűkölködtünk. Közöttük jeles rendezvények mind a központi szervezésűek, mind a terület és szakosztályi rendezvények között egyaránt akadnak. A korábban már ismertetett rendezvényekre az alábbiakban csak hivatkozni kívánok.

### *Központi rendezvények*

Az első központi szervezésű rendezvényre május 18-án került sor. A vitafórum című egy alapkérdés került megfogalmazásra: Alkalmas-e az üveghutai telephely radioaktív hulladékok elhelyezésére? A vita, mint ahogy a korábbiakban is hosszú volt, de nem mentes a szenvedélyes állásfoglalásoktól. Remélt célját, vagyis, hogy elfogultságtól, parciális érdekektől és egyúttal indokolhatatlan szenvedélyes megnyilvánulásoktól mentesen próbálják meg az érintettek és az érdeklődők megfogalmazni a vélt vagy valós ellentmondásokat, és közösen keresni a megoldás nyilvánvalóan nem egyedül üdvözítő módját, nem sikerült. Már akkor is tudni lehetett, azóta pedig nyilvánvalóvá vált, hogy ez a méltatlan kezelési mód egyik félnek sem vált hasznára, míg a tágabb szakma egyértelműen megsínylette azt.

Jelentős eseményként kell elkönyvelnünk a május 26–28-a között megrendezett II. Országos Partfal Konferenciát, amelynek 123 résztvevője volt. A rendezvény súlyát elsősorban abban látom, hogy tagtársaink nem saját maguknak adtak tájékoztatást, hanem a kérdéskörben érintettek széles körének, ami jól illeszkedik abba az elgondolásba, hogy a geológiát el kell vinni mindazokba a körökbe, ahol a geológiai ismeretek haszna megmutatkozhat.

Az Európai Geológusok szövetségének 36. elnökségi és tanácsülésére - június 18–20. között – első alkalommal került sor kelet-európai országban. A rendezvényen részt vett 15 ország képviselőinek megállapításai egybe csengenek a fent elmondottakkal, kiegészítve azzal, hogy a szakmai ismereteket az oktatásba és nevelésbe is be kell építeni, így lehet esélyünk arra, hogy környezettudatos generációk nőjenek fel.

A ma geológiája a holnapért címen megrendezett nemzetközi konferencia két kérdést, a radioaktív hulladékok elhelyezésével kapcsolatos gondokat, ill. a felszínalatti vizek védelmének kérdését állította reflektorfénybe. Ezek kezelése már ma is komoly gondot okoz, és a jövőben még tovább súlyosbodik. A rendezvény sikeréhez a hazai szakemberek mellett az alábbi támogatók is hozzájárultak: Magyar Tudományos Akadémia, a Magyar Atomenergia Ügynökség, a Mecsekérc Környezetvédelmi Rt., az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, a Paksi Atomerőmű Rt. és a Public Agency for Radioactive Waste Management.

A GEO'99 kelet-szlovákiai és kárpátaljai vándor rendezvénye augusztus 18–23. között zajlott le.

Érdekes és hasznos ötletnek tűnik a Geológus-Geofizikus-Bányász Vállalkozók Klubjának szeptember 6-án történt életre hívása.

A geológusok számára kissé drágának bizonyult a Bányászati Körkép '99 címen a Magyar Geofizikusok Egyesülete által Zalakaroson szeptember 29–30-án szervezett közös vándorgyűlés, ezért látogatottsága elmaradt az előző évi mögött. A vándorgyűléshez egy kétnapos szlovéniai és egy egynapos keszthelyi-hegységi terepi kirándulás tartozott, a látónivalóhoz mért szerény részvétel mellett.

A X. Földtani Természetvédelmi Nap Bugacon került megrendezésre október 14–16-án.

### *Területi szervezetek rendezvényei*

Az alábbiakban itt és a szakosztályoknál ismertetésre kerülő számok közül a résztvevőkre és a az előadások számára vonatkozó adatok az esetek nagyobbik részében nem egyeznek a beküldő szervezet adataival, mert az összevethetőség érdekében a közös rendezvények esetén a vonatkozó számokat elosztottam a társrendezők számával. Az egyes szakosztályok és területi szervezetek aktivitásáról az utóbbi két évben már megszokott diagramokból (4–10. ábra) kaphatunk képet. Ezek a fent jelzett módon nyert adatokat és azokból képzett viszonyszámokat tartalmazzák – helykímélés céljából különösebb magyarázat nélkül.

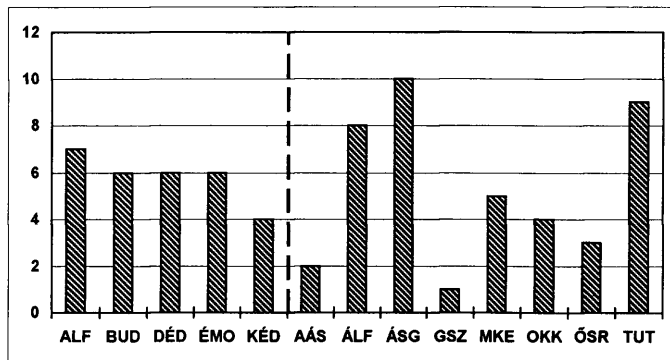
Az Alföldi Területi Szervezet hagyományosan a legaktívabb szervezetek közé tartozik. Ezúttal is imponálóak a számaik: 7 rendezvény, 179 fős összesített látogatóval, 32 előadással (4–6. ábra). Legsikeresebb rendezvényei: „A kőolaj- és földgázbányászat kihívásai az évezred küszöbén” és a X. Földtani Természetvédelmi Nap voltak. A Geoinform Kft. jóvoltából pénzügyi helyzete eddig a legstabilabb volt. Tudomásom szerint a jövőben, sajnos, nem számíthatnak korábbi mecénásukra.

A Budapesti Területi Szervezet változatlanul a legnagyobb létszámú területi szervezet, amely a rendezvények számát tekintve átlagosnak tekinthető, de az előadások száma és a résztvevők száma tekintetében ezúttal sincs arányban a regisztrált tagjainak számával (2., 4., 5. ábra), ami azt jelenti, hogy tagjainak jelentős része valószínűleg Budapesthez kötöttsége miatt jelölte meg a Budapesti Területi Szervezetet. Közöttük pl. sok a diák. Rendezvényei kivétel nélkül tudományos témával foglalkoznak, amely az utóbbi években csak kivételesen volt képes nagyobb tömeget megmozgatni.

A legkisebb létszámú területi szervezet a Dél-dunántúli, mindössze 82 taggal (2. ábra). Aktivitásuk nem látszik összefüggésben lenni kis taglétszámukkal. Sok tekintetben átlagon felüli értékekkel büszkélkedhetnek. A területi szervezetek között a regisztrált taglétszámra vetített rendezvény látogatottság náluk volt a legmagasabb (8. ábra). Az év folyamán jelentős szerepet játszottak „A ma geológiája a holnapért” konferencia megszervezésében és főként a kirándulás lebonyolításában.

Az Észak-magyarországi Területi Szervezet átlagos évet zárt. Valószínűleg nem véletlen, hogy leglátogatottabb rendezvénye a hollóházi tanulmányút volt, amelyen 43 tagtársunk vett részt. Meglepően kevés szakembert vonzott a recski





4. ábra. A területi szervezetek és tudományos szakosztályok 1999. évi rendezvényeinek száma. Rövidítések: ALF: Alföldi Területi Szervezet, BUD: Budapesti Területi Szervezet, DÉD: Dél-dunántúli Területi Szervezet, ÉMO: Észak-magyarországi Területi Szervezet, KÉD: Közép- és Észak-dunántúli Területi Szervezet, AÁS: Agyagásványtani Szakosztály, ÁLF: Általános Földtani Szakosztály, ÁSG: Ásványtan-Geokémiai Szakosztály, GSZ: Geomatematikai és Számítástechnikai Szakosztály, MKE: Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztály, ÓSR: Őslénytani-Rétegtani Szakosztály, TUT: Tudománytörténeti Szakosztály, OKK: Oktatási és Közművelődési Szakosztály

mélyszinti ércvagyonról meghirdetett előadóülés, aminek oka az lehet, hogy az ércvagyon sorsa már akkor is egyre reménytelenebbnek látszott.

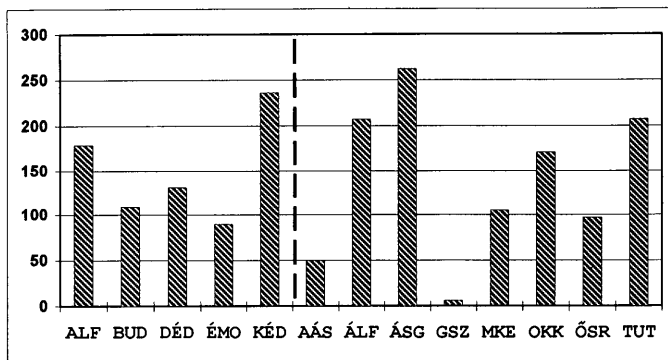
A Közép- és Észak-dunántúli Területi Szervezet az elmúlt évben 4 rendezvényt tartott, amelyek közül kiugróan a legsikeresebb a 180 fős látogatottságú Díszítőkő Konferencia volt. További rendezvényeik iránt mutatkozó szerényebb érdeklődés ellenére is monólok az összesített statisztikai adataik (4–10 ábra).

#### *Tudományos szakosztályok rendezvényei*

A szakosztályok sorában az egyik legkisebb létszámú (3. ábra) az Agyagásvány Szakosztály, amelynek az elmúlt évben két rendezvénye volt. A kevés számú rendezvény és előadásszám ellenére a szakosztály a nemzetközi életben 1999-ben is hallatta hangját.

Az Általános Földtani Szakosztály az elmúlt évben is a legnagyobb létszámú (3. ábra) szakosztálynak bizonyult. A 8 rendezvényével, 207 fős összesített látogatottságával az egyik legsikeresebb szakosztályunk volt (4–5. ábra). Külön kiemelhető rendezvényük a Periadriai lineamens szerepével foglalkozott, ahol 45 fős hallgatóság követte nyomon az előadásokat.

Előadóüléseire a legtöbb látogatót (262 fő) az Ásványtan-Geokémiai Szakosztály toborzott (5. ábra). Egyéb paraméterek tekintetében is a legsikeresebb szakosztálynak bizonyult: 10 rendezvény, 49 előadás és poszter (4. és 6. ábra), stb. Némi szubjektivitással én a legsikeresebb rendezvényüknek a Poszterfesztivált

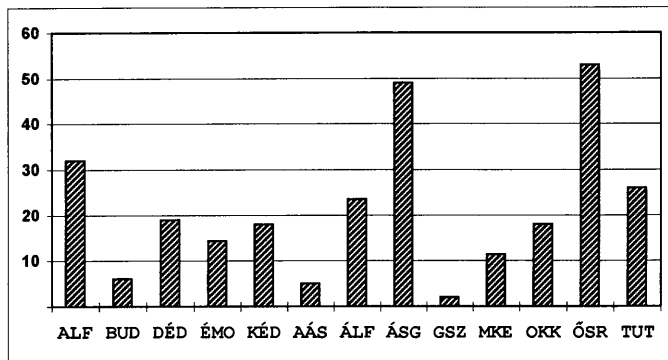


5. ábra. A területi szervezetek és tudományos szakosztályok 1999. évi rendezvényei résztvevőinek összlétszáma. Rövidítéseket ld. a 4. ábránál

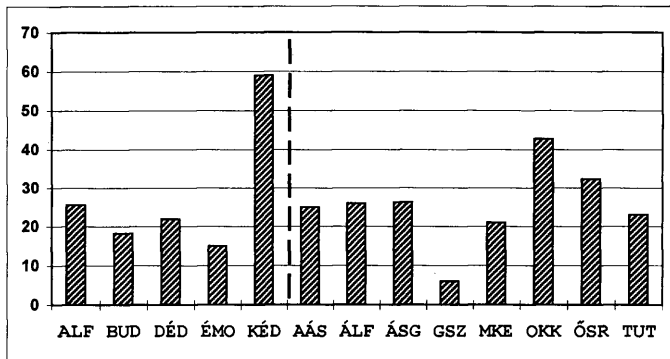
tekintem, ahol 24, részben nemzetközileg is megmértetett, színvonalas posztert vonultattak fel.

Egyetlen rendezvényével (4. ábra), kis hallgatóságával (5. ábra) a Geomatikai Szakosztály szerény évet tudhat maga mögött, ami 129 fős tagság mellett nehezen értelmezhető.

A Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztály rendezvényeinek nagyobbik hányadát általában területi szervezetekkel vagy Társulatunkon kívüli szervezetekkel közösen rendez, ezért a viszonylag jelentős látogatottság



6. ábra. A területi szervezetek és tudományos szakosztályok 1999. évi rendezvényein elhangzott előadások összesített száma. Rövidítéseket ld. a 4. ábránál



7. ábra. A területi szervezetek és tudományos szakosztályok 1999. évi rendezvényeire eső résztvevők átlaga ( $\Sigma$  résztvevők/rendezvény). Rövidítéseket ld. a 4. ábránál

az elején jelzett számítási mód alapján kapott értékekben csak közepes értékű mutató (4-10. ábra). Legsikeresebb rendezvényük a 42 fős részvétellel az Eurocenter-Óbuda alapozási munkálatainak megtekintése címen meghirdetett terepszemle volt, ahol két előadás segítette értelmezni a látványt.

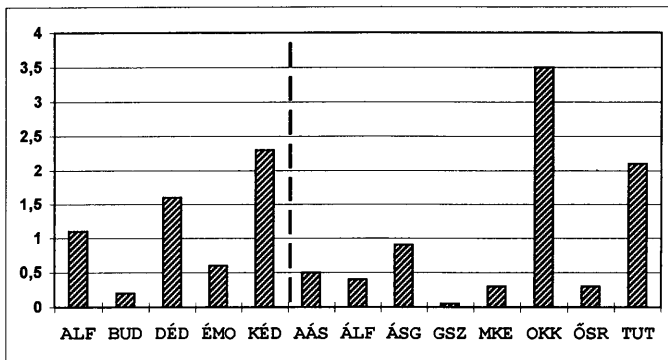
Az Oktatási és Közművelődési Szakosztály tevékenységéről már korábban bőszégesen esett szó. Az ábrákon szereplő értékek, különösen a kalkulált viszonyszámok kiemelkedő értékeket mutatnak (4-10. ábra), ami egy kis létszámú, de nagyon aktív szakosztályt jelent. Ugyanakkor hozzá kell tennem, hogy bizonyos tekintetben az adatok nem tűnnek összevethetőnek más szakosztályok adataival, amennyiben itt a tárgykörből adódóan a diákok is benne foglaltatnak a résztvevői létszámában.

Az Őslénytani Szakosztály több mutató tekintetében is kiugró értékekkel büszkélkedhet. A poszttereket is beleszámítva náluk a legnagyobb az előadások száma (53 - 6. ábra). Kiugróan jó az egy rendezvényre eső átlagolt részvételi szám (7. ábra) és az egy rendezvényre eső előadászám is (10. ábra). Az egy előadásra vetített résztvevőszám viszont náluk a legalacsonyabb (1, 8-9. ábra). Méltán legsikeresebb rendezvényük a noszvaji Őslénytani Vándorgyűlés volt, ahol 14 előadást hallgatott meg és 42 poszttert tekintett meg az 52 fős résztvevői kör.

A Tudománytörténeti Szakosztály nagy számú (9) rendezvényére 207 fős hallgatóságot vonultatott fel (4. és 5. ábra). A legkedvezőbb mutatót ért el a taglétszámára vetített résztvevő szám tekintetében: taglétszámának 2,1 szeresét tudta megmozgatni (8. ábra).

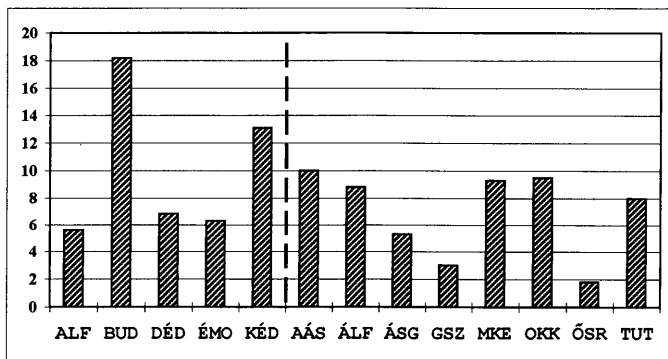
#### Állandó Bizottságok

Miután a ciklus első két éve az alapszabály állandó módosításának jegyében telt, 1999. folyamán az Alapszabály és Ügyrendi Bizottság tevékenységét a

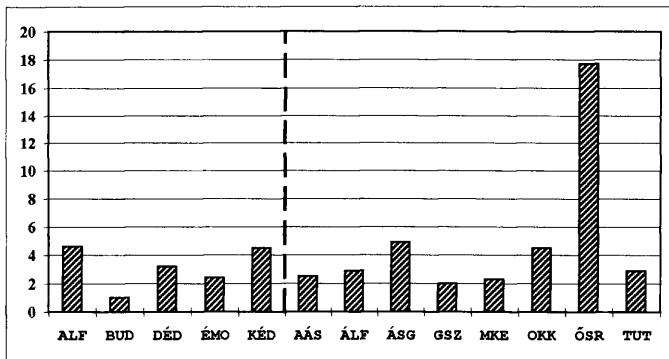


8. ábra. A területi szervezetek és tudományos szakosztályok 1999. évi rendezvényein a náluk regisztrált taglétszámra vetített összesített résztvevők száma ( $\Sigma$  résztvevők/regisztrált tag). Rövidítéseket ld. a 4. ábránál.

nevében jelzett második kérdéskörre koncentrálhatta. Saját ügyrendjének kidolgozása mellett – legalább ellenőrzés és tanácsadás szintjén – része volt újszólván valamennyi társulati szervezet és bizottság ügyrendjének kialakításában. Remélhetőleg a Bizottság egy nyugalmasabb ciklus elé néz.



9. ábra. A területi szervezetek és tudományos szakosztályok 1999. évi rendezvényein elhangzott összes előadásra vetített résztvevők száma ( $\Sigma$  résztvevők/ $\Sigma$  regisztrált tag). Rövidítéseket ld. a 4. ábránál.



10. ábra. A területi szervezetek és tudományos szakosztályok 1999. évi rendezvényeire vetített előadásszám (Σ előadásszám/Σ előadóulésszám). Rövidítéseket ld. a 4. ábránál

Az Ellenőrző Bizottság mind az elmúlt évben, mind a ciklus megelőző két évében – képletesen szólva – rajta tartotta kezét a Társulat ütőerén és észrevételével, javaslataival – esetenként aggodalmának kifejezésre juttatásával segítette elő annak kiegyensúlyozottabb, formailag is megfelelőbb működését. Mint hallani fogjuk, nem alaptalannak, de kissé pesszimistának tartja a jövő évi költségvetést, mindamellett átgondolt reformokat javasol a pénzügyi helyzet stabilabbá tételéhez. Ebben szerepel a tagdíj emelése és a Földtani Közlöny szétosztási rendjének módosítása, illetve árának emelése is.

A Fegyelmi és Etikai Bizottság – mindannyiunk meglegedésére – az elmúlt évben ismét munkanélkülinek bizonyult. Megelőzően a három éves cikluson belül volt ugyan „ügyük”, de a Bizottság – joggal – illetéktelennek nyilvánította magát a felmerült kérdésben.

Örömmel szólok a Földtani Közlöny Szerkesztőbizottságának tevékenységéről, amely – az előző bizottsággal szemben – a ciklus egyetlen évében sem maradt munka nélkül. Az elmúlt évben lezárult az a folyamat, amely a Földtani Közlöny szerény formai frissítésén túlmenően, amelyről már az elmúlt évben részletesen számot adtam, a korábbi rovatok visszaállítását, a szerzők számára készült útmutató szigorúbbá tételét, ezen belül a bibliográfiai kérdések egyértelműbbé és szigorúbbá tételét is jelentette. Ösztönözte az MTA tudományos bizottságait, hogy a megkezdett helyesírási revíziós tevékenységét gyorsítsa fel annak érdekében, hogy a szakmai folyóiratokban és egyéb kiadványokban található írásmód-kavalkádót állásfoglalásával segítse felszámolni.

A bizottság legnagyobb eredményének tartom, hogy az elmúlt 3 évben sikerült „ledolgozni” a két és fél éves elmaradást, és hosszú idő után 1999. volt az az év, amikor a folyóiratnak mind a 4 száma a tárgyévben belül megjelent. A lemaradás felszámolását azzal is tanúsíthatom, hogy az ez évi első füzet időközben megérkezett, és a kedves kollégák a szünetben Társulatunk „napszámosainál”

felvehetik. Örömmel jelenthetem egyúttal a Tisztelt Közgyűlésnek, hogy nincs szűkében a Földtani Közlöny közlésre szánt cikkeiben. Bár az egyes füzetek terjedelmét látható módon megnöveltük, kissé rossz a Bizottság szája, mert éppen a cikk-bőség következtében még így is jóval hosszabb a várakozás az indokoltnál. A jelenlegi pénzügyi helyzetben nem kívánok fejtegetésekbe bocsátkozni a megoldási módokat illetően. Tisztem viszont, hogy ezen a fórumon is megköszönjem a Szerkesztőbizottság valamennyi tagjának a korrekt, áldozatkész munkáját, amivel elősegítették a jelenlegi helyzet létrejöttét. Név szerint is ki kell emelnem PIROS Olga technikai szerkesztőt, aki a munka oroszlánrészét végezte, és aki nélkül ma aligha oszthatnánk szét az ez évi első számot. Hasonló módon köszönet illeti KRIVÁNNÉ HORVÁTH Ágnes tördelő szerkesztőt, aki a megnövelt oldal és példányszámot a kívánt formába öntötte. Nagy kérdés, lesz-e elég muníció ahhoz, hogy a társulati élet leginkább látható szimbólumát jelentő Földtani Közlöny a jövőben is hasonló rendszerességgel jelenhessen meg. A jelenlegi, illetve a megválasztandó új kollektíván valószínűleg nem fog múlni.

HALMAI János Bizottsági elnök jelentése alapján szólnom kell még a Nemzetközi Kapcsolatok Bizottságának tevékenységéről. Az elnök úgy érzi, nem kapott olyan feladatot, amely az elnöki jogkörű bizottság működtetését indokolta volna, a felmerült igényeket a birtokában lévő adatokból elégítette ki. A fentiek alapján javasolja a bizottság összetételének megváltoztatását, ahol az elnöki tisztséget a Társulat elnöke vagy valamelyik társelnöke tölthetné be, a bizottság tagjai pedig a különböző nemzetközi szervezetek hazai képviselőiből állhatnának. Így módon a nemzetközi ügyek rövid úton rendezhetőek lennének. Javaslatait az elnökség, nyilván meg fogja fontolni.

Végezetül a leköszönő Elnökség és egyúttal a magam nevében megköszönöm a Társulat két napszamosának, ZIMMERMANN Katalin ügyvezető titkárnak és SIMON Edit gazdasági előadónak azt a fáradhatatlan és a szó szoros értelmében áldozatos munkáját, amely nélkül a Társulat egyszerűen nem létezne. Nem tudom, melyik elődünknek sikerült őket fanatizálni, de állíthatom, mestere lehetett a műfajnak, mert ők már megvalósították VADÁSZ professzor szállóigéjét, amely szerint a lehetetlen kérések megoldására is csupán egy kis időt kérnek.

Tisztelettel kérem a Tisztelt Közgyűlést, hogy a főtükári jelentést elfogadni szíveskedjék.

Bevezető szavak

## „A ma geológiája a holnapért”

*című konferencián elhangzott előadások elé*

A Tudomány Világkonferenciájához kapcsolódóan – a Magyarhoni Földtani Társulat szervezésében – a fenti címmel került megrendezésre az a konferencia, amely a következő évszázad két kiemelkedő társadalmi-gazdasági jelentőségű kérdéskörét, a felszínalatti vizek állapotának, tisztaságuk megőrizhetőségének, valamint az egyre szaporodó és egyre jelentősebb veszélyforrásként megjelenő radioaktív hulladékok elhelyezésének gondjait állította középpontba. A rendezvényről HALMAI J. tollából a Földtani Közlöny 129/3. füzetének 451–453. oldalán nyerhető részletesebb tájékoztatás. Az ott elhangzott előadások egy része az Acta Geologica Hungarica 43/2. füzetében, néhány további pedig jelen füzetben – az alábbiakban – olvasható.

### A konferencián elhangzott előadások:

Június 21

Plenáris ülés

BÉRCZI, I.: Opening address

TÓTH, J.: The key improvements in aquifer protection: analytical hydrogeology

RYBACH, L.: Geologic disposal of radioactive waste sustainability

CUSTODIO, E.: Functioning of groundwater-dependent wetlands

ZIJL, W., TRYKOZKO, A.: Flow systems analysis and homogenization for aquifer protection

THURY, M.: Waste, host rocks, repository concepts and the role of geology

ÁIKÁS, T.: Repositories for high-level radioactive waste in crystalline rocks, geological key questions

### A szekció: *Geological aspects of radioactive waste disposal*

ORMAI, P., FRIGYESI, F.: Status of low and intermediate level radioactive waste repository programme in Hungary

BALLA, Z.: Geological exploration for low and intermediate level radioactive waste disposal in Hungary

TÓTH, Gy., HORVÁTH, I.: Hydrodynamics and hydrogeochemistry of the Mórággy Granite Complex

MAROS, Gy., PALOTÁS, K., RÁLISCH-FELGENHAUER, E.: Tectonic evaluation of the Mórággy Granite with Imageo Mobile Corescan System

KOVÁCS, L., CSICSÁK, J., BERTA, Zs.: Main results of the qualification programme of the Boda Siltstone Formation

HÁMOS, G. – FÖLDING, G. – MAJOROS, Gy. – KONRÁD, Gy.: The role of geological research in the qualification programme of the Boda Siltstone Formation

ÁRKAI, P., BALOGH, K., DEMÉNY, A., FÓRIZS, I., MÁTHÉ, Z., NAGY, G.: Study of composition, diagenetic and post-diagenetic alterations of the albitic Boda Siltstone Formation

CHIKÁN, G.: The role of geological mapping in radioactive waste disposal in Hungary

*B szekció: Protection of subsurface aquifers*

- SCHNEIDER, J. F.: Sustainable development, use and protection of aquifers  
 VARSÁNYI, I., Ó-KOVÁCS, L., MATRAY, J. M.: Separation of water flow systems based on chemical and isotopic composition of subsurface water in the Great Plain, Hungary  
 KOMATINA, M., KOMATINA, S.: Groundwater protection at the Karst terrains of Serbia (Yugoslavia)  
 GABRIEL, W. J., MASON, J. M., SIEGEL, D. I.: Multidisciplinary techniques for aquifer evaluation in a karstic setting and implications for resource development – a case study  
 CAMPOS, H.: Applied groundwater modelling in the Botucatu aquifer system, Brazil  
 MÁRTON, L., SZÁNYI, J.: Interaction of deep and near-surface groundwaters in a Leaky aquifer system

*Június 22**A szekció: Geological aspects of radioactive waste disposal*

- BREWITZ, W.: Longterm safety of underground radioactive waste repositories – key issue for research and development  
 BODVARSSON, G. S.: Geological consideration for the flow and transport model of Yucca Mountains, Nevada  
 DE CRAEN, M., DELLEUZE, D., VOLCKAERT, G., SNEYERS, A., PUT, M.: U–Th series disequilibrium studies on Boom Clay, a natural analogue of radionuclide migration in argillaceous sediments  
 BIRKHÄUSER, P., ROTH, P., NEUF, H., STAMPFLI, G.: Application of 3D seismic for radioactive waste disposal in the Swiss Sedimentary Site Characterization Programme for HLW disposal in sedimentary rocks  
 SHESTOPALOVA, O.: Future perspective clay formations usage for hazardous waste isolation in Carpathian Region  
 DURDUN, I., MARUNTEANU, C.: Romanian LILW disposal – site selection, characterization and investigation programme  
 ANTTILA, P.: Geological disposal of nuclear waste in Finland  
 BRÄUER, V., BORNEMANN, O.: Geoscientific investigations at the Gorleben Salt Dome – the potential German repository site for radioactive waste  
 WOLLER, F.: Siting of deep geological repository in the Czech Republic: history and current situation  
 LALIEUX, P.: International co-operation regarding site characterization and site evaluation for repository systems of long-lived radioactive waste  
 ERIKSSON, L. G.: The MD design: an integrated earth sciences and geoengineering approach to safe geological disposal of long-lived waste  
 AITMATOVA, D.: Radioactive wastes disposal and ecological safety problems on the Territory of Kyrgyzstan  
 MARCINKEVICIUS, V., KANOPIENE, R.: The possibilities of deep repository of radioactive waste in Lithuania

*B szekció: Protection of subsurface aquifers*

- SHESTOPALOV, V., ZAIONTS, I. O., BONDARENKO, Ya. I., STETSENKO, B. D., RUDENKO, Yu. F.: Structural-geodynamical and hydrogeological zoning to reveal geological structures most perspective for depth isolation of radioactive wastes  
 OPHORI, D.: Simulating large-scale groundwater flow for waste disposal purposes  
 KESSERÜ, Zs.: Aquifers and mines at interacting risks: prevention principles for sedimentary environment  
 TÓTH, J., SHENG, G.: Using the recharge area concept as a strategy to enhance the safety of nuclear waste disposal  
 LEBEDYNETS, M., SPRYSNSKY, M.: Subsurface water pollution by nitrate-ions contry-side in West Ukraine  
 VELICIU, S.: Consequences on the aquifers of the subterranean combustion in an oil field  
 KENNEDY, K., MÜLLER, I.: Improving ground water protection strategy by using documentes Contaminant/Tracer Transport Rates



- GONDI, F., LOEBEL, E.: An alternative approach for aquifer protection risk-based decision matrix
- OGNIAK, N. S., PARAMONOVA, N. K.: The problems of estimating the unsaturated zone contamination with hydrocarbons and determining protective properties of the unsaturated zone
- BOSCH, F. P., MÜLLER, I.: Groundwater vulnerability mapping in fissured rocks using continuously recording, non contact, radio-frequency electromagnetic (RF-EM) instruments
- SÓRÉS, L., GULYÁS, Á., OCSENÁS, P.: Ground geoelectrical methods in hydrogeological exploration
- HAVAS-SZILÁGYI, E., LIEBE, P.: Problems and solutions of aquifer protection in Hungary

### *Záró ülés*

- NARASIMHAN, T. N.: Protection of subsurface aquifers: a broader context
- NEERDAEL, B., DE CRAEN, M.: Repositories for high-level waste in argillaceous formations geological key questions
- HALMAL, J.: Closing word



# Actual state of the site characterisation programme of the Boda Siltstone Formation

## A Bodai Aleurolit Formáció telephely-jellemzési programjának jelenlegi állapota

László KOVÁCS – Gábor HÁMOS– József CSICSÁK<sup>1</sup>  
(4 Figures)

*Key words: Boda Siltstone Formation, site characterization, HLW, Hungary,  
final disposal, Short-Term Project*

*Tárgyszavak: Bodai Aleurolit Formáció, telephely minősítés, nagy aktivitású hulladék, Magyarország,  
végleges elhelyezés, Rövidtávú Program*

### Abstract

Since 1993 an extensive geological research programme has been carried out in an attempt to characterise the BSF. The aim of the programme is to prepare for the final disposal of HLW produced at the Paks Nuclear Power Plant. At the beginning of 1999 the final report was completed the professional results of the three-year programme (Short-Term Project). On the basis of the investigations done so far, there is no evidence demonstrating the unsuitability of the BSF (indicating that no further research is necessary). Besides the introduction of the most significant facts of final report, the article gives a brief description of the three-year-project, including the economic, regulatory and public acceptance background, project-specific professional circumstances, and the possibility for making further progress.

### Összefoglalás

1993 óta kiterjedt geológiai kutatási program irányult a Bodai Aleurolit Formáció megkutatására, aminek célja a Paksi Atomerőműben keletkezett nagy radioaktivitású hulladékok elhelyezésének előkészítése. 1999 elején elkészült a három éves (rövidtávú) program szakmai eredményeket bemutató zárójelentése. A már elvégzett kutatások alapján semmi olyan bizonyíték nem merült fel, ami kizárná a Bodai Aleurolit alkalmasságát vagy megkérdőjelezná a kutatások folytatásának szükségességét. A zárójelentés lényegének ismertetése mellett röviden leírjuk a három éves programot, beleértve a gazdasági, a szabályozási és a lakossági elfogadási hátteret, a program-specifikus szakmai körülményeket és az előrelépési lehetőségeket.

### Introduction

At on time, the high level radioactive waste (HLW) produced during the operation of Paks Nuclear Power Plant (NPP) was delivered to the Soviet Union. As an outcome of the changed political situation Hungary has had to reconsider its back-end strategy. As a temporary solution the first module of an Interim Modular Vault Dry Store was constructed on the site of the NPP.

<sup>1</sup> MECSEKÉRC Environmental, Pécs, Esztergár L. str. 19. H-7633, Hungary e-mail:  
<surename><forename>@mecsekerc.hu

However, no final decision was made on the back-end strategy. This is why, at present, we are still not familiar with the composition, form and quantity of wastes to be disposed. However, there is a total professional consensus on the necessity for the final disposal of some part of the HLW (as the last phase of all options and depending on its type and quantity with regard to the preferred option).

Since 1993 surface and URL-based siting for HLW disposal in Hungary has concentrated on a Permian Mudstone called the Boda Siltstone Formation (BSF). It is situated in SW Hungary, west of the city of Pécs. The detected extension of this candidate host formation exceeds 150 km<sup>2</sup>, and its maximal thickness is between 700–900 metres (Fig. 1). The last three-year stage of the preliminary site characterisation (called the Short-Term Project) was finished at the beginning of this year and no evidence was discovered which might exclude the potential suitability of this candidate host formation. However, the information derived from the first investigations do not allow a final conclusion to be made on the geological suitability of the BSF. Nevertheless, a country-wide screening (performed in 1997) did not discover either a similar or a better candidate than the BSF for HLW disposal.

### **Organisational, regulatory and public-acceptance background of the Short-Term Project**

The whole three years of the Short-Term project can be characterised as a transition period: the financial and organisational conditions have changed several times. The new Nuclear Energy Act resulted in considerable and positive legislative changes; however, these can only be utilised during the next research period. At the end of last year a new agency was established (Public Agency for Radioactive Waste Management – PURAM) for determining the radwaste management policy of Hungary and organising the R&D and PR-activities. The costs are covered by the Central Nuclear Monetary Fund.

Licensing the establishment and operation of a URL located in the area of an uranium mine was relatively simple. During the preparation of the research plan there no requirements relating to the special task set up by the authorities. The relevant executive decree was published only at the end of 1997. In spite of changing the legal environment, the investigations were under the continuous control of the authorities and independent expert-boards. The best international knowledge served as a basis for this control.

People in this area have been living together with uranium mining for more than 40 years. Consequently, the establishment and operation of an URL has not caused fear on the part of local inhabitants. We believe that this positional advantage can be maintained by conscious and continuous PR activity.

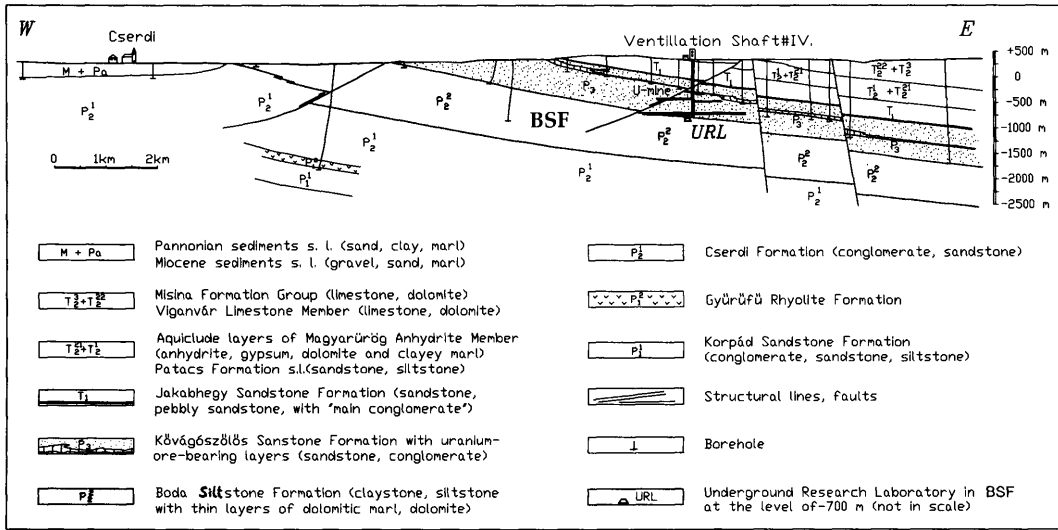


Fig. 1 W-E geological cross-section of Western Mecsek Anticline

1. ábra A Nyugat-Mecseki Antiklinális Ny-K-i irányú metszete

### Project-specific professional circumstances:

As a result of geological exploration connected to the uranium ore mining, BSF is located in an area of the country which has undergone the most detailed study. Prior to the first research phase the amount of information on the BSF and its geological environment exceeded, with respect to the degree of the knowledge-level, any other potential formation in the country.

The geometry of the potential host formation presented a very advantageous situation for the investigations. In the framework of the Short-Term Project the geological and hydrogeological investigations on the weathered surface – including the drilling activity and the extended in situ URL-based – experiments could be performed and evaluated simultaneously. The spatial variability of the parameters – mainly the depth dependence – were described numerically. Using surface geophysics and drilling research methods, the investigation could also be extended to the formation underlying the BSF as well. These possibilities, in combination with laboratory test programmes and evaluation-interpretation activities including geomathematics and numerical modelling, provided site-specific efficiency for collecting and evaluating information.

The URL in the BSF is located at a depth of more than 1050 m below the surface (Fig. 2). The virgin rock temperature exceeds 50 °C. The pore water pressure is about 90 bars, and the maximal principal rock stress component exceeds 30 MPa. Several special thermal-mechanical-hydraulic processes and effects on the geological barrier could also be studied and understood under relatively high rock-temperature, rock-stress and water-pressure conditions.

The exploratory-tunnel and the exploratory boreholes drilled from the tunnel allow in-situ studies to be made of almost all the respective rock types and beds of the BSF, given that they have different geological, hydrogeological and geotechnical features. However, the geometric extension of the investigations has so far been limited, so the potential migration pathways from a repository in the BSF to the biosphere will be situated in similar rock types and beds (Fig. 3).

The largest professional disadvantage for the waste management project is that Hungary has still not decided the final back-end strategy. For this reason a lot of essential information is needed for planning the investigations; furthermore, information for the performance assessment of site is still missing.

### Key issues of the Final Report

The plan for the Short-Term Project was prepared in co-operation with AECL. Its main aim is to provide essential information for answering the following questions:

- Geological evolution (sedimentation, diagenetic and post-diagenetic processes, tectonic history, etc.).
- Geometrical suitability, homogeneity, possibility of spatial extrapolation of the results.
- Primary isolation capabilities of the formation.

- Excavation-modified isolation properties (i.e. the processes of the Excavation Disturbed Zone).
  - The rock body as a host media for the technical facility planned for a long life-span.
  - Long-term stability and the possibility for the punctual extrapolation of the results.
- To fulfil this aim in the framework of the Short-Term Project more than 100 different investigation methods were applied. The Final Report of the project was

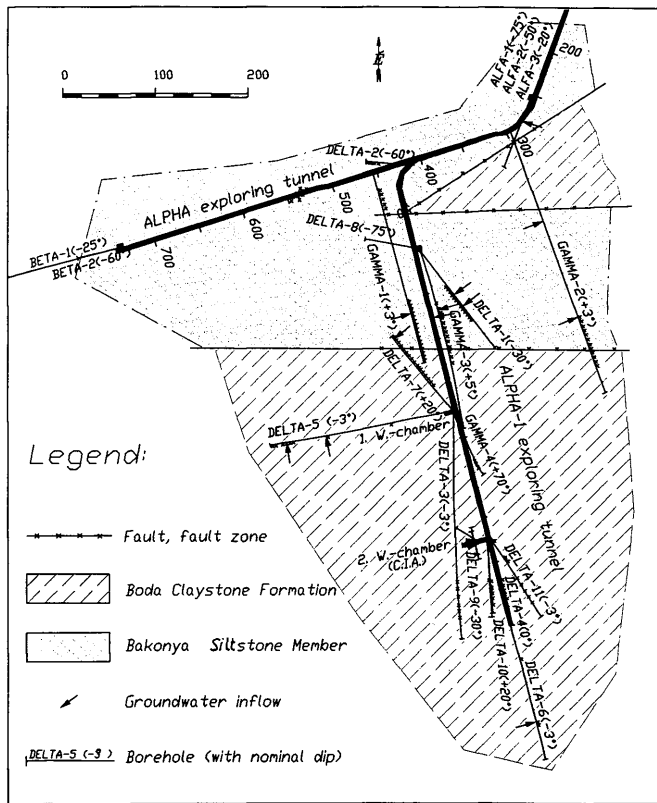


Fig. 2 Map of the exploring tunnels and more important underground boreholes of URL

2. ábra Az URL feltáró vágatainak és a legfontosabb földalatti fúrásainak térképe

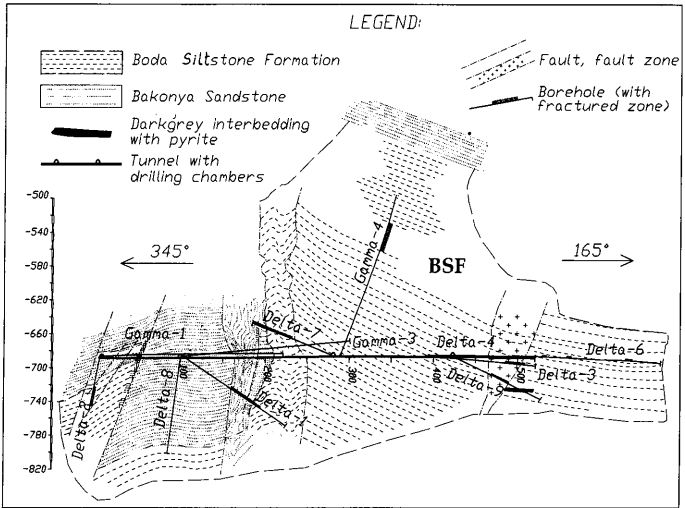


Fig. 3 Geological cross-section in the vertical plane of the Alpha-1 exploratory tunnel

3. ábra. Az Alfa-1 kutatóvágat földtani szelvénye

completed during the second half of last year. It consists of 9 Volumes (about 1600 pages in total). The following sections provide brief information on the key issues of this report.

### Geological evolution

The modern features of the BSF have evolved through geological processes. Sedimentation, diagenesis as well as the most important geodynamic-tectonic events were analysed accurately with special regard to stress and thermal history. The study was extended to the geological environment of the whole South-Trans-Danube. As a result of systematic and integrated evaluation of the collected data we were able to identify the history of the BSF and the structure of the formation was also determined.

Sedimentation took place in a special alkaline lacustrine environment, under extreme climatic and geochemical conditions. During the late period of diagenesis the layers of the formation were buried at a depth of 3.5–4.5 km, under temperatures between 160–180 °C. This situation has resulted in the over-consolidated character of BSF.

Hitherto, relics of four tectonic periods each with different features have been discovered by the detailed surface and underground geological mapping.



### Geometric suitability

As an outcome of geological evolution the detected extension of the candidate host formation exceeds 150 km<sup>2</sup> and its thickness varies between 700–900 metres. Investigations focused on the central region, covering 55–60 km<sup>2</sup>. Inside this area the homogeneity of the confinement properties were also verified by geomathematics. This analysis excluded an approximately 150 metres thick bottom series with uncertain confinement-properties and a weathered 30–50 metres thick outcrop area.

The presence of abandoned cavities of closed uranium ore mines represent the most important site-specific risk factor. Therefore the repository must be located at a safe distance from these cavities. This requirement, and the protection zone around the inhabited areas, reduce the potentially suitable area for a repository. In spite of the limitations, the potentially suitable zone has a 30–35 km<sup>2</sup> horizontal extension and a 600 m vertical one. Information provided by the Short Term Programme has not made it possible to determine the location and the depth of the repository within this potentially suitable zone.

### Primary confinement capabilities

Virgin confinement features of the BSF are determined by a 35–50% clay-mineral content, dominantly Illite (30–40%). The Chlorite content in the clay accounts 5–10%. Smectite content is generally below the detectable limit, but smectites also occur in outcrops in the weathered zone and inside the deformation band of faults.

The bulk-porosity of the rock-samples is low (0.6–1.4%). The water-conductivity of intact rock bodies determined by in-situ hydrodynamic tests varies between 10<sup>-11</sup>–10<sup>-13</sup> m/s. These test results refer to diffusion-dominating transport conditions.

Given the paleo-stress state, it can be deduced that the self-healing processes must have been a general phenomenon prior to late miocen-pliocen period. Recently, at a 1000 m depth, almost all the tectonic zones have been characterised as having permeability-values of 10<sup>-10</sup> m/s. Younger faults occur only rarely; these younger faults produce visible water inflows. Their permeability varies between 10<sup>-8</sup>–10<sup>-9</sup> m/s. Slow, advective pollutant transport should be assumed to take place along these young faults.

Of course, the above-mentioned hydrogeological characterisation of the different tectonic generations is only a preliminary result. At present, we do not have sufficient information to understand properly the fundamental flow and transport processes concerning numerous different types of discontinuity. In-situ tracer tests were not performed during the Short-Term Project.

Several in-situ and laboratory test methods provided favourable information with regard to the modern geochemical environment, the stress field and the migration of radioactive-elements/ions as well. Preliminary 2D and 3D hydrodynamical models were applied and validated by the data collected in

connection with the surface-based hydrogeological mapping for the study of the regional, intermediate and local flow-patterns.

### **Excavation-modified confinement properties:**

Special attention was paid to the determination of physical, geochemical and microbiological changes in the Excavation-Disturbed Zone.

Besides the numerous separate in-situ test series, it is really important to emphasize the so-called Complete Instrumental Array (Fig. 4; here the mechanical, hydraulic and thermal state-transitions within the EDZ caused by tunnelling were recorded simultaneously. The results were interpreted in an energetically uniform system. According to the results of 3D-coupled numerical modelling the average, quasi-isotropic permeability of EDZ increased by up to  $5 \times 10^{-8}$  m/s. Pressure changes extended over 20 metres according to back-calculations. This back-calculated value fits in with the measurements done in other areas, even in the earlier tectonic zones.

A special self-healing effect of (technical origin) was discovered in the course of the tunnelling in connection with the Complete Instrumental Array. As a result of this there has been a rearrangement of the stress field and the location of the joints.

Chemical and geochemical features of the pore water flowing towards the cavities have been modified considerably. For example, the TDS increased to 6–8 g/l, and was oxidised. Microbiological investigations were started in the frame of the Short-Term Project.

### **Geotechnical features**

The unexpectedly favourable geotechnical features for exploring tunnels can also be attributed to the mineralogical-petrographical properties. Namely, the absence of swelling clay minerals and the presence of microcrystalline Silica and Albite have given considerably better strength properties to the BSF in comparison to another potential argillaceous host rock formations (Albite content varies between 20–45%). The stress state is also advantageous. In spite of the great depth the openings have been shown to be stable in the long-term, inside the tectonic zones as well. This has been verified by deformation-monitoring. The only problem was a rock-falling effect which had a gradually decreasing intensity. This effect terminated within 1–2 weeks after the excavation. However, a slow creep was also recorded over the following 6–8 months.

The tunnels crossing the BSF were supported primarily with rock bolts. The volume of the subsequent maintenance was very small.

The waste-generated near-field heat processes have not been studied yet; presumably, the BSF has a relatively low heat sensitivity due to its thermal history.

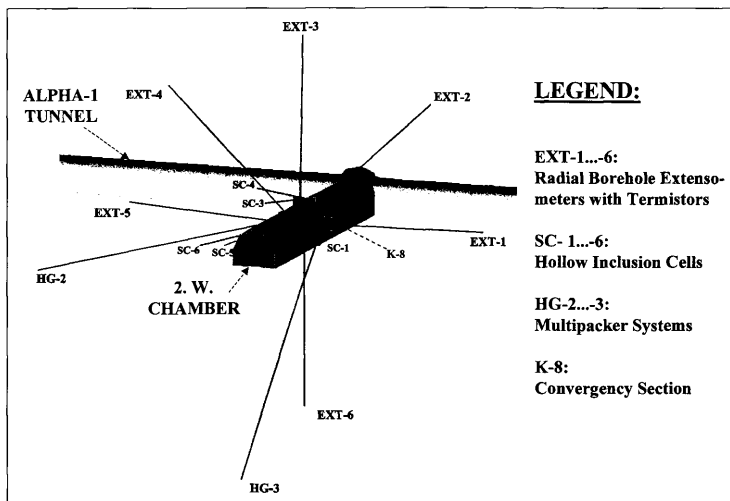


Fig. 4 Geometry of the installed measuring devices in the Complete Instrumental Array

4. ábra. A mérőműszerek térbeli helyzete a teljes műszer-rendszerben

### Long term stability

Two more considerable subtasks were performed concerning the possibility of the extrapolation of the results with respect to time and long-term risks in the framework of the Short-Term Project:

- Cognition with regard to the velocity and direction of slow crustal movements (using geological mapping and geophysical methods) and their influence on the confinement properties.

- Data acquisition for the assessment of the long-term seismic risk of the site.

The nature and velocity of the modern geological processes, hitherto known in the surroundings of the BSF, allows a conclusion which shows that considerable changes of the hydrogeological and flow system will not occur over the next 100 000 years. Site-specific surplus risks, in comparison with other potential sites of Europe, were not identified.

### Conclusion

According to the results of the investigation which went on intensively for seven years – which extended into the most significant tectonic zone of the area,

applying in-situ methods – no evidence was found which could exclude the suitability of this potential host formation. The geometric size of the BSF, its confinement and the geotechnical features examined so far, can be regarded as favourable and suitable for the planned purpose, even when it is compared with the situation in other countries.

### Possibilities for stepping forward

The performance of the Short-Term Project represents a great advance towards final, integrated characterisation of the BSF as a potential host formation. But it's really clear, that this period was only the first step. Information of essential importance is still missing.

Characterisation programmes of the candidate/reference argillaceous sites of EU and OECD countries are supported by strong international co-operation. Such co-operation would be essential important for Hungary in order to avoid professional, licensing and public acceptance problems.

The next step would be to work out the plans of the long-term programme for the characterisation of the BSF using the information gathered during the last three years. For the implementation of a successful long-term project several measuring devices and methods, as well as evaluation and Quality Assurance/Quality Control methods should be developed further or obtained. Some of the most important items: so far the first version of the performance-assessment has not been carried out. On other hand, the more developed performance-assessment – necessarily taking into consideration the disposal concept – is to be planned later and some other recently lacking information has to be obtained (the results of in situ tracer tests, biosphere-parameters).

For an effective site-characterisation the investigation methods should be optimised in accordance with all professional goals. URL-based, in situ methods are indispensable for answering some of the above-mentioned questions. Due to the essential questions, which can only be answered with underground investigations, it is really necessary to preserve the possibility of underground research. Therefore a proposal has been completed which targets the development of a research station by upgrading and extending the existing URL and separating this from the uranium mine which is to be closed. This upgraded URL was intended to serve the long-term project and it could have fulfilled its task with whole functionality. Yet, although all professional, economical and public-acceptance arguments supported the proposal on continuing the URL-studies here, the governmental decision terminated this project.

However, the cancellation of the project does not imply a rejection of the potential suitability of the BSF. The characterisation programme is likely to continue by using surface-based investigation methods. Nevertheless, at present the schedule of these activities is uncertain.

Due to Hungary's efforts to join the European Union, this professionally and politically critical issue is to be treated in such a way that it is internationally acceptable and conforms to EU norms.

# The long-term safety of underground waste repositories

## – A key issue for research and development –

### Felszínalatti hulladéktárolók hosszútávú biztonsága – kutatás és fejlesztés

Wernt BREWITZ<sup>1</sup> – Ulrich NOSECK<sup>1</sup>  
(3 figures)

*Key words: radioactive waste, repositories, safety concepts, long-term safety assessment*

*Kulcsszavak: radioaktív hulladék, tárolók, biztonsági tervek, hosszútávú biztonságbeccsés*

#### Abstract

Concepts for the final disposal of radioactive waste include, among others, disposal in underground cavities and, in specific cases, disposal in deep geological formations. In several countries provisions have been made in the national regulatory framework for the adoption of such waste disposal concepts. The basic idea is to isolate waste from ground surface and meteoric water as long as required for the sustainable preservation of the environment. The time-frame depends on the toxicity of the radioactive materials as well as on durability of the waste containers. Both are essential parameters for the selection of appropriate underground cavities or deep geological strata for the construction of such repositories. One of the most challenging tasks for scientists and engineers is to forecast the long-term behaviour of the repository and the assessment of potential adverse conditions on the basis of sound geological data and realistic evolution models (scenarios).

For very good reasons many countries are pursuing radioactive waste disposal in deep geological formations. The principal advantage is that deep repositories are covered by thick geological barriers, in many cases with separated aquifers and without effective hydraulic pathways which could be potential travelling ways for toxic substances. That means that under normal conditions the isolation capacity of deep repositories should be in the range of geological time-frames. Potential host rocks are granite, rock salt, argillaceous rocks and others, depending on favourable site-specific conditions.

With respect to the operational safety rock mechanic aspects are the most important factors. This is why various parameters, such as rock stresses and tensile strength, have to be investigated. In addition, field measurements may help to characterise the rock mass stability and the changes which may be induced by the repository. For post-operational safety hydrogeological and geochemical research is mainly needed in order to produce data on radionuclide mobilisation and groundwater-transport. These are input parameters for generic as well as site-related performance assessment models. An engineering task is the development of adequate backfilling and sealing measures for the underground cavities and the access shafts. In Germany a comprehensive R&D programme has been devised to cover these issues. The main objective is to improve both the data-base and methodology for the long-term safety assessment of underground waste repositories.

<sup>1</sup>Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Repository Safety Research Division, 38011 Braunschweig, Postfach 2126

## Összefoglalás

A radioaktív hulladékok végső elhelyezésére irányuló tervek között – egyéb megoldások mellett – földalatti üregek, és különleges esetekben mélyégi földtani képződmények is szerepelnek. A nemzeti jogszabályozás keretében több országban ilyen hulladékkelhelyezési koncepciót fogadtak el. Az alap gondolat az, hogy a hulladékot mindaddig elszigeteljük a felszíntől és a csapadéktól, amíg azt a környezet védelme megköveteli. A szükséges idő hossza a radioaktív anyagok mérgező tulajdonságától és a hulladéktartályok tartósságától függ. Mindkettő fontos tényező a tároló építéséhez megfelelő földalatti üregek vagy felszínalatti földtani képződmények kiválasztásában. A tudósok és a mérnökök számára az egyik legnagyobb kihívás a tároló hosszútávú viselkedésének előrejelzése és a lehetséges kedvezőtlen események becslése a földtani adatok és a fejlődési modellek alapján.

Jól érthető okokból számos ország törekszik a radioaktív hulladékok mélyen fekvő földtani képződményekben való elhelyezésére. Lényeges előny, hogy a mélyégi tárolókat vastag földtani gát fedi, sok esetben elkülönülő vízáadó réteggel, és nincsenek hatékony áramlási pályák, amik egyben a mérgező anyagok lehetséges szállítási útvonalai lehetnének. Ez azt is jelenti, hogy normális körülmények között a felszínalatti tárolók szigetelő hatása földtani időkben mérhető. A lehetséges befogadó kőzetek között van a gránit, a kősó, az agyagok és a telephely sajátos körülményeitől függően más kőzetek.

A biztonságos üzemeltetés szempontjából a kőzetmechanikai jellegek a legfontosabbak, ezért meg kell határozni a kőzetfeszültséget és a húzószilárdságot. A terepi mérések hozzásegíthetnek a kőzet stabilitásának, és a tervezett tároló által létrehozott változásoknak a jellemzéséhez. Az üzemeltetés utáni biztonságosságához a hidrogeológiai és a geokémiai kutatás a legszükségesebb, mivel ezekből a radioaktív elemvándorlásról és a talajvízmozgásról nyerünk adatokat, amik az általános és a telephelyközeli modellek bemenő adatai. Mérnöki feladat a földalatti üregek és az aknák megfelelő tömédékélése és a zárórétegek kiépítése. Németországban átfogó K&F (Kutatás és Fejlesztési) program készül ezeknek a problémáknak a megoldására. A fő cél a felszínalatti tárolók hosszútávú biztonsági becslésének alapjául szolgáló adatbázis és a módszertan fejlesztése.

## Introduction

The final disposal of radioactive waste arising from nuclear research centres and operating nuclear power plants is an increasingly important issue in most countries which use nuclear power as a major energy source. In Germany the problem was already being tackled in the mid-sixties when the disused salt mine ASSE was converted into a R&D-facility for underground waste disposal. In the late seventies and beginning of the eighties the disused iron ore mine KONRAD was investigated for its feasibility as a non-heat generating site and for the decommissioning of waste disposal. On the basis of a favourable result the licensing procedure was started in 1982. This required detailed site characterisation and an advanced technical disposal concept. However, an operating licence has still not been granted. In the former East Germany an underground repository was being developed from 1971 onwards and this later operated in the disused potash mine MORSLEBEN. The operation was re-started for LLW-disposal in 1994 but stopped in 1998. The GORLEBEN salt dome is at present being investigated for its feasibility as a repository for all categories of radioactive waste, in particular high level heat generating waste but also intermediate and low level material. In Germany the new government has decided to reconsider both the disposal strategy as well as the disposal options. A group of experts – most of them geologists – has started working on advanced criteria for site selection.

In other countries there have been different approaches (DECAMPS 1996). In Sweden and Finland, for instance, underground repositories for low and intermediate level waste have been mined and constructed in granitic rocks (POSIVA OY 1996; VIRA 1994). These geological repositories have been operated successfully for several years. France has pre-selected claystone and granite as a host rock formation for high level waste, and the USA is planning a final repository for spent fuel in welded tuff (WITHERSPOON 1996). German scientists are participating in some underground laboratories in the various countries.

Despite some politically motivated disputes, in a number of countries there are no basic problems to be solved for low and intermediate level waste disposal in deep geological repositories. For high level waste repositories specific issues – such as coupled processes in the repository near the field and the retention of long living radionuclides in the geosphere – still have to be investigated in order to gain sufficient data sets for performance assessment. The long-term safety of such repositories depends very much on geological and site specific parameters as well as on the technical concepts used for backfilling and the sealing of disposal vaults and shafts. It also has to be acknowledged that for large and spacious waste repositories some damage to the geological barrier, caused by mining and/or specific site conditions, may require special technical solutions in order to achieve the necessary safety for extended periods of time. This again might require advanced experimental and performance assessment methodologies.

### **Safety concepts for underground waste repositories**

Safety concepts for underground repositories have to be based primarily on the parameters of the radioactive waste to be disposed of – e.g. radiotoxicity, decay time, amount of  $\alpha$ -bearing waste, waste form and waste volume. The operational safety for HLW/ILW requires (in comparison with LLW) specific shielding for transportation, handling and disposal. For construction and post-operational safety the selection of 'dry' or 'wet' host rocks is crucial importance (IAEA 1991). The ultimate objective of site-specific R&D is to provide technical concepts for the safe operation and long-term safety of such a repository. With respect to operational safety, this concept has to comply with the relevant mining regulations and the actual radiation protection regulations. The long-term safety has to be proved for the required periods of time (10 000 years and more). The entire repository system with its different technical, geotechnical and geological barriers has to be analysed in detail; by modelling the most relevant mobilisation and migration processes it has to be demonstrated that there will be no radioactivity release resulting in unacceptable individual doses to the public. This task requires specific geological and geotechnical investigations as well as specific methodologies for performance and long-term safety assessment.

Today considerable know-how is available, not only through the individuals working on some national projects but also on an international level. Safety criteria for radioactive waste disposal have been internationally agreed upon and published by the IAEA and frequent exchange of the latest achievements is being

organised by OECD/NEA (BALTES 1995; RÖTHEMEYER 1994). The main objective of ongoing R&D-activities in several countries is the envisaged disposal of HLW and spent fuel in deep geological formations. In particular the development of adequate backfilling and sealing strategies and the further development and application of advanced PA-methodologies are important tasks, given the more demanding licensing procedures in a very conscious public environment.

### R&D Aspects in Rock Salt Formations

In Germany rock salt was selected as a 'dry' disposal formation for all categories of radioactive waste at a very early stage of the German waste management programme. The first experiences with LLW/ILW-disposal were made in the ASSE salt mine in 1972 – 1977 (GSF 1982). For ILW a special disposal technique for 200 l drums without over-packs was developed and tested. A total of about 1300 drums containing an inventory of 5 000 TBq, mainly of short-lived radionuclides, was emplaced in rock salt in a small chamber of about 9000 m<sup>3</sup> and permanently sealed off from the mine workings. The maximum surface dose rate of the drums was about 30 Sv per hour and was mainly caused by Cobalt 60. This radiation level required transport and handling techniques to be carried out under permanent radiation shielding. The LLW/ILW-disposal operation in the ASSE-mine was terminated in 1977. With respect to operational safety, the following results can be given:

- the ILW-drums were safely emplaced by routine operations while a permanent radiation shield was maintained,
- the radiation exposure of the staff was very low compared with that of the emplacement of unshielded LLW-Drums,
- within 20 years of permanent emplacement the concentration of hazardous components in the chamber's atmosphere remained far below any set safety limit,
- the radiation level decreased as expected from the half-lives of the radionuclide inventory.

With respect to the post operational safety of radioactive waste disposal in rock salt several case studies were performed within the scope of national and international R&D-projects (BUHMANN et al. 1995; BUHMANN 1996; HIRSEKORN et al. 1991; STORCK et al. 1988). In the PACIS-project (co-funded by the EU) different host rock formations were evaluated for their isolation potential for HLW (STORCK et al. 1988). In the PACOMA project the long-term effects of conceptual underground repositories for intermediate-level and  $\alpha$ -contaminated wastes were compared with those of HLW-repositories (HIRSEKORN et al. 1991). The calculated radionuclide release into the biosphere, as a consequence of a brine intrusion scenario, resulted in a dose rate of about 10<sup>-7</sup> Sv/year and no release for HLW repositories. If, shortly after operation, a considerable number of disposal chambers and drifts is affected by brine intrusion the total dose rates for both will be in the range of 10<sup>-4</sup> to 10<sup>-6</sup> Sv/year. With reference to the long-term consequences of HLW and spent fuel disposal in rock salt a number of sensitivity



analyses were performed in the framework of the German R&D-programme. Based on the findings the key parameters for research and development for HLW disposal in rock salt were identified:

- convergence of underground cavities and disposal rooms,
- volume of brine pockets to be expected,
- permeability and porosity of geo-barriers,
- permeability of underground sealing dams,
- time span to be considered for brine intrusions,
- $k_d$ -values of parts/sections of the geosphere,
- groundwater flow in overlaying strata.

Additional studies were performed with a view to creating a central repository in a salt dome for the disposal of all radioactive waste categories (BUHMANN et al. 1991). Among other things dissolver sludges, decommissioning waste as well as structural parts and secondary wastes from the conditioning of spent fuel elements were considered as ILW. It was presumed that HLW would be emplaced in boreholes, spent fuel in drifts, and ILW in galleries or in boreholes in special disposal sections, apart from heat-producing wastes (see Fig. 1). Due to the great amount of heat-producing HLW, the rock salt will be effected in such a way that the volume convergence of the underground cavities will increase and open voids near HLW disposal sections will close more rapidly. If the design of a radioactive waste repository in rock salt takes advantage of these rock mechanical aspects brine is unlikely to reach the HLW disposal sections. In this case the possibility of radionuclide releases from HLW will be limited and so, too, will unlikely events such as an early and large brine intrusion. This applies in particular if all waste categories are emplaced commonly in disposal drifts and the inventory of ILW is mobilised first due to of the limited quality of the technical barriers.

### **ILW-Disposal in Argillaceous Formations**

A number of countries have pre-selected argillaceous formations for the construction of LLW and ILW repositories. In France such rock formations are also being investigated for HLW disposal. In Germany the 'to be licensed' repository KONRAD for non-heat generating waste will be constructed in the Oxford formation of the Upper Jurassic at a depth of 800 to 1300 m. The geological barrier is formed almost entirely by claystones and is up to 900 m thick. Due to these site conditions the mine is extremely dry. Because of the mechanical properties of the rock mass and the great depth, disposal drifts can only be of a limited size. This is – besides waste-specific and waste management arguments – a site-specific reason why this repository was planned for self-shielding waste only. The size of the various loading stations and travelling ways are not wide enough to accommodate the necessary shielding devices for the handling and disposal of large waste volumes. In order to comply with the occupational dose limits of the German radiation protection regulations various types of concrete,

## LWR-SF      HLW      HTR-SF and ILW

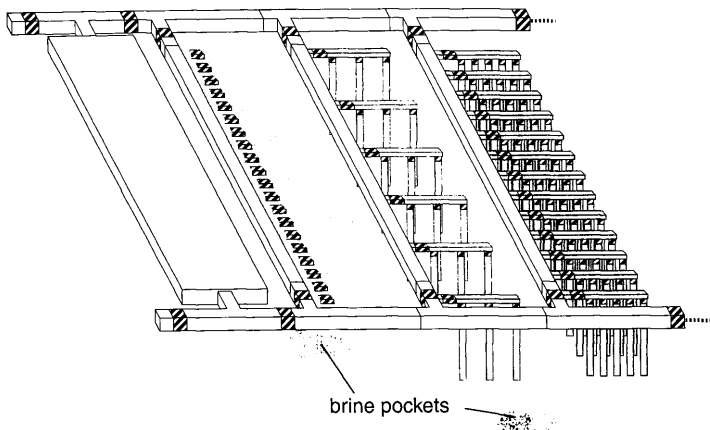


Fig. 1 Schematic concept of a repository for HLW, spent fuel and ILW in salt formations

1. ábra. A nagyaktivitású radioaktív hulladék, az elhasznált fűtőelemek és a közepes aktivitású radiokatív hulladék só formációkban történő elhelyezésének elvi modellje

cast iron and normal 5 ft and 10 ft containers have been selected for LLW and ILW. The containers will be emplaced in 40 m<sup>2</sup> wide drifts by means of the stacking technique. The remaining open space will be backfilled before the drifts are sealed off.

The long-term safety assessment of the repository is based on a hydrogeological model covering an area of 40 km from north to south and 14 km from east to west (STORCK 1988). The hydraulic rock parameters and, in particular, the rock mass conductivity were either directly measured or determined from geological analogues. From the experiences gained in the KONRAD mine itself and in the entire mining district of Salzgitter, it was concluded that a considerable water intrusion will not occur during the operational phase. After shutdown the repository will slowly be filled with high saline, deep groundwater and this will take up to several thousand years. Only then will the regional groundwater flow become effective again, but at a greater depth. Due to the uniform geological structure and the absence of deep cutting tectonic faults only three possible pathways were identified for radionuclide transport (these are shown in Fig. 2). After shutdown of the repository the total radionuclide inventory will amount to 10<sup>6</sup> TBq, of which 97% will be beta/gamma- and 3% alpha-emitters. Iodine-129 amounts to 0.15 TBq. Although the density of the high saline groundwater was not taken into account, the calculated groundwater travelling times ranged from 0.3 to 1.1 million years. The calculation of individual doses as a function of time

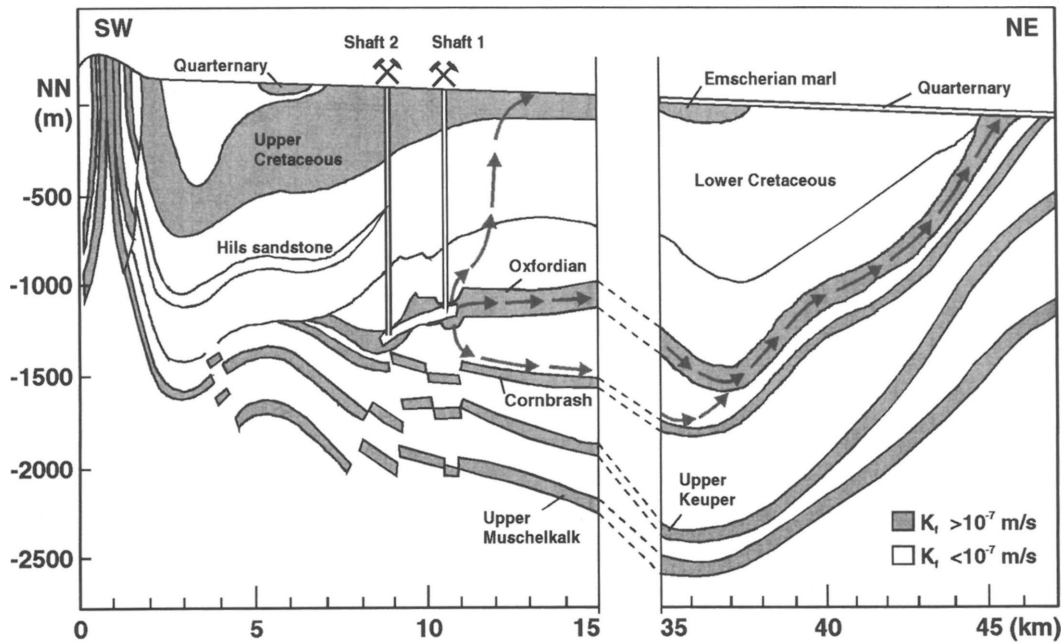


Fig. 2 Konrad site: Geological cross section and identified travel pathways

2. ábra. Konrad telephely: földtani szelvény és áramlási útvonalak

proved that for up to 10 000 years and more there will be no contamination of the biosphere. Hypothetical calculations for individual radionuclides revealed that after more than 300 000 years Iodine-129 could cause some minor exposure in a range which is a natural level of exposure to man.

It has to be stressed that due to the most favourable site conditions, the great depth and the almost complete lack of groundwater in the mine, major side effects will not occur. In particular, the corrosion of containers and waste is of no great importance in the operational phase of the repository. In the post-operational phase corrosion gases (which may be generated as a consequence of water seepage into the disposal drifts) can migrate along the excavation damage zone so that no gas pressure build up has to be considered. This may be completely different at other sites with larger volumes of groundwater present or freely available from adjacent rock masses. However, for a repository taking advantage of the 'dry' site conditions, adequate backfilling and sealing measures in drifts and shafts are of utmost importance in order to preserve these conditions for as long as required.

### Waste disposal in granitic formations

In many European countries granite is the preferred host rock formation for the disposal of HLW and this has been explored in great detail. In Germany granitic formations have not been explored to any great extent. However, Germany (BGR, GRS) has been participating in underground repositories at Grimsel and Äspö since 1983 and 1995, respectively. In addition a study was performed (GEISHA) in order to compare the most relevant data and processes of the two disposal concepts (rock salt, granite) from the view point of PA (PAPP 1997). In this context the following aspects were considered:

- site investigation,
- backfilling and sealing,
- repository design,
- geochemistry,
- long-term safety.

On these basis and an understanding of various systems, first conceptual models and numerical tools for a long-term safety assessment of an HLW repository in granitic formations have been developed in Germany. In the EC-funded project „Spent fuel performance assessment (SPA)“, a long-term safety assessment study for a repository in a granitic formation (based on the above mentioned preliminary concept) has been performed (LÜHRMANN et al. 2000). For the repository design, engineered barriers and the geological situation assumed to demonstrate the long-term safety of the repository system. As shown in Fig. 3 the highest release and dose rates have been caused by the limited non-solubility and weakly absorption capacity of the radionuclides C-14, Cl-36, I-129, Cs-135 and Se-79 (but these rates remained well below the regulatory limits).

The study has shown that the near-field barrier is of significant importance for the long-term safety of the repository. Moreover, geotechnical barriers also

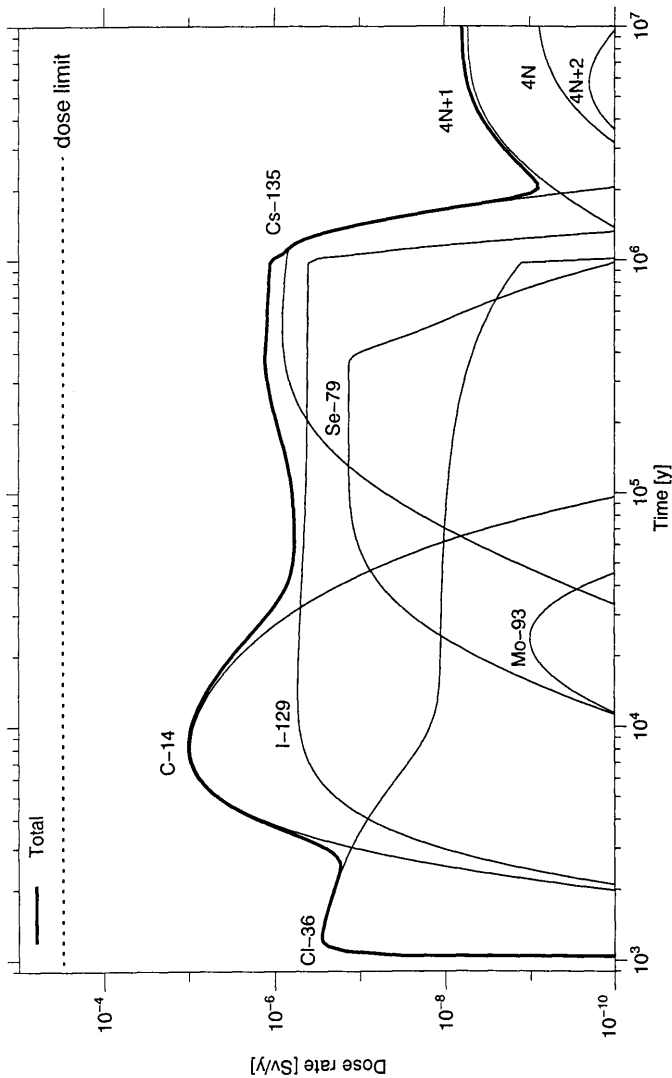


Fig. 3 Dose rates calculated for a reference scenario for a generic repository in a granite formation in Germany

3. ábra Radioaktív hulladékoknak gránitokban történő elhelyezése céljából referencia helyzetekre számított dózis-ráta időbeli eloszlása

require high financial inputs for development and construction. So a more detailed investigation of all processes which might influence the barrier function of the near-field barrier is necessary, it is intended that this investigation will be performed on the European level. The overall aim of the planned project is to enhance the modelling of the near-field barriers in order to reach a close-to-reality-level and to investigate the optimisation potential of the geotechnical barrier.

German scientists are participating in in-situ projects in granitic formations. With respect to the ongoing experimental work at Grimsel and Äspö respectively the following experiments should be mentioned:

- two-phase flow,
- geoelectrical measurements in the zone disturbed by excavation (EDZ),
- gas migration in geotechnical barriers (e.g. buffer, seals).

The main emphasis at the moment is on the development, characterisation and long-term performance of geo-barriers since, given the findings of from our projects GEISHA and SPA, it is apparent that these are the most important issues.

### **Backfilling and sealing concepts for underground waste repositories**

As outlined above, backfilling and sealing measures contribute substantially to the long-term safety of the underground waste repositories. For this very reason considerable R&D efforts are being made in various national waste-management programmes. In Germany several projects are in progress in both the site investigation programs of BfS and the basic R&D-programme of BMBF. For repositories in rock salt crushed salt is being investigated for its use as backfilling material in disposal drifts and boreholes. Although most of these experiments are run under a heat load, some results will also be achieved with respect to unheated disposal sections. The main concern is the compaction behaviour of such materials. The sooner high compaction is reached, the smaller the chance for intruding brines to come into contact with the waste. This mechanical process is mainly governed by the creep behaviour of rock salt ( and upon which depth and heat have an accelerating effect). In a specially mined repository for all waste categories the arrangement of heated and unheated disposal sections may have a highly positive effect on the long-term safety.

This favourable situation may differ due to site-specific geological features. For the LLW-repository MORSLEBEN (BfS 1995; BRENNECKE et al. 1997; EBEL 1991) – which is sited in a disused potash mine – a concept for backfilling and sealing is presently being developed. The mine has a total cavity volume of 7.6 million m<sup>3</sup> of which the southern part Bartensleben, with the disposal sections, makes up about 70%. In addition to 14 000 m<sup>3</sup> from former disposal operations about 40 000 m<sup>3</sup> of LLW will be disposed of by the end of the year 2000. For the various disposal sections with access drifts, adjacent travelling ways, internal shafts and boreholes the following alternatives are being investigated:

- isolation of the disposal sections from mine workings using dams made from highly compacted bentonite and placed at specific locations in the access drifts,

- enclosure of disposal chambers by backfilling of all the access drifts with qualified sand-bentonite mixtures,
- deceleration of brine extrusion by the backfilling of all drifts with porous sand gravel mixtures.

What is common for all three concepts is that some parts of the old mine will also be backfilled in order to stabilise the mine workings where necessary. By means of system analysis and performance assessment they have been evaluated for their effectiveness, advantages and disadvantages (STORCK & PREUSS 1997). It was shown that in principle each concept can ensure the long-term safety of the repository. However, some of the data sets used in the models need to be confirmed by laboratory and/or in situ experiments. This applies in particular to the use of highly compacted bentonite for dam constructions in a highly saline environment. Such experiments have already been started and will last for about three years.

With respect to the backfilling of shafts the BMBF together with the German potash mining company KALI + SALZ has just started a large scale field experiment in the disused potash mine SALZDETFURTH. The concept is to backfill a 770 m deep shaft with stabilising material in the bottom part and with a 40 m thick bentonite plug in the transition section to the covering rock strata. After construction the mechanic and hydraulic performance of the seal plug will be measured using direct and indirect methods. Without explaining in detail the various technical and scientific challenges, it has to be stated that this R&D project is of great importance for any kind of underground waste repository.

### Summary

The final disposal of low- and intermediate-level radioactive waste in deep geological formations has been tested and is being applied in some countries. Both the operational and post-operational safety concepts have been approved by the respective national licensing authorities. However, it has to be acknowledged that these repositories are either small in volume and activity, having an enlarged system of technical barriers, or they are situated in exceptionally dry rock formations. For a large-volume repository – and especially if the underground environment is basically wet – the disposal strategy might be different. Interactions of waste and waste containers with groundwater, as well as the generation and migration of gases, may be of particular concern. In such a case appropriate technical and geotechnical barriers have to be developed which take into consideration the barrier potential of the geological formations and the possible effects upon geochemical site conditions. These are very important issues, not only with respect to the long-term safety, but also for the construction and operating costs of an underground waste repository. This applies in particular to the design and construction of HLW- and SF-repositories.

## References

- BALTES, B. 1995: Sicherheitskriterien für Endlager, ATW, 95/3.
- BfS 1995: Morsleben Erfahrungen, Morsleben-Info, 3.
- BRENNECKE, P., KUGEL, K. & NOACK, W. 1997: Endlagerungsbedingungen Morsleben, ATW, 4.
- BUHMANN, D., BRENNER, J. & STORCK, R. 1995: Long Term Safety Assessment of Disposal Concepts for HLW and Spent Fuel in Rock Salt. – In: Proc. of the Fifth International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation (ICEM), Berlin, 03–09. 09. 1995, 617–623, Berlin.
- BUHMANN, D. 1996: Relevance of near field and far field effects to the release of radionuclides from repositories with low level waste. – Intern. Symp. on Experience in the Planning and Operation of Low Level Waste Disposal Facilities, 405–416, IAEA, Vienna, 17–21. June.
- BUHMANN, D., NIES, A. & STORCK, R. 1991: Analyse der Langzeitsicherheit von Endlager-konzepten für wärmeerzeugende radioaktive Abfälle. – *GSF-Bericht* 27/91. GSF - Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit mbH, Braunschweig.
- DECAMPS, F. 1996: Overview of radwaste repositories in Europe. – *Nuclear Europe Worldscan*, 3/4.
- EBEL, K. 1991: Das Endlager Morsleben für LLW und MAW, ATW, 11.
- GSF 1982: The Asse Salt Mine - Research for the Final Disposal -, GSF München.
- HIRSEKORN, R.-P., NIES, A., RAUSCH, H. & STORCK, R. 1991: Performance Assessment of Confinements for Medium-Level and Alpha-Contaminated Waste (PACOMA), Rock Salt Option, EUR 13 634 EN. – *GSF-Bericht* 12/91, Kommission der Europäischen Gemeinschaften, GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Brüssel-Luxemburg.
- IAEA 1991: Shallow Ground Disposal of Radioactive Wastes. A Guidebook. – *Safety series* 53, Vienna.
- LÜHRMANN, L., NOSECK, U., STORCK, R. 2000: Spent Fuel Performance Assessment (SPA) for a Repository in Crystalline Formations in Germany, GRS Nr-154, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH, Braunschweig.
- PAPP, R. 1997: GEISHA - Gegenüberstellung von Endlagerkonzepten in Salz und Hartgestein. FZKA-PTE Nr. 3, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe.
- Posiva Oy 1996: Nuclear Waste Management of Olkiluoto and Loviisa Power Plants, annual review.
- RÖTHEMEYER, H. 1994: Langzeitsicherheit von Endlagern, ATW, 2.
- STORCK, R. 1988: Performance Assessments for the Disposal of Low-level Wastes into an Iron-Ore Formation. – In: Near Field Assessment of Repositories for Low and Medium Level Waste, Proceedings of an NEA/OECD Workshop, Organization for Economic Co-Operation and Development, Paris.
- STORCK, R. & PREUSS, J. 1997: Langzeitsicherheitsnachweis für das erste bundesdeutsche Endlager Morsleben, *Felsbau*, 15/6.
- STORCK, R., ASCHENBACH, J., HIRSEKORN, R.P., NIES, A. & STELTE, N. 1988: Performance Assessment of Geological Isolation Systems for Radioactive Waste (PAGIS): Disposal in Salt Formations. EUR 11 778 EN *GSF-Bericht* 23/88. Commission of the European Communities, Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München, Brussels-Luxembourg.
- VIRA, J. 1994: Disposal of radioactive wastes from the Finnish nuclear power plants. – *Kerntechnik* 59/1–2.
- WITHERSPOON, P. A. 1996: Geological Problems in Radioactive Waste Isolation, LBNL-38915, UC-814.



# U–Th series disequilibrium studies on Boom Clay – A natural analogue of radionuclide migration in argillaceous sediments

## A nemegyensúlyi U-Th sorozat tanulmányozása a Boomi Agyagban – a radioaktív elemvándorlás természetes analógiája agyagos üledékekben

Mieke DE CRAEN<sup>1</sup> – Dominique DELLEUZE<sup>1</sup> – Geert VOLCKAERT<sup>1</sup> –  
Alain SNEYERS<sup>1</sup> – Martin PUT<sup>1</sup>  
(4 Figures, 1 Plate)

*Key words: natural analogue, argillaceous formation, U-Th series disequilibrium studies*

*Tárgyszavak: természetes analógia, agyagos képződmény, nemegyensúlyi U-Th sorozat tanulmányozása*

### Abstract

In 1996 the Belgian Nuclear Research Centre (SCK•CEN) started a natural analogue study on Boom Clay. The aim of this study is to increase confidence in the barrier function of argillaceous sediments by investigating long-term geological processes. A detailed mineralogical and geochemical investigation enables a study to be made of the natural distribution of the uranium and thorium in the clay deposit. U-Th series disequilibrium studies are applied to study the mobility of U-Th-Ra isotopes in Boom Clay. The first results indicate that variations in U-Th concentration are mainly primary in origin, and relate to lithological variations. No indication for radionuclide mobility has been observed in Boom Clay, with the exception of one layer with a coarser grain size, and therefore, it is a zone of potentially higher permeability and pore water mobility.

### Összefoglalás

A Belga Atomkutató Központ (SKC•CEN) 1996-ban kezdett bele a természetes analógia kutatásba a Boomi Agyagban. A kutatás célja az agyagos üledékek gátként való viselkedésének további megerősítése hosszú távú geológiai folyamatok tanulmányozása által. A részletes ásványtani és geokémiai kutatás lehetővé teszi az urán és a tórium természetes eloszlásának tanulmányozását az agyagban. A nemegyensúlyi U-Th sorozat tanulmányozása lehetővé teszi az U-Th-Ra izotópok mozgásának megfigyelését a Boomi Agyagban. Az első eredmények arra utalnak, hogy az U-Th koncentrációkban fellépő eltérések elsődlegesen a kőzet keletkezésekor jönnek létre, és kőzettani változatokhoz kapcsolódnak. A Boomi Agyagban nincs jele radioaktív elemvándorlásnak, egy durvább szemcseméretű, valószínűleg permeábilisabb és pórusvízzel átjárt réteg kivételével.

### Introduction

In establishing the suitability of a geological site for the disposal of radioactive waste, it is essential to consider the potential mobility of critical radionuclides

<sup>1</sup> Belgian Nuclear Research Centre (SCK•CEN) Waste and Disposal Department, Boeretang 200, B-2400 Mol - Belgium

under representative geological conditions. This information is mainly derived from experiments in the laboratory or field tracer tests. However, these experiments can only provide information which is limited in time and space.

The extrapolation of small-scale and short-term experiments to large-scale and long-term conditions is not obvious. Therefore, any evidence for the long-term safety of the repository derives from natural analogue studies; these which are important for building confidence in long-term performance assessment. Such a study allows information to be obtained with respect to the long-term behaviour of radionuclides in realistic geological disposal conditions and over geological time-periods relevant for the assessment of the safety of the disposal.

The Belgian Nuclear Research Centre (SCK•CEN) started a natural analogue study on Boom Clay in 1996. This study focuses on the distribution and mobility of naturally occurring U-Th decay series isotopes in Boom Clay. In this short study, the first results on the geochemical behaviour of U and Th and their daughter radionuclides in Boom Clay, within time scales less than 1 Ma, are presented.

### Geological setting and main characteristics of the Boom Clay

The Boom Clay was formed during the Rupelian, Lower Oligocene, in an open marine shelf environment, 50 to 150 m deep (VANDENBERGHE & VAN ECHELPOEL 1987). At present, the Boom Clay is situated in northern Belgium (Fig. 1).

The Boom Clay is characterised by a rather constant chemical and mineralogical composition throughout (VANDENBERGHE 1978). Variations in grain size, organic matter, and carbonate content result in the typical layering of the deposit (Photo 1). The variations reflect changes in local tectonics, eustacy and climate, and are associated with Milankovitch cyclicity (VAN ECHELPOEL 1991).



Photo 1 Cyclic alternation of silty clays and clayey silts. Boom Clay quarry at Rumst, 30 km north of Brussels

1 foto Kőzetlisztes agyag és agyagos kőzetliszt ciklikus váltakozása a Boomi Agyag fejtésében Rumstnál, Brüsszeltől 30 km-re északra

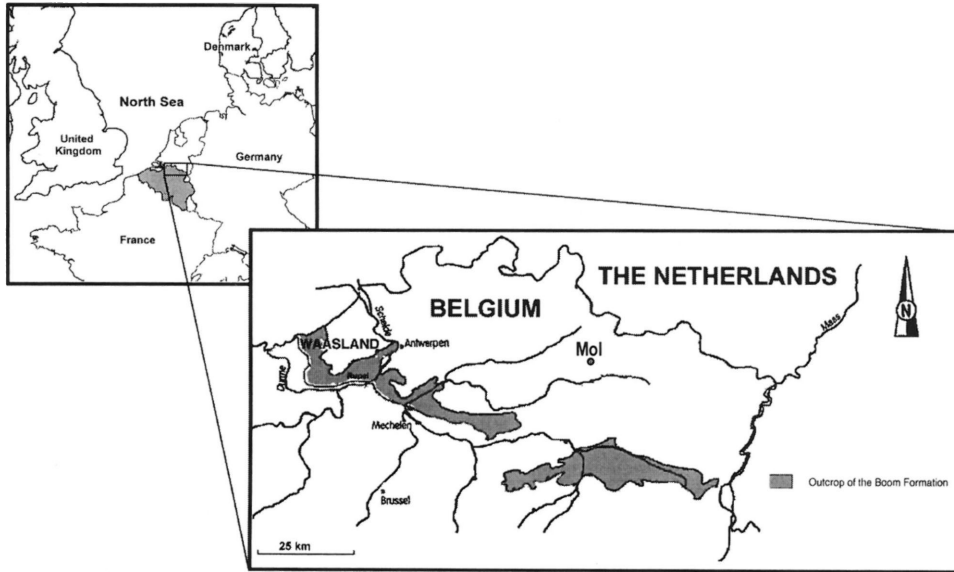


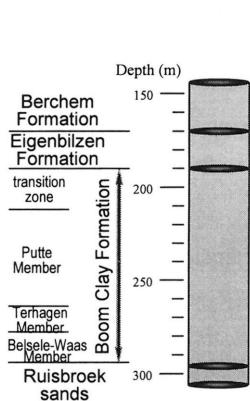
Fig. 1 Present-day outcrops of Rupelian Boom Clay in Belgium. To the north of the outcrops, the Boom Clay is present in the subsurface. The natural analogue study has been performed on samples from the Mol-1 borehole where the Boom Clay is present at a depth of 190 to 293 m

1. ábra A rupeli Boomi Agyag jelenlegi felszíni előfordulása Belgiumban. A feltárástól északra a Boomi Agyag a felszín alatt található. A természetes analógia kutatást a Mol-1 fúrás mintáin végezték, ahol a Boomi Agyag 190–293 m-ben található

## Methods

Samples were collected from the Mol-1 core drilling, performed for NIRAS/ONDRAF in April 1997 on the SCK•CEN domain (Mol, Belgium, see Fig. 1). The first set of samples (M-samples) was taken along the entire Boom Clay profile to determine the 'average' geochemical composition of the clay deposit. In addition, two samples were taken in the aquifers above and below the Boom Clay. For the selection of the second set of samples (MTP-samples) a particular interval was sampled in more detail because of its higher uranium concentration. This important geochemical change is present between 255 and 265 m depth in the Mol-1 borehole.

For analyses of the solid phase, about 250 g of the sample was dried, powdered and homogenised. The remaining part of the sample was used for pore water analyses, the pore water being extracted by squeezing.



### U-Th concentration

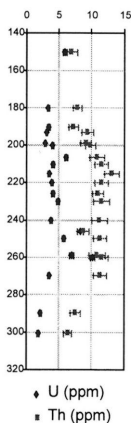


Fig. 2 U-Th concentrations in solid samples of the Mol-1 borehole (SCK•CEN domain, Mol, Belgium)

2. ábra U-Th koncentráció a Mol-1 fúrás szilárd mintáiban (SKC•CEN kutatási terület, Mol, Belgium)

So far only solid phases have been analysed. U and Th isotopes were measured by isotope dilution/alpha spectrometry and Ra isotopes were measured using non-destructive gamma spectrometry methods. The methodology is described in detail by CUTTELL (1983), LALLY (1992) and IVANOVICH & MURRAY (1992).

## Results and discussion

### *U-Th distribution in Boom Clay*

In order to study the U-Th distribution in Boom Clay, U and Th concentrations have been measured in solid samples of the Mol-1 borehole. The results are presented in *Figure 2*.

Bulk Boom Clay samples typically contain between 9 and 12 ppm Th while the U concentration is generally in the range of 3 to 4 ppm. The general shape of the U-Th concentration profiles reflects decreasing U and Th concentrations towards the upper and lower stratigraphic levels of the Boom Clay. Superimposed on the general shape, a few peaks of higher U or Th concentration can be recognised. The most important level with higher U concentration, containing up to 13 ppm U, occurs at the base of the Putte Member (*Fig. 2*).

The variations in U and Th concentration in the Boom Clay profile mainly reflect lithological variations in the deposit and may be considered to be primary in origin. Th is mainly absorbed into clay minerals, although few Th-bearing heavy minerals have been observed as well. U is associated with organic matter, carbonates, pyrite, and U-bearing heavy minerals (YOSHIDA et al. 1991). However, towards the upper and lower stratigraphic levels of the Boom Clay, the influence of the over- and underlying aquifers might also have influenced the distribution of uranium. Groundwaters in these aquifers have probably interacted with the adjacent Boom Clay layers and hence, over long periods of time, have redistributed or removed some of the original uranium.

### *U-Th series disequilibrium studies*

U-Th series disequilibrium studies have been performed to study the mobility of natural U and Th in the Boom Clay on a geological time scale. The radiοchemical data of the solid samples of the Mol-1 borehole are presented in *Figure 3*. The error bars in the figure represent  $2\sigma$  standard deviation uncertainties due to counting statistics only.

In the entire Boom Clay profile, the  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  activity ratios are all close to unity within the  $2\sigma$  uncertainty, although there might be some evidence for  $^{234}\text{U}$  excess in some samples. The  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  data are complemented by the  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  activity ratios; these are generally indicative of radiometric equilibrium although some ratios are rather low (ratios between 0.8 and 1). Such low  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  activity ratios are indicative of 'geologically recent' U uptake from the pore water, meaning that local mobile U has been immobilised. The  $^{234}\text{U}$  excess in these precipitates can be explained by  $\alpha$ -recoil. Pore water is often characterised by  $^{234}\text{U}$  excess as a result of  $\alpha$ -recoil, either by recoil injection into surrounding fluids or by injection into neighbouring solids, followed by leaching (FLEISHER 1988). After the uranium has been immobilised, the precipitate will be in equilibrium with the pore water, and hence it will also have  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  activity ratios  $> 1$ .

From the  $^{226}\text{Ra}/^{230}\text{Th}$  activity ratios, it is apparent that Ra isotope mobility in Boom Clay is considerably more widespread than that of U. Although the uncertainties of Ra activities are rather large, significant variations in  $^{226}\text{Ra}/^{230}\text{Th}$

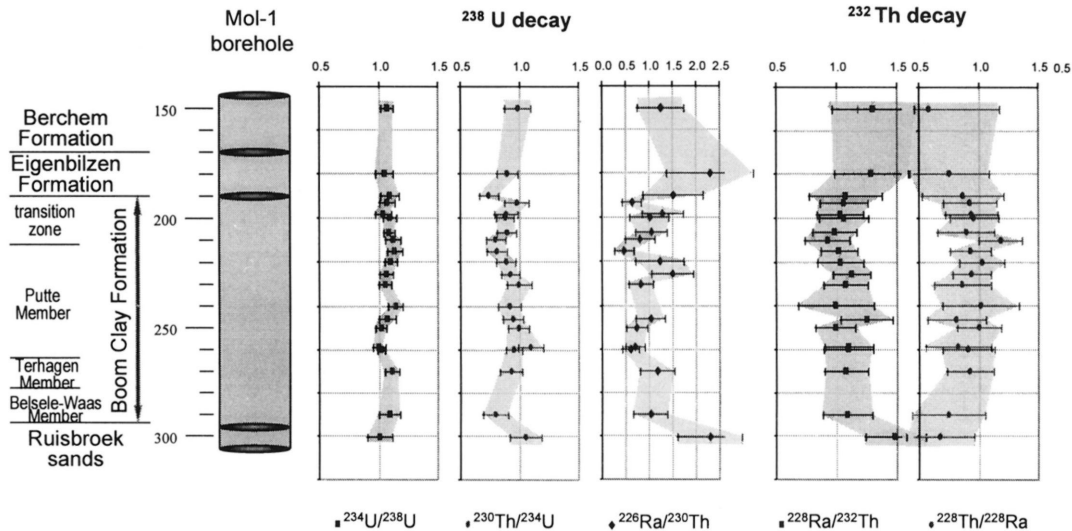


Fig. 3 Isotope activity ratios for isotopes of the  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  decay chains in solid samples of the Mol-1 borehole (SCK•CEN domain, Mol, Belgium)

3. ábra Az  $\text{U}^{238}$  és  $\text{Th}^{232}$  bomlási sor izotópjaira vonatkozó izotóp aktivitási arány a Mol-1 fúrás szilárd kőzetmintáiban (SCK•CEN kutatási terület, Mol, Belgium)

activity ratios can be recognised. These variations seem to be lithology controlled.  $^{226}\text{Ra}$  deficiency in the most silty layers is explained by the preferential loss of  $^{226}\text{Ra}$  within these more permeable layers. Migration into the neighbouring clayey layers was quickly followed by sorption or redeposition of  $^{226}\text{Ra}$ .

For the  $^{232}\text{Th}$  decay series isotopes of Boom Clay samples, a state of secular equilibrium is generally present between  $^{232}\text{Th}$  and its daughter isotopes  $^{228}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Th}$  within the large  $2\sigma$  uncertainties. This means that the geological system has been rather stable for  $^{228}\text{Ra}/^{232}\text{Th}$  and  $^{228}\text{Th}/^{228}\text{Ra}$  pairs.

In the Eigenbilzen Formation and the Ruisbroek sands, respectively over- and underlying the Boom Clay, the  $^{226}\text{Ra}/^{230}\text{Th}$  activity ratios are indicative of a large disequilibrium between  $^{226}\text{Ra}$  and its parent  $^{230}\text{Th}$ .  $^{226}\text{Ra}/^{230}\text{Th}$  activity ratios as large as 2.3 have been measured and either suggest the loss of  $^{230}\text{Th}$  in the aquifers, or accumulation of  $^{226}\text{Ra}$ . However, from the  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$  activity ratios  $> 2$ , it is clear that Ra accumulation occurred within the lithologies over- and underlying the Boom Clay. Significant departures from unity are also observed for the  $^{228}\text{Ra}/^{232}\text{Th}$  and  $^{228}\text{Th}/^{228}\text{Ra}$  activity ratios.

An interesting observation is that the variations in total U and Th concentrations are not reflected in the isotope activity ratios. A detail of the U-rich interval at the base of the Putte Member (Mol-1 borehole) is given in *Figure 4*. From this figure, it is clear that the U concentration at the base of the Putte Member is not associated with radioactive disequilibrium, suggesting that the U concentration was not the result of secondary processes, at least not within the last 1 Ma. Note that in the figure the results of one sample are missing – this was because they were lost due to pollution with drill-mud.

In *Figure 4*, one sample in the Boom Clay profile attracts the attention because of the large radiometric disequilibrium between U and its daughter isotopes. This sample, taken from the 'double band', has  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  activity ratios significantly  $> 1$ , and  $^{226}\text{Ra}/^{230}\text{Th}$  activity ratio significantly  $< 1$ . These data suggest that some isotopic fractionation has occurred. The 'double band' consists of two silty layers, and is considered to be a zone of higher permeability and pore water mobility. This probably caused the preferential leaching of uranium, as indicated by the  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  isotope activity ratio being significantly larger than 1. The  $^{226}\text{Ra}/^{230}\text{Th}$  isotope activity ratio of 0.69 also shows radiometric disequilibrium of  $^{238}\text{U}$  and its daughter isotope  $^{226}\text{Ra}$ . As with the uranium, pore waters moving preferentially along this permeable layer, leached out  $^{226}\text{Ra}$ .

## Conclusions

The distribution of U and Th in the Boom Clay is primary in origin. Variations in the U-Th concentration are mainly related to lithological variations: U is mainly associated with organic matter, carbonates, pyrite and some U-bearing heavy minerals, while Th is mainly absorbed into clay minerals.

Most daughter/parent activity ratios measured in bulk Boom Clay solid samples are equal to unity within the  $2\sigma$  quoted uncertainties. This means that no important mobility of the U-Th decay series isotopes has been determined in

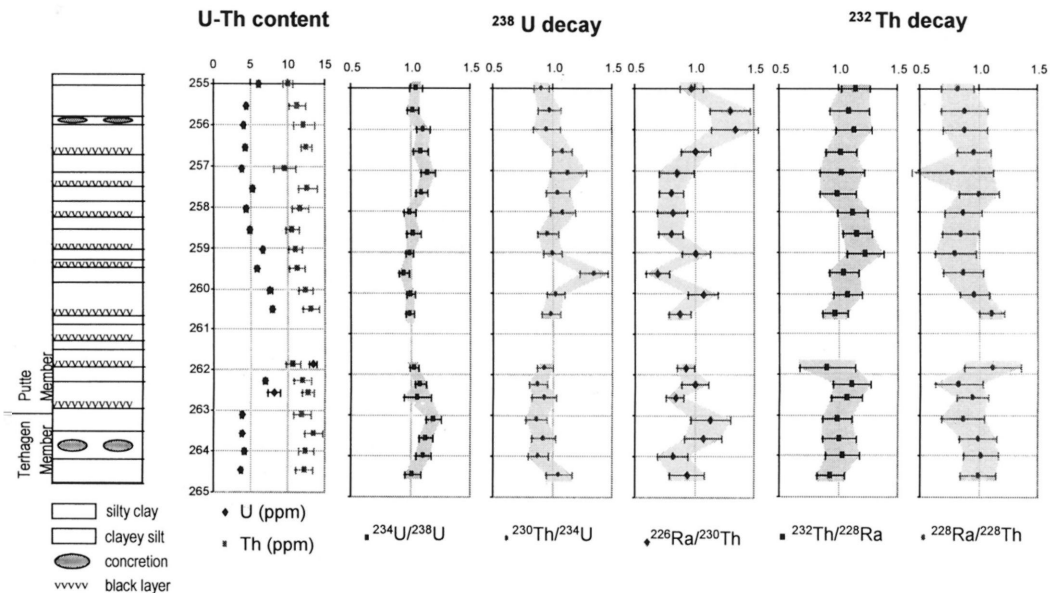


Fig. 4 U-Th concentrations in solid samples of the U-rich interval at the base of the Putte Member (Mol-1 borehole) and associated isotope activity ratios for isotopes of the  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  decay chain

4. ábra U-Th koncentráció a Putte Tagozat bázisánál lévő U-gazdag intervallum szilárd mintáiban (Mol-1. fúrás) és a  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  hasadási sor izotópjára vonatkozó, kapcsolódó izotóp aktivitási hányados.



the Boom Clay, at least for the last million years. One exception is present in the 'double band' which consists of two silty layers, and which is a zone of higher permeability and pore water mobility. This probably caused the preferential leaching of uranium and radium, as indicated by the  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  and  $^{226}\text{Ra}/^{230}\text{Th}$  isotope activity ratio, which is significantly larger than 1 and smaller than 1 respectively.

In the Eigenbilzen Formation and the Ruisbroek sands, aquifers over- and underlying the Boom Clay, respectively, there is some evidence of Ra mobility. This may be a result of pore water mobility and associated leaching of radionuclides in the aquifers.

This study gives a general picture of the distribution and mobility of U and Th in the Boom Clay. A next step is the investigation of separated mineral phases, in order to be able to understand better the distribution and mobility of U and Th on a microscale. Chemical sequential leaching separation will result in different phases (e.g. ion-exchangeable, absorbed, crystalline, amorphous Fe/Mn oxides, and resistant), from which the isotopic distribution can be subsequently measured. The latter will be refined by additional mineralogical and petrographical investigation and associated micro-analysis (e.g. optical microscopy, SEM, BSEM, EDX). Together with the results of the pore water analyses, these data should enable to better understanding of the distribution and mobility of U and Th in the Boom Clay.

### Acknowledgements

NIRAS/ONDRAF is gratefully acknowledged for the financial support it provided for this research. We acknowledge with thanks AEA Technology at Harwell, UK who carried out isotopic analyses under subcontract to Enterpris Limited. dr. M. IVANOVICH is to be thanked for the interesting discussions on the interpretation of the radiochemical data.

### References

- CUTTELL, J. C. 1983: Application of uranium and thorium series isotopes to the study of certain British aquifers. – University of Birmingham, Unpublished PhD Thesis in Geology, 269 p.
- FLEISHER, R. L. 1988: Alpha-recoil damage: Relation to isotopic disequilibrium and leaching of radionuclides. – *Geochim. Cosmochim. Acta* 52, 1459–1466.
- IVANOVICH, M. & MURRAY, A. 1992: Spectroscopic methods. – In: IVANOVICH, M. & HARMON, R. S. (Eds): *Uranium-series disequilibrium: Applications to Earth, Marine, and Environmental Sciences*. Second edition Chap. 5, 127–173. Clarendon Press, Oxford.
- LALLY, A.E. 1992: Chemical procedures. – In: IVANOVICH, M. & HARMON, R. S. (Eds): *Uranium-series disequilibrium: Applications to Earth, Marine, and Environmental Sciences*. Second edition Chap. 4, 95–126. Clarendon Press, Oxford.
- VANDENBERGHE, N. 1978: Sedimentology of the Boom Clay (Rupelian) in Belgium. – *Verhand. Kon. Acad. Wetenschappen België* 40, 147, 137 p.
- VANDENBERGHE, N. & VAN ECHELPOEL, E. 1987: Field Guide to the Rupelian Stratotype. – *Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie* 96/4, 325–337.

- VAN ECHELPOEL, E. 1991: Kwantitatieve Cyclostratigrafie van de Formatie van Boom (Rupeliaan, België) – De Methodologie van het onderzoek van Sedimentaire Cycly via Walshanalyse. Unpublished PhD. K. U. Leuven.
- YOSHIDA H., MONSECOUR, M. & BASHAM, I. R. 1991: Use of Microscopic Techniques in Migration studies on Boom Clay. – *Radiochimica Acta* 52/53, 133–138.

# Romanian LILW disposal – site selection, characterization and investigation programme

## Kis- és közepes radioaktivitású hulladéklerakó Romániában – telephely kiválasztási, jellemzési és kutatási program

Ion DURDUN<sup>1</sup> – Cristian MÁRUNTEANU<sup>2</sup>  
(3 Figures)

*Key words: Low and intermediate level radioactive waste, surface repository, geological barrier, site investigation*

*Kulcsszavak: kis- és közepes radioaktivitású hulladék, felszíni tároló, földtani gát, telephely kutatás*

### Abstract

The first reactor of the Cernavoda NPP was commissioned in 1996, but the radioactive waste programme started in 1992. Geological investigation works have been initiated to select and describe the location for a low and medium radioactive waste final disposal facility. The selection of a surface repository type has taken into consideration the experience of other countries, such as France and Spain, whose positive practice in this field is applicable in Romania as well. IAEA guidelines were also used in this process. The site selection process included 37 potential sites, 2–3 candidate sites and one preferred site (Saligny) and was based on specific criteria: lithological, tectonical, seismological, hydrogeological, climatic, transport facilities and public acceptance (DURDUN & MARUNTEANU 1997). Starting in 1996, a complex and detailed site and laboratory investigation programme has been in progress with the purpose of determining the characteristics of the site and selecting the best area for the construction of the disposal units.

### Összefoglalás

A Cernavoda Atomerőmű első reaktorát 1996-ban helyezték üzembe, de a radioaktív hulladék program már 1992-ben elkezdődött. A földtani kutatás célja a kis- és közepes radioaktivitású hulladékok végső elhelyezésére szolgáló telephely kiválasztása és jellemzése volt. A felszíni típusú tárolóra más országok, pl. Franciaország és Spanyolország tapasztalatainak figyelembevételével esett a választás, akiknek az ilyen területen szerzett gyakorlata Romániában is alkalmazható. Az eljárás során a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség irányelveit követték. A telephely kiválasztásakor 37 esetleges helyszínt, 2–3 lehetséges helyszínt és egy alkalmas objektumot (Saligny) választottak ki speciális kritériumok – kőzettan, tektonika, szeizmológia, hidrogeológia, klíma, szállítási lehetőségek és lakossági elfogadás – alapján (DURDUN & MARUNTEANU 1997). Az 1996-ban elkezdődött komplex és részletes telephely- és laboratóriumi vizsgálat programnak az a célja, hogy meghatározza a telephely jellegzetességeit és kiválassza a tárolóhely megépítéséhez legmegfelelőbb területet.

<sup>1</sup> Institute for Geotechnical and Geophysical Studies - GEOTEC Bucharest, Str. Vasile Lascar, No. 5–7, 70211, Bucharest, Romania, e-mail: geotec@pcnet.ro

<sup>2</sup> University of Bucharest, Str. Traian Vuia, No. 6, 70139, Bucharest, Romania, e-mail: cristian@gg.unibuc.ro

## Introduction

In 1992 geological investigation works were initiated in order to select and characterize the location for low and medium radioactive waste disposal.

The main advantages of a surface repository which were taken into consideration were: the possibility of long-term surveillance, a facility for simulating the migration of the specific radionuclides under relatively simple geological conditions, and the possibility of intervention in case of major accidents.

The region of Dobrogea was chosen for the repository and important advantages can be mentioned: the low rainfall as a factor reducing the spread in the environment of the specific radionuclides, and the relatively deep underground water level. Additionally, special consideration was given to the land adjoining the nuclear power plant because of the potential benefits of collocation, particularly in relation to reducing the potential burden of public acceptance and waste transportation requirements.

## Disposal system

The disposal system is based on the multi-barrier concept. The first barrier is formed by the immobilization matrix and the concrete container holding the drums. The second barrier is formed by the disposal structures, the cover and the infiltration control system. Finally, the third, or geological barrier is constituted by the surrounding land (the unsaturated zone and the red clay layer, for the preferred site). The new repository, to be built near the Cernavoda NPP site, will receive low and intermediate level waste from power plant operation and plant decommissioning.

## Site selection

The site selection process included 37 potential sites, 2–3 candidate sites and one preferred site (Saligny) and was based on specific criteria (lithological, tectonical, seismological, hydrogeological, climatic, transport facilities and public acceptance).

The site selection for the new repository was implemented according to the IAEA Safety Guide and the strategy for the selection and investigation of a surface repository. This followed the programme proposed by GEOTEC Bucharest, in collaboration with other institutions, and is presented in the *Figure 1*.

## Site investigation and evaluation

The new site (Saligny) was evaluated according to the IAEA Safety Guide. During the site confirmation stage, the following investigations were available:

## DOBROGEA REGION

AREA SURVEY  
STAGEREGIONAL MAPPING 1992

Geological map 1:200 000 – characteristic cross section

Tectonic map 1:500 000 – active faults and zones

COLLABORATION:

ROMANIAN GEOLOGICAL INSTITUTE, EARTH PHYSICS NATIONAL INSTITUTE

SCREENING 37 POTENTIAL SITES – SITE SELECTION PROCESS

3 CANDIDATE SITES: CERNAVODA, SALIGNY, MIREASA

CHARACTERISATION STAGE

GENERAL FIELD INVESTIGATION 1993–1994

3 drillings 1–2 refraction sections

laboratory tests, chemical and deuterium analyses

COLLABORATION: I.N.R. PITESTI, BUCHAREST UNIVERSITY, CITON (RENEL PROGRAMME

COORDINATOR), I.T.I.M. CLUJ

2 CANDIDATE SITES: CERNAVODA, SALIGNY

FIELD INVESTIGATION 1995–1996

Piezometric drillings with soil and water sampling

2 groups of 3 drillings with infiltrometric tests, electrometric network (300 m), refraction seismic and crosshole „in situ” tests on experimental areas in loessoid soils (compacted use or no admixtures)

Laboratory geotechnical tests, radionuclide migration test computing: water circulation in unsaturated soils

(SUTRA and SWMS-2D software), seismic response

COLLABORATION: I.N.R. PITESTI, BUCHAREST UNIVERSITY, CITON (RENEL PROGRAMME

COORDINATOR), ISPIF BUCURESTI, STEVENSON &amp; ASSOCIATES, KARLSRUHE UNIVERSITY

GUIDELINES: IAEA, ANDRA-FRANCE

1–2 SELECTED SITES – CERNAVODA, SALIGNY

1 PREFERRED SITE – SALIGNY – 1997

CONFIRMATION STAGE

DETAILED INVESTIGATIONS 1997–1998

- |   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| <p>1. Selection of the optimum perimeter for disposal cells – maximum thickness of unsaturated zone including red clay.</p> | <p>2. Stabilization of loessoid soils – experimental area to improve:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– bearing capacity</li> <li>– erosion resistance</li> <li>– retention capacity.</li> </ul> <p>Admixtures:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– cement</li> <li>– CONSOLID</li> <li>– bentonite.</li> </ul> <p>Static and dynamic characteristics of geological layers</p> | <p>3. Hydrogeological characteristics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. unsaturated zone – meteoric measurements.</li> <li>b. local aquifers inside aptian sandy lenses and eocene limestone</li> <li>– special piezometric drillings with permeability tests.</li> <li>c. main aquifer inside barremian limestone – special piezometric drillings with permeability tests.</li> </ul> | <p>4. Specific radionuclides migration tests in geological layers – Pitesti NRI collaboration.</p> |
|---|--|---|--|
5. Modelling of contaminated water circulation – CITON, NRI, Bucharest University collaboration Bucharest Technical University in order to approve the PRELIMINARY SAFETY ASSESSMENT

1 CONFIRMED SITE – SALIGNY

Fig. 1 LILW near surface repository for the Cernavoda NPP Geotec Investigation Programme

1. ábra A Cernavodai Atomerőmű kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékának felszínközeli tárolására vonatkozó Geotechnikai Kutatási Programja

### *Hydrogeology*

#### Unsaturated zone:

- water infiltration in natural and compacted loessoid soil by lisimetric measurement;
- permeability tests in boreholes and laboratory tests;
- suction tests on borehole samples.

#### Saturated zone:

- 50 drillings in the area for the identification of local aquifers and a main aquifer;
- permeability tests on each borehole;
- chemistry of the groundwater;
- 5 drillings for the measurement of the groundwater level in local aquifers;
- 3 drillings for Eocene aquifer;
- 5 specially equipped drillings measuring for the groundwater level in the main aquifers;
- estimation of groundwater flow velocity and direction;
- the inventory of water users;

### *Geoengineering*

- 30 drillings in loessoid soil to perform the compressibility zoning and evaluation of geotechnical parameters;
- experimental area in the field to improve the loessoid soil-bearing capacity, using admixtures;
- a seismic investigation crosshole programme to evaluate dynamic characteristics.

### **Compliance with safety criteria**

The compliance with safety criteria will be demonstrated using:

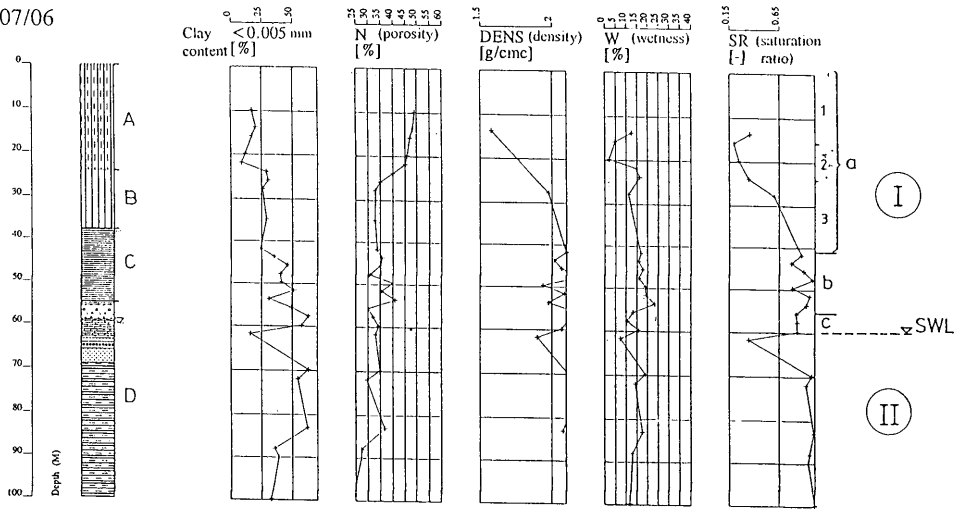
- computer models for safety assessment of the repository;
- laboratory measurements (natural and engineered barrier performances, solubility and sorption);
- field works (water infiltration rate, groundwater circulation and chemistry, humidity).

The following areas were addressed by laboratory-based experiments:

- solubility and sorption;
- geological media characteristics.

Consideration has been given to following field-based experiments:

- geology identification: (mineralogical and physic-chemical properties of the core samples);



LEGEND



Fig. 2 Variation of some physical properties of the soils in the drilling FC11

2. ábra Az FC11 fúrásból származó talajminták néhány fizikai tulajdonságának változása

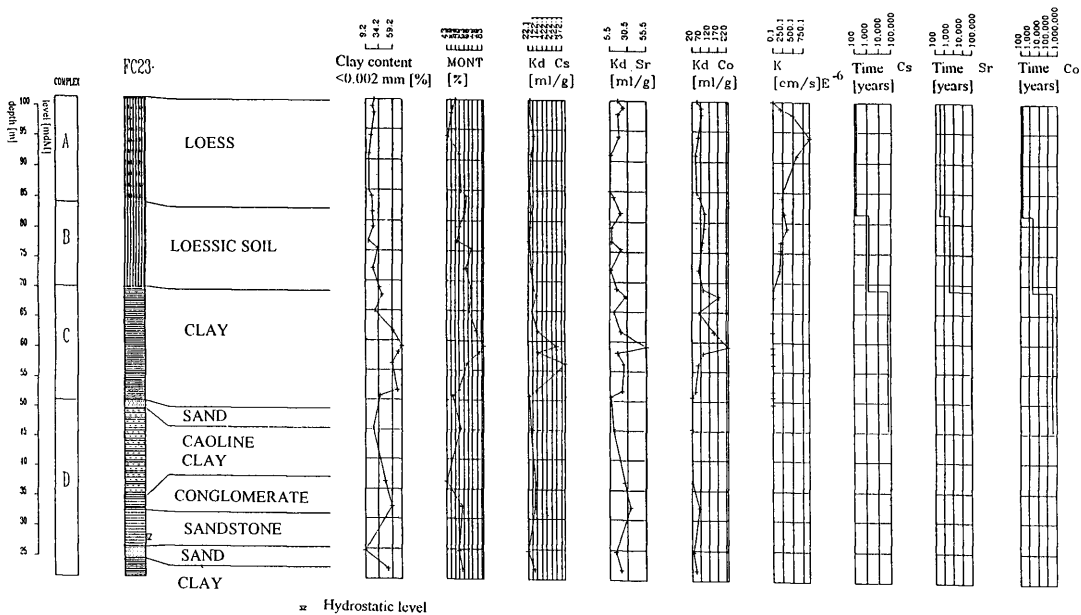


Fig. 3 Variation of some physical parameters of the geological formation and of the distribution coefficient for specific radionuclides in the drilling FC23

3. ábra A földtani képződmények néhány fizikai paraméterének és néhány radioaktív izotóp eloszlási együtthatójának változása az FC23-as fúrásban



- permeability/porosity: (porosity, pore size distribution, permeability and suction data of core samples); variations of some physical properties of soils in a drilling are presented in *Figure 2*;
- water infiltration in loessoid soils;
- underground water circulation test in main aquifer and local aquifer;
- improvement of bearing capacity and erosion resistance of the loessoid soil using compaction with admixtures.

### Computational modelling

The computational modelling was based on some modelling programmes:

- DUST (T. Sullivan, BNL - USA) for radionuclide migration modelling;
- SUTRA; CHAIN-2D and SWMS-2D for hydrogeological modelling.

The DUST code was included in the methodology for the safety evaluation of the repository. The code applicability for the source term „modelling” was verified. To increase, the level of confidence, a calibration phase was implemented.

An example of variation in the distribution coefficient for specific radionuclides and of some physical parameters of the geological formations is shown in the *Figure 3*.

Modelling of the near-field (unsaturated zone) was performed using as an input data an infiltration rate of 30% from the multiannual precipitation quantity and the mentioned computer models. It was estimated that Tritium will not reach the groundwater level in 300 years, both with a compacted loess pillow (3 m thickness) as foundation layer and in natural conditions (*Fig. 4*). Using water chemistry data, it was proved that the local aquifers are not linked.

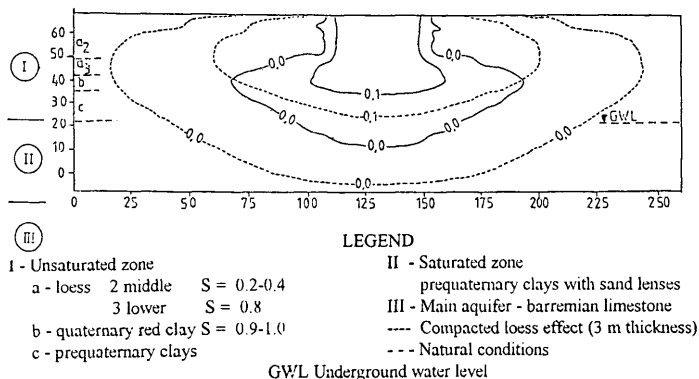


Fig. 4 Tritium migration after 300 years

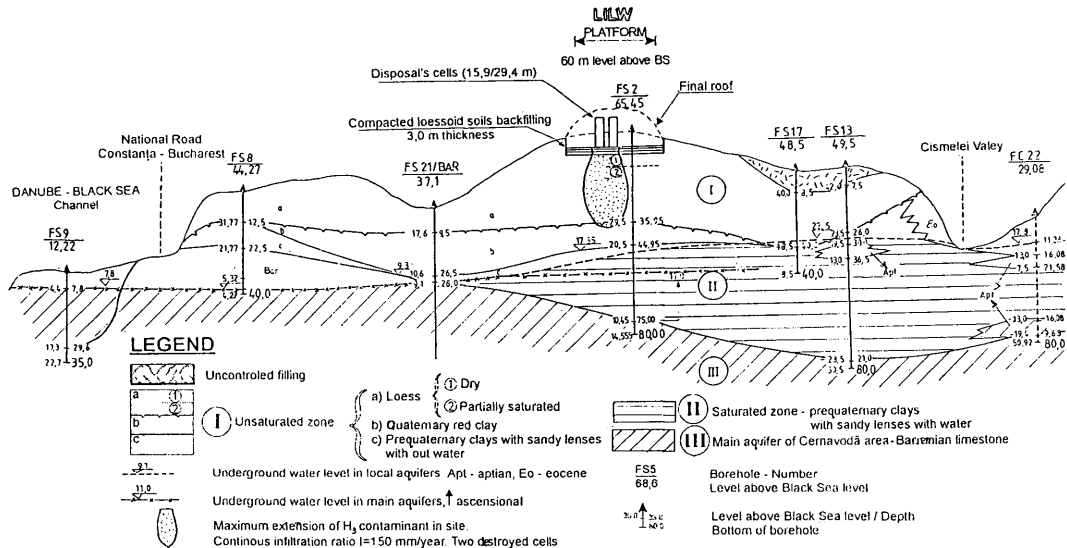


Fig. 5 Maximum extension of  $H_3$  contaminant in the Saligny site (CHAIN-2D software, transverse section)

5. ábra A  $H_3$  szennyeződéés maximális elterjedése a Saligny telephelyen (CHAIN-2D software, keresztmetszet)

The maximum extent of 3H contaminant in the Saligny site (CHAIN-2D software, transverse section) is also shown in the *Figure 5*, taking into consideration a continuous infiltration ratio of 150 mm/year and a scenario with two destroyed cells.

### Conclusions

Rather than conclusions, one result of our research which has to be emphasised is that the behavior of the geological environment as geological barrier must be considered an important criterion of acceptance for the facilities of a LILW repository.

### Reference

- DURDUN, I., MARUNTEANU, C. & GHEORGHE, A. 1997: On the radioactive waste final disposal in geological formations from Romania. Proceedings International Symposium "Engineering Geology and the Environment", Athens, Greece, June 23–27, 1997, 1799–1803, A. A. BALKEMA, 1997.



# International co-operation regarding site characterisation and site evaluation for geological repository systems for long-life radioactive waste

## Hosszú élettartamú radioaktív hulladékok földtani tárolórendszereinek telephely-jellemzésére és értékelésére vonatkozó nemzetközi együttműködés

Philippe LALIEUX<sup>1</sup>

*Key words: Radioactive waste, Disposal, site characterization, International co-operation*

*Tárgyszavak: Radioaktív hulladék, tárolás, tárolóhely jellemzés, nemzetközi együttműködés*

### Abstract

This general paper is principally aimed at providing examples of OECD Nuclear Energy Agency initiatives in the field of the characterisation and evaluation of potential sites for the geological disposal of long-life radioactive waste. The examples focus on the geoscientific aspects of geological disposal and the added value of addressing them in an international context. Most of the initiatives chosen have resulted, or will soon result, in open publications. Following introductory information on the OECD Nuclear Energy Agency, the paper also presents an overview of some of the key challenges that are, or will have to be, faced in the implementation of the geological disposal of long-life waste.

### Összefoglalás

Ez a cikk alapvetően az OECD Atomenergia Ügynökség példáit kívánja segítségül hívni a hosszú élettartamú radioaktív hulladékok földtani elhelyezése, a lehetséges telephelyek jellemzése és értékelése témában. A példák a földtani elhelyezés földtudományos oldalára összpontosítanak, amire jelentős pluszt ad az a tény, hogy a problémák nemzetközi összefüggésben kerülnek terítékre. A választott példák többsége már megjelent, vagy a közeljövőben jelenik meg publikációként. Az OECD Atomenergia Ügynökségről szóló bevezető után a cikk egy áttekintést is közöl azokról a legfontosabb problémákról, amikkel a hosszú élettartamú hulladékok földtani elhelyezése kapcsán szembesülhetünk.

### Radioactive waste management at the NEA

The Nuclear Energy Agency (NEA) is a semi-autonomous body which was established in 1958 within the framework of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). NEA membership today consists of 27 countries and represents 85% of the world's installed nuclear capacity.

<sup>1</sup>OECD Nuclear Energy Agency, Radiation Protection and Waste Management Division

The primary objective of the NEA is to promote co-operation among the governments of its member countries in furthering the development of nuclear power as a safe, environmentally acceptable and economical energy source. This is achieved notably by:

- encouraging harmonisation of national regulatory policies and practices (with particular reference to the safety of nuclear installations) protection of human against ionising radiation, the preservation of the environment, radioactive waste management, and nuclear third party liability and insurance;
- assessing the contribution of nuclear power to overall energy supply;
- developing exchanges of scientific and technical information, particularly through participation in common services;
- setting up international research and development programmes and joint undertakings.

In these and related tasks, the NEA works in close collaboration with the European Commission (EC) and the International Atomic Energy Agency (IAEA).

The work of the NEA in the area of waste is guided by the Radioactive Waste Management Committee (RWMC), a forum of senior representatives from implementing agencies, regulatory authorities, policy-makers and relevant R&D institutions. The cross-party representation of industry, safety authorities, and governmental policy bodies, and the wide range of expertise it musters amongst the NEA Members countries, make the RWMC a uniquely placed international forum for addressing issues in radioactive waste management. The Committee assists Member countries by providing objective guidance on the solution of radioactive waste problems, and promotes safety in the short- and long-term management of radioactive waste. The focus of the RWMC effort is on the identification and pursuit of issues in which there is pan-national interest and which are important for developing sufficient confidence in the safety and social acceptability of waste management options.

In recent years, the programmes under auspices of the RWMC have focused on both technical and non-technical aspects of the deep geological disposal of long-life radioactive waste. The rationale for this focus is multiple:

- considerable experience exists in the handling, treatment, transportation and storage of all types of waste,
- disposal facilities for short-life waste are already in operation in many countries, at surface level such (as at the El Cabril and the Centre de l'Aube facilities in Spain and France respectively), or in shallow underground facilities (such as in Forsmark, Sweden (SFR) and at Olkiluoto (VLJ) and Loviisa in Finland),
- geological disposal of high-level, long-life waste has not been implemented yet, apart from one notable exception: the Waste Isolation Pilot Plant (WIPP) located in New Mexico (United States), where transuranic waste has been disposed of since March 1999 in bedded salt at a depth of 650 m; and
- the technical confidence in the long-term safety and feasibility of geological disposal is not always shared by other stakeholders, in particular the general public.

### **Key challenges related to the geological disposal of high-level, long-life waste**

This paper does not intend to detail all actual and potential, technical and non-technical challenges that are, or will have to be, faced in the various decision-making and implementing steps of geological disposal. However, in order to put the specific geoscientific aspects of disposal into perspective, it is worthwhile summarising some of these key challenges.

In recent years, waste management programmes have focused on the technical aspects of deep underground disposal of long-life radioactive waste. Today, a consensus exists between experts in various countries which accepts that sites can be properly identified and characterised, that geological repositories can be designed so that no short-term detriment to populations will result from the waste disposal, and that an acceptable level of safety is provided for times far into the future (OECD/NEA 1991, 1999a). There also exists a consensus, among the experts, that the current generation, which has benefited from the nuclear energy produced, should provide future generations with the means to dispose of the waste permanently (OECD/NEA 1995). Recent setbacks in disposal programmes have not been based on technical arguments, but rather political and societal aspects. The waste management community must therefore find new ways to address the concerns of all stakeholders in the repository development process. Among the general strategic challenges linked with the above consideration are the following:

- the establishment of, and confidence-building in the entire step-wise process of decision-making; this should take into account technical aspects of repository development and more qualitative arguments, as well as consider the active involvement of all stakeholders, including the general public;
- the assessment of the place of waste disposal within the broader debate on environmental and sustainability issues, including the demonstration that safe and environmentally acceptable strategies can be applied;
- the comparison of the principles of radioactive and non-radioactive waste management and of the evaluation of their impacts; and
- the evaluation of the impact of financial pressures on waste management programmes - e.g. due to deregulation of electricity markets - as well as the impact of waste management on the continued economic sustainability of nuclear power.

From a more technical point of view, some of the key challenges could be synthesised as follows:

- the establishment of technical confidence in long-term safety assessment in the presence of uncertainties inherent in natural systems and very long time-scales;
- the adequate consideration of the interfaces between the various natural and man-made components of the repository system; and
- the appropriate consideration of site-specific geoscientific information in the preparation of a safety case; this includes (i) the avoidance of over-conservatism which may lead to the effective disregard of the geosphere as a barrier, and also

to bias in the sensitivity analysis, and (ii) the use of large amounts of „soft” information\*.

## NEA initiatives regarding site characterisation and evaluation

### *Introduction*

A large proportion of NEA initiatives regarding geological disposal site characterisation and evaluation has been conducted under the auspices of the Co-ordinating Group on Site Evaluation and Design of Experiments for Radioactive Waste Disposal (SEDE); this operates under RWMC guidance. The main aim of SEDE work could be summarised as the promotion of actions that enhance confidence in the process of site characterisation, leading to site evaluation and the determination of site suitability. This is in the general framework of the assessment of the long-term safety of deep repository systems for radioactive waste. Most SEDE activities are closely linked with those of the NEA Performance Assessment Advisory Group (PAAG).

As most national programmes are shifting from a research phase to a development and demonstration phase for potentially suitable sites, at the SEDE level the following needs have arisen:

- to emphasise the development of relevant activities to the end-use of site characterisation – i.e. site evaluation and performance assessment – therefore, to foster co-operation between site characterisation and safety-analysis specialists on the basis of site-specific geoscientific information;
- to integrate design and construction issues, given that site characterisation data are vital to the detailed design of the repository concept and of the engineered barrier system; and
- to consider the interfaces between the various components of the repository system and their interactions with the geosphere.

In order to reflect the needs and questions detailed above, the SEDE concentrates its priorities and initiatives on three specific areas:

- underground testing;
- roles of the geosphere in safety assessment; and
- interface between the geosphere and the engineered barrier system.

Furthermore, a specific application of the above working areas has been developed in the field of argillaceous media under the auspices of the SEDE Working Group on Measurement and Physical Understanding of Groundwater Flow Through Argillaceous Media (informally named the „Clay Club”).

---

\* „Hard” data are quantitative measurements that have a clear relationship to disposal safety-relevant features and processes represented in assessment models (e.g. hydrogeological data from the testing in boreholes and tunnels). „Soft” data include both qualitative information (such as expert judgement and geological experience) and also quantitative information that is either weakly correlated to the attributes of interest in assessment models (e.g. geophysical and geochemical data), or describes the attribute of interest through constitutive equations (e.g. hydraulic heads to hydraulic conductivity).



### *Underground testing*

The main aims of the activities related to underground testing for geological disposal are to build confidence in *in-situ* characterisation methodologies, and to lend further technical support to testing programmes.

#### *International Stripa Project*

One of the most significant activities developed in this area under NEA auspices was the International Stripa Project, which ran from 1976 to 1992. Nine countries co-operated on this underground research laboratory project. The latter was established in the former iron mine of Stripa, located in Sweden at depths between 360 and 410 m, in granitic settings. Among the project outcomes were (OCD/NEA & SKB 1993):

- the development of characterisation techniques (e.g. borehole radar and seismics);
- the underscoring of the importance of matrix diffusion for radionuclide retardation and of groundwater flow channelling;
- the performance of single fracture and 3D tracer tests; and
- the development of sealing systems for disposal holes and galleries.

The NEA is not currently carrying out an underground research project. However, the NEA „Clay Club“ served, through expert networking and exchange of information, as a launching platform for the Mont Terri project, an international rock laboratory located in the Opalinus Clay, a Mesozoic shale formation in Switzerland (THURY & BOSSART 1999).

#### *Justification of further testing*

Considering the wide range of objectives that are assigned to existing and planned underground testing facilities, a recent initiative consists in a rationalisation and justification of further underground characterisation, testing and demonstration from an international perspective. The report, which is planned for 2000, will aim to help technical decision makers when planning and evaluating the best uses of existing and/or future underground facilities.

### *Roles of the geosphere barrier in safety assessment*

The objective here is to build confidence in the geosphere as a barrier. Most of the activities described below have been developed in co-operation with the PAAG.

#### *Geosphere as a barrier to radionuclide transport*

To help member countries develop specific tools for the assessment of the geosphere barrier, the NEA set up, between 1987 and 1993, the INTRAVAL Project, aimed at conceptualising and developing groundwater flow and radionuclide transport models (OECD/NEA & SKI 1996). The project consisted of a series of

test cases (*in-situ* or in laboratory) in various geological environments and with different spatial and temporal scales. Among the main issues encountered were:

- the characterisation of the geological variability in the field;
- the theoretical and computational analysis of the impact of variability on the prediction of flow and transport for the space- and time-scales of relevance in disposal performance assessment; and
- the evaluation of the use of simplification in performance-assessment models (e.g. 1-D streamtubes with averaged and constant transport properties, linear sorption equilibrium concept, time-independence).

On the basis of the INTRAVAL outcomes, the GEOTRAP Project on Radionuclide Migration in Geological, Heterogeneous Media was set up in 1996. GEOTRAP is devoted to current approaches to acquiring field data, and testing and modelling flow and transport of radionuclides in actual (and therefore heterogeneous) geological formations for the purpose of site characterisation and safety assessment of deep repository systems of long-life radioactive waste. The project is articulated in a series of structured, forum-style workshops whereby national waste management agencies, regulatory authorities and scientists are able to interact and contribute to the advancement of the state of the art in these areas. The topics addressed so far have related to the:

- roles of field tracer experiments in the prediction of radionuclide migration (OECD/NEA & EC 1997);
- modelling of the effects of spatial (natural) variability (OECD/NEA 1998);
- characterisation and representation of water-conducting features (OECD/NEA, 1999b); and
- confidence in models of radionuclide transport for site-specific performance assessment (OECD/NEA in prep).

Overall, the GEOTRAP workshops confirmed (LALIEUX et al. 1999) that a multidisciplinary approach is necessary in order to address more fully the issues relevant to transport modelling in a heterogeneous geological medium, in which coupled and, possibly, non-linear processes operate. Effective communication between the different groups involved is therefore essential. Despite the difference in the host rock, in concepts and terminology, the GEOTRAP workshop series has been successful in developing a constructive dialogue between experimental scientists and modellers. In addition, both implementers and regulators have participated actively in the project. The project is thus helping to bridge the gap between data acquired *in-situ* and their uses for performance and safety assessment purposes.

The workshops have highlighted significant advances in the achievement of a depth of understanding in relation to geosphere heterogeneity and, in particular, water-conducting features. This understanding is required for performance-assessment modelling and for the compilation of a repository safety case that can be defended and which is credible. A depth of understanding implies the use of wide-ranging information to support the decisions that underlie transport-model calculations, even if not all this information is incorporated directly in the models. Specific advances have, for example, been noted in the integration of methods used to characterise heterogeneity over a wide range of scales, in the

incorporation of a wide range of qualitative data to constrain uncertainties in characterisation, and in building an overall geological understanding of a site. Furthermore, external peer review, at all stages of a project, has an important role to play in this matter.

In spite of the efforts to achieve a wide-ranging debate encompassing all aspects of geosphere transport, discussions at the GEOTRAP workshops have centred predominantly on the characterisation of hydraulic properties and on their representation in flow models. It can be concluded that this reflects the weighting of current work internationally, and the relative maturity of hydraulic-characterisation techniques and flow models; nevertheless, it may not always adequately reflect the needs of performance assessments.

To further support detailed models of radionuclide retardation on natural materials (e.g. surface complexation models), the NEA also sponsored a special project called ASARR -Analogue Studies in the Alligator Rivers Region - from 1987 to 1997. It consisted of a field study on the mobilisation and migration of uranium in groundwater in the weathered zone surrounding the Koongarra ore body in the Northern Territories of Australia. The project was of notable help development investigation techniques and understanding of geochemical processes (ANSTO 1997).

#### *Matching the results of various site-characterisation methodologies*

Matching the results of the various geoscientific methods used in site characterisation, and communicating the rationale and implications of this matching, as well as associated uncertainties and limitations, are important. This is especially true with respect to confidence-building in the data, concepts and models which are used for the description, understanding and assessment of current and future performance of the geological barrier.

In this framework, a workshop was organised in 1997 to help assess the potential of groundwater chemistry as a method for testing site-specific, time-dependent groundwater flow models (OECD/NEA 1998b). The workshop illustrated significant progress in the integration of flow and chemistry, and helped to acknowledge the inherent limitations of, and difficulties in this integration. The progress has, however, not been communicated enough outside the hydrogeochemistry community. In current national disposal programmes, hydrogeochemistry is used more as a tool for „site understanding“ than for direct testing of flow models. The main workshop conclusion is that hydrogeochemistry could be used both in developing conceptual flow models and in testing flow models; however a better formalisation is required to help provide a consistent and transparent picture of the site and to help communicate the confidence gained.

*Interfaces between the geosphere and the engineered barrier system*

The main objectives of the initiatives below are to assess the perturbation induced in the geosphere by the repository and to promote the understanding of the interactions with the geosphere when defining repository components.

In underground repositories for radioactive waste, significant quantities of gases may be generated as a result of several processes – notably the interaction of groundwaters and brines with waste and engineered materials placed in disposal systems. The gases may migrate through the engineered barrier system and the natural geological barrier. The potential impact of gas generation, accumulation and migration on the long-term safety of a repository will be dependent upon the waste types, the repository concept, the host geological environment and the scenarios for the long-term evolution of the system. It is recommended that the potential impact of gas accumulation and migration on the performance of the various barriers should be addressed and assessed in the development of safety cases for radioactive waste repositories.

Significant efforts have been, and continue to be, expended in numerous national and international programmes in analysing the potential impacts of gas in underground repositories. In light of these efforts, and in order to help focus further work, the European Commission and the NEA have jointly undertaken a review of the knowledge gained so far in order to establish the current status of the basic understanding of the topics concerned (RODWELL et al. 1999). The review report covers most underground repository concepts presently being considered. Amongst the repository concepts that are reviewed in the report, that for the Yucca Mountain is unique in that disposal is envisaged in unsaturated rock in an arid region. The consequence for this concept is that two-phase flow issues are absolutely central to repository performance analysis, and have therefore commanded more resources and attention than gas migration in repository concepts developed for saturated locations. For other repository concepts – i.e. those involving emplacement in saturated rocks – the scenarios involving substantive gas migration issues vary in line with the repository concept.

*Argillaceous media*

The initiatives mentioned below are aimed at building confidence in the characterisation and understanding of natural argillaceous media and at assessing their barrier performances. They are being carried out under the auspices of the „Clay Club“.

## Comparison of clay characteristics

A whole range of argillaceous media are currently being considered as potential host rocks for geological disposal, i.e. from soft, potentially plastic clays with relatively high water content (e.g. Boom Clay in Belgium), to hard, potentially fractured mudrocks with low to very low water content (e.g. Opalinus Clay in Switzerland, Boda Siltstone Formation in Hungary). Most of the



## Conclusions

It can be concluded from the above examples that, concerning the geoscientific aspects of confidence building in the long-term safety of geological disposal, the NEA has contributed to:

- the fostering of common understanding with respect to important site characterisation and evaluation issues, and the sharing of resources therein;
- the provision, comparison and testing of the technical and scientific bases for site characterisation, understanding and evaluation in order to build a coherent picture of the site/processes that is adequate for safety assessment;
- helping devise an appropriate consideration of the geosphere barrier in the overall safety case; and
- the comparison of the state of the art in the waste disposal community with that in other geoscientific disciplines.

Overall, the above examples also demonstrate that the NEA promotes a constant evaluation and understanding of the commonalities and differences between national disposal programmes, facilitates dialogue across professional sectors, and helps build confidence in the soundness and completeness of individual national programmes.

As a concluding remark, it is fundamental to acknowledge the very high quality of the technical work carried out at national and multilateral levels which constitute the basis for all NEA initiatives.

## References

- ANSTO, 1997: Analogue studies in the Alligator Rivers Region. – Six Monthly Report, 1st July to 31st December 1996.
- HORSEMAN, S., HIGGO, J. ALEXANDER, J. & HARRINGTON, J. 1996: Water, gas and solute movement through argillaceous media, OECD/NEA.
- LALIEUX, P., PESCATORE, C. & SMITH, P. 1999: Preliminary lessons from GEOTRAP, the OECD/NEA International Project on Radionuclide Transport in Actual, Geological Media, Transactions of the ENS Topseal '99 Conference – Radioactive Waste Management: Commitment to the Future Environment, Antwerp, Belgium, 10–14 October 1999, ENS.
- OECD/NEA 1991: Can long-term safety be evaluated? – An international collective opinion
- OECD/NEA 1995: The environmental and ethical basis of geological disposal. – A collective opinion of the NEA Radioactive Waste Management Committee.
- OECD/NEA 1998a: Modelling the effects of spatial variability on radionuclide migration. – Proceedings of a GEOTRAP Workshop, Paris, France, 9-11 June 1997
- OECD/NEA 1998b: Use of hydrogeochemical information in testing groundwater flow models. – Proceedings of a SEDE Workshop, Borgholm, Sweden, 1-3 September 1997.
- OECD/NEA 1998c: Fluid flow through faults and fractures in argillaceous formations. – Proceedings of a Joint NEA/EC Workshop, Bern, Switzerland, 10-12 June 1996.
- OECD/NEA 1999a: Geological disposal of radioactive waste: Review of developments in the last decade.
- OECD/NEA 1999b: Water-conducting features in models of radionuclide migration. – Proceedings of a GEOTRAP Workshop, Barcelona, Spain, 10-12 June 1998.
- OECD/NEA (in preparation): Confidence in models of radionuclide transport for site-specific performance assessment. – Proceedings of a GEOTRAP Workshop, Carlsbad, NM, United States, 14-18 June 1999.

- OECD/NEA & EC 1997: Field tracer experiments: Role in the prediction of radionuclide migration. – Proceedings of a GEOTRAP Workshop, Cologne, Germany, 28–30 August 1996.
- OECD/NEA & SKB 1993: International Stripa Project 1980–1992, 3 Volumes, Overview Volume I - Executive Summary (FAIRHURST, C., GERA, F., GNIRK, P., GRAY, M. & STILLBORG, B.) Overview Volume II – Natural Barriers (GNIRK, P.), Overview Volume III – Engineered Barriers (GRAY, M.S)
- OECD/NEA & SKI 1996: The International INTRAVAL Project – Developing groundwater flow and transport models for radioactive waste disposal – Final results.
- RODWELL, W., HARRIS, A., HORSEMAN, S., LALIEUX, P., MÜLLER, W., ORTIZ AMAYA, L. & PRUESS, K. 1999: Gas migration and two-phase flow through engineered and geological barriers for a deep repository for radioactive waste. – A joint EC/NEA Status Report published by the European Commission, European Commission Report EUR 19122 EN.
- SACCHI, E. J., MICHELOT, L. & PITTSCH, H. 1999: Extraction of water and solutes from argillaceous rocks for geochemical characterisation: methods and critical evaluation, OECD/NEA, (in press)
- THURY, M & BOSSART, P. 1999: "The Mont Terri Rock Laboratory, a new international research project in a Mesozoic shale formation, in Switzerland". – *Engineering Geology*, **52**, 347–359.





# Possibilities for developing deep radioactive waste repository in Lithuania

## Mélységi radioaktív hulladéktároló telepítésének lehetőségei Litvániában

Roma KANOPIENE – Vytautas MARCINKEVICIUS  
(3 Figures)

*Key words: radioactive waste, safe management, repository, geological criteria, geological structure, selection of geological formation*

*Tárgyszavak: radioaktív hulladék, biztonságos kezelés, hulladéktároló, földtani feltételek, földtani szerkezet, földtani formációk kiválasztása*

### Abstract

The majority of radioactive waste in Lithuania is accumulating at the Ignalina Nuclear Power Plant (INPP); the latter is located in the northeastern part of Lithuania, near lake Drukshiai. The project of INPP construction was started in 1972; exploitation of the first reactor began in 1983, and in the second began in 1987. There are two RMBK–1500 reactors with a total electric power capacity of 2600 MW and a thermal power output of 8400 MW in INPP.

The radioactive wastes of INPP are separated into 3 categories according to the respective levels of their radioactivity. The waste of the first (I) category has a low radioactivity level-  $7.4 \times 10^4$  -  $3.7 \times 10^6$  Bq/kg. The waste of the second (II) category is the intermediate activity level  $3.7 \times 10^6$  -  $3.7 \times 10^9$  Bq/kg waste. The waste of high radioactivity level is more than  $3.7 \times 10^9$  Bq/kg – such as control rods (pivots) and spent nuclear fuel elements – are ascribed to the third (III) category. 1400 m<sup>3</sup> of the category I, about 330 m<sup>3</sup> of category II and about 180 m<sup>3</sup> of category III waste have been forming in INPP every year. There is about 30 000 m<sup>3</sup> of radioactive waste accumulated in INPP. This volume could reach about 50 000–100 000 m<sup>3</sup> before the end of NPP exploitation.

Safe management and repositories for radioactive waste represent a new problem for Lithuania, because in the Soviet Union these problems were solved by central institutions in Moscow.

Since 1996 the „Law on Nuclear Energy” of the Republic of Lithuania has been the general order for radioactive waste disposal. The preparation of the Law on radioactive waste management is going on now. Lithuania signed „The Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management” in 1997.

According to the recent waste management plan, the I and the II categories of radioactive waste from INPP can be disposed in landfill repository, but for the III category waste a deep geological repository must be constructed.

The geological structure of Lithuania could be suitable for a deep repository for radioactive waste. The territory of Lithuania is in the northeastern part of the East European platform. A crystalline basement occurs at depth of between 200–2300 metres below the land surface. The sedimentary cover consists of the deposits of all geological systems (Fig. 1). Vendian and Cambrian deposits are terrigenous (e.g. claystone, clay, gravelstone, sandstone, siltstone); Ordovician and Silurian deposits are of a carbonate type and clayey (e.g. limestone, marl, dolomitic marl, dolomite, claystone, clay); Devonian deposits are also of a carbonate type, sandy and clayey (e. g. sandstone, sand, clay, dolomitic marl, dolomite, etc.); Carboniferous deposits are sandy and clayey; Permian deposits are represented, in general, by limestone, anhydrite and rock-salt; Triassic deposits are clayey; Jurassic - clay, siltstone, sandstone; Palaeogene and Neogene - sand, silt, clay; and Quaternary deposits are till, sand and gravel.

According to the results of geological investigations, some geological formations can be preliminarily selected for a deep repository for radioactive waste: 1) rocks of Crystalline basement, 2) Lower Cambrian clay; 3) Permian sulphate deposits; 4) Permian rock-salt; 5) Lower Triassic clay. The sites for a deep radioactive waste repository may be selected in these formations, according to suitable tectonic, hydrogeological, engineering geological conditions, international considerations and legal documents of the Republic of Lithuania.

## Összefoglalás

Litvánia radioaktív hulladékának legnagyobb része Litvánia ÉK-i részén, a Druksiai-tó mellett fekvő Ignalina Atomerőműben (INPP) képződik. Az INPP építése 1972-ben kezdődött, az első reaktort 1983-ban, a másodikat 1987-ben adták át. A két RMBK–1500-as reaktor teljes villamosenergia kapacitása 2600 MW, a hőenergia termelés 8400 MW.

Az INPP radioaktív hulladéka a radioaktivitás mértéke szerint három osztályba sorolható. Az első (I) kategóriába a kis radioaktivitású hulladékok kerülnek ( $7,4 \times 10^4$ – $3,7 \times 10^6$  Bq/kg). A következő (II) kategóriába a közepes aktivitású ( $3,7 \times 10^6$ – $3,7 \times 10^9$  Bq/kg), míg a harmadik (III) kategóriába ( $> 3,7 \times 10^9$  Bq/kg) a nagy aktivitású hulladékok, például a szabályzórudak és a kiégett fűtőelemek tartoznak. Évente 1400 m<sup>3</sup> I, kb. 330 m<sup>3</sup> II és kb. 180 m<sup>3</sup> III kategóriájú hulladék keletkezik az INPP-ben, ami a mai napig összesen kb. 30 000 m<sup>3</sup> radioaktív hulladék felhalmozódást jelent. Az atomerőmű bezárásáig a teljes mennyiség elérheti az 50 000–100 000 m<sup>3</sup>-t.

A radioaktív hulladék biztonságos kezelése és tárolása újkeletű probléma Litvániában, mivel a Szovjetunió idejében az ilyesfajta problémákat a moszkvai központi intézetekben oldották meg.

1996-ban a Litván Köztársaság atomenergia törvényben fektette le a radioaktív hulladékkezeléssel kapcsolatos törvényi előkészítése folyik. Litvánia 1997-ben aláírta „A kiégett fűtőelemek kezelésének biztonságáról és a radioaktív hulladékok kezelésének biztonságáról szóló közös egyezmény”-t.

A jelenlegi hulladékkezelési tervek szerint az INPP-ből kikerülő I és II kategóriába tartozó radioaktív hulladékok elhelyezése történhet felszíni körülmények között, a III kategóriába tartozókat viszont mélységi tárolóban kell elhelyezni.

Litvánia földtani szerkezete lehetővé teszi mélységi tároló létesítését. Litvánia a kelet-európai platform ÉK-i részén fekszik, ahol a kristályos aljzat 200–2300 m mélységben kezdődik. Az üledékes takaró a legkülönbözőbb földtani képződményekből tevődik össze (1. ábra). A vendi és a kambriumi üledékek szárazföldi keletkezésűek (agyagkő, agyag, konglomerátum, homokkő, aleurolit), az ordoviciumi és a szilur üledékek karbonátosak és agyagosak (mészkö, márga, dolomitos márga, dolomit, agyagkő, agyag), a devon üledékek karbonátosak, homokosak és agyagosak (homokkő, homok, agyag, dolomitos márga, dolomit, stb.), a karbon üledékek homokosak és agyagosak, a permi üledékeket általában mészkö, anhidrit és kősó reprezentálja, a triászban agyagos üledékek, a jurában agyag, aleurolit és homokkő, a paleogénben és a neogénben homok, aleurit és agyag, míg a kvarterban till, homok és kavics rakódott le.

A földtani kutatások eredményei szerint a következő földtani formációk alkalmasak mélységi radioaktív hulladéktároló létesítésére: 1) kristályos aljzat; 2) alsó-kambriumi agyag; 3) permi szulfátos üledékek; 4) permi kősó; 5) alsó-triász agyag. A mélységi tároló bármelyik formációban történő elhelyezése függ a megfelelő tektonikai, hidrogeológiai és bányageológiai adottságoktól, a nemzetközi elvárásoktól, valamint Litvánia törvényeitől.

## Introduction. State of the problem

The Ignalina Nuclear Power Plant (INPP) is located in the northeastern part of Lithuania, near lake Druksiai (Fig. 1). The construction of INPP was started in 1972; exploitation of the first reactor began in 1983 and the second began in the 1987. INPP has two RMBK–1500 reactors with a total electric power capacity of 2600 MW and a thermal power output of 8400 MW.

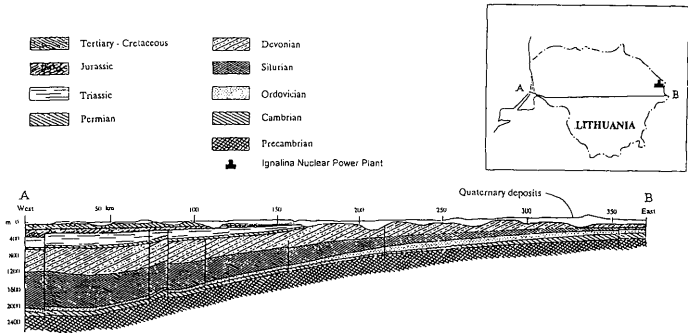


Fig. 1 West-East geological cross-section (line A-B) of Lithuanian bedrock (KADŪNAS 1992)

1. ábra Ny-K irányú földtani metszet Litvánián keresztül

The radioactive waste of INPP can be separated into 3 categories according to the respective levels of their radioactivity. The waste of the first (I) category has a low radioactivity level –  $7.4 \times 10^4 - 3.7 \times 10^6$  Bq/kg. The waste of the second (II) category is of intermediate activity level –  $3.7 \times 10^6 - 3.7 \times 10^9$  Bq/kg. The waste of high radioactivity level – more than  $3.7 \times 10^9$  Bq/kg, such as – control rods (pivots) and spent nuclear fuel elements – ascribed to the third (III) category. With respect to solid wastes, 1400 m<sup>3</sup> of category I, about 330 m<sup>3</sup> of category II and about 180 m<sup>3</sup> of category III (except spent fuel) have been forming in INPP every year (Table I). A total of about 38 000 m<sup>3</sup> of all types and categories (solid and liquid) radioactive waste have so far accumulated in INPP. This volume could reach about 50 000–100 000 m<sup>3</sup> before the end of the exploitation of INPP. The volume of solid wastes of high radioactivity (except spent fuel) could reach about 4000 m<sup>3</sup> before this time.

Classification of solid radioactive wastes

A szilárd radiaktív hulladékok osztályozása

Table I – I. tábla

Category	Radioactivity	Volume, accumulating per year
I low level	$7.4 \times 10^4 - 3.7 \times 10^6$ Bq/kg	1400 m <sup>3</sup>
II intermediate level	$3.7 \times 10^6 - 3.7 \times 10^9$ Bq/kg	330 m <sup>3</sup>
III high level	$> 3.7 \times 10^9$ Bq/kg	180 m <sup>3</sup>

Safe management and repositories for radioactive waste represent a new and important problem for Lithuania. The Ministry of Energy of Lithuania, in cooperation with a Swedish Nuclear fuel and Waste Management Company,

prepared the „Suggested Overall Plan for Management of Radioactive Waste in Lithuania” in 1995. There was only a general view the possibility of a deep repository for high radioactivity level waste in this plan. A deep geological repository for spent fuel was described in the „Strategy of radioactive waste management” in 1997. Therefore it is very important now: 1) preliminarily to investigate the geological structure of Lithuania with regard to its suitability for a deep waste repository, 2) to foresee the possibilities of this repository, 3) to select the most suitable sites, satisfying the international requirements, 4) to create scientific and practical programmes 5) and to educate the local specialists so that they can implement them.

Since 1996 the „Law on Nuclear Energy” of the Republic of Lithuania has been in operation and it describes the general regulations for radioactive waste disposal. Lithuania has signed „The Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management”. After long discussions „The Law on Radioactive Waste Management of the Republic of Lithuania” was adopted this spring.

According to the recent waste management plan, the I and the II categories of radioactive waste from INPP can be disposed in a landfill repository, but for the III category waste a deep geological repository must be constructed. As mentioned above, the III category waste includes spent compounds of the reactor and elements of spent fuel. The problem of developing a deep geological repository for radioactive waste will be also important if the Ignalina NPP is closed.

### **Geological investigations for a deep radioactive waste (RW) repository site**

Site selection for a deep RW repository is a complex long-term process and it consists of several stages – general understanding at the beginning and detailed investigations at the end (LOMTADZE 1978). The following stages of geological investigations will be necessary:

- 1) prospective (review) investigations;
- 2) preliminary investigations;
- 3) detailed investigations;
- 4) underground investigations for repository construction.

1, The aim of the prospective investigations is to collect and assess archive and published data about geological, tectonic, seismic, hydrogeological, engineering geological, environmental geological conditions of the territory of Lithuania. The requirements of International Atomic Energy Agency to with regard the selection of the geological formation for the construction of a deep RW repository need to be observed. Furthermore, the requirements of State laws on territorial planning and land-use and social-economical factors also must be considered at this stage of the investigations.

Later, three more stages must be carried out.

2, The aim of preliminary investigations is to select the site for a deep RW repository in the most suitable geological formation. In this case several sites must be selected. The preliminary investigations must be carried out in each of them.

3, The aim of detailed investigations is to describe the engineering geological (geology, tectonics, hydrogeology etc.) conditions and to provide the necessary data for construction in the selected site.

4, The aim of underground investigations with respect to repository construction is to determine the impact of groundwater and other factors which would affect the repository in the natural geological environment. These are investigations having long-term implications. The methodology for these investigations will be properly established only when the first three stages of the investigations are performed.

### Project at LGT

The project for the first stage (prospective (review) investigations) of this long-term work was approved and started at the LGT this year (1999). The title of this project is „Evaluation of the territory of Lithuania according to the suitability for the deep repository for radioactive waste”.

According to international recommendations (IAEA 1981, 1989; SAVAGE 1995), a safe deep repository for radioactive waste disposal can be constructed only in a deep-lying (depth > 200 m) geological formation. The long-term safety of high level radioactive waste disposal has to be based on the multibarrier concept to avoid the movement of radionuclides from the repository to the environment. These barriers have to be: engineered barriers, the host rock and the geological environment. It is, nevertheless, recognised that the geological barrier plays the major role in assuring long-term safety. Therefore the site selection for a deep geological radioactive waste disposal repository is a primary and complex task. The requirement for selecting radioactive waste disposal repository is to assure long-term (not less than 10 000 years) human and environmental safety (protection) from radioactive pollution (SAVAGE 1995).

Given international recommendations and the data of similar investigations from foreign countries specialists of Geological Survey of Lithuania decided to select a geological formation for a deep RW repository using 3 groups of criteria:

- 1, geological,
- 2, radiation (radiological) safety,
- 3, territorial.

The criteria for the first and the second group have already been determined quite clearly.

1, The major geological criteria are: structure of the formation, density of tectonic faults, hydrogeological situation, geochemistry of the rocks and others (see *Table II*)

2, Major radiation safety criteria are:  
 maximum individual dose < 0.1 mSv/y,  
 individual risk <  $10^{-6}$ /y.

3, Territorial criteria, mentioned in the international recommendations and reports from several countries are:

- 30 km distance from the State boundary,
- 10 km radius from urban territory (planned for operational period).

However, there are no special territorial requirements related to RW repository construction in the State laws of the Republic of Lithuania. This is continuous cooperation with governmental organisations is foreseen for the determination of all territorial criteria during the LGT project.

**Geological criteria for deep repository of radioactive waste  
 (according to IAEA recommendations (IAEA, 1981, 1989))**

*A radioaktív hulladék mélységi tárolásának földtani feltételei*

Table II. – II. tábla

Index	Requirements (safety criteria)
Tectonic stability	Should not be in an earthquake zone
Rock stability	Rocks must remain in their natural conditions; can not be changed for millions of years
Occurrence of the formation	Large territory
Depth from the land surface	>200 m
Thickness	Not less than 25 m
Inclination slope	Not more than several degrees
Homogeneity	Should not be soluble intercalation or linzes with solutions
Geochemistry	Should not be hazardous chemical compounds
Hydrogeological conditions	Should not be water filtration
Geotechnical properties	Must assure long-term life of constructed underground caves.
Occurrence of mineral resource deposits	Repository should not be constructed in the deposit of mineral resources.

Assessing the suitability of the geological formations for high level radioactive waste repository construction the following data about the territory must be evaluated:

- Geographical conditions;
- Tectonic, neotectonic conditions and seismic situation;
- Hydrogeological conditions (stratification of hydrogeological section, hydrodynamic and hydrochemical properties of low permeability layers and aquifers, water exchange between the aquifers, hydrodynamic relationships between shallow and groundwater etc.);
- Composition of geological formation, its physical, chemical and mechanical properties (conductivity, porosity, solubility, absorption properties, radioactivity, thermal conductivity and capacity, temperature gradient etc.);
- Occurrence of geological processes;
- Environmental geological situation.

All the data about the geological structure of Lithuania are have been collected by the at LGT. This information can be divided in to four main groups:

- 1) borehole data,
- 2) geological, geophysical mapping data,
- 3) raw material prospecting and exploration data,
- 4) results of special geological investigations.

There are data about more than 2600 deep boreholes (depth more than 200 m) in the computerised State geological information system. Geological mapping on a scale of 1: 200 000 covers all the territory of Lithuania. This scale was selected as a working scale for the graphical information in the project. Some geological formations (systems) were investigated in detail during the prospecting and exploration project for oil, rock salt, anhydrite and other mineral resources. The reports of different geological investigations will be used (as well as the archive data) for the selection of the geological formation for the HLRW repository.

Finally, to compare the suitability of different geological formations and to show graphically the results of the project GIS technologies and MapInfo software will be used.

### **Short description of the geological structure of Lithuania**

The geological structure of Lithuania is suitable for a deep repository for radioactive waste. The territory of Lithuania is in the north-eastern part of the East European platform. A crystalline basement occurs at a depth of 200–2300 metres below the land surface. The sedimentary cover consists of the deposits of all geological systems (*Fig. 1*). Vendian and Cambrian deposits are terrigenous (claystone, clay, gravelstone, sandstone, siltstone); Ordovician and Silurian deposits are carbonate and clayey (limestone, marl, dolomitic marl, dolomite, claystone, clay); Devonian deposits are carbonate, sandy and clayey (sandstone, sand, clay, dolomitic marl, dolomite, etc.); Carboniferous deposits are sandy and clayey; Permian deposits are represented, in general, by limestone, anhydrite and rock-salt; Triassic deposits are clayey; Jurassic deposits clay, siltstone, sandstone; Palaeogene and Neogene deposits: sand, silt, clay; and Quaternary deposits are till, sand and gravel.

According to the results of the geological investigations some geological formations can be selected on a preliminary basis for the deep repository for radioactive waste (SAVAGE 1995): 1) rocks with a Crystalline basement, 2) Lower Cambrian clay; 3) Permian sulphate deposits; 4) Permian rock-salt; 5) Lower Triassic clay.

### **Rocks with a crystalline basement**

In Lithuania a crystalline basement occurs at a depth of 200–2300 metres below the land surface (*Fig. 1*). This is represented by Proterozoic rocks: metamorphosed granulite facies in Western Lithuania (gneisses, schists, enderbites,

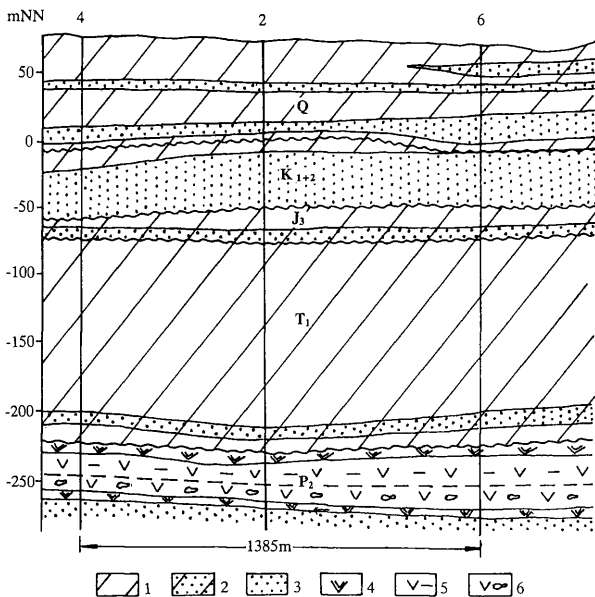


Fig. 2 Geological section of Pagirai anhydrite deposit. 1 aquitard, 2 medium permeability, 3 aquifer, 4 gypsum, 5 banded anhydrite, 6 spotted anhydrite

2. ábra A Pagirai anhidrit lelőhely földtani szelvénye. 1. vízzáró, 2. közepesen átteresztő, 3. vízáteresztő, 4. gipsz, 5. szalagos anhidrit, 6. foltos anhidrit

charnokites) and amphibolite facies in the Eastern part of Lithuanian territory (amphibolites, gneisses, granites). There are intrusions of basic rocks (gabbro, diabases) in crystalline basement rocks. The geotechnical properties of this massif have been investigated in south-eastern part of Lithuania (MARFIN et al. 1982).

#### Lower Cambrian clay

The oldest part of the Lower Cambrian – i.e. Baltija group – consists of a compact clay formation. This formation occurs in Eastern Lithuania at a depth of 300–500 and more metres. The clay is very compact and consists of hydromica (from 60–65 to 85–90%, kaolinite (from 3–5% to 25–30% and chlorite (from 3–5% to 10–15%) minerals (PASKEVICIUS 1999). There is some intercalation of sandstone in the Lower Cambrian clay.



### *Permian sulphate deposits*

The entire layer of these deposits is 40–60 m thick and occurs in the Southern and South-western parts of Lithuania covering an area of more than 12 000 km<sup>2</sup>. This layer lies at a depth of 150–790 m. Most of these deposits (70–80%) consist of anhydrite. Permian gypsum which 5–8 m thick occurs above the anhydrite layer and gypsum which is 3–5 m thick lies below the anhydrite. In the Kaunas district i.e. the Pagiriai deposit (Fig. 2) the exploration of anhydrite has been carried out. Resources of 81.5 million tonnes of anhydrite have been evaluated there. The project for the exploitation of anhydrite by underground mining has been prepared. According to this project, the free underground cavities after the exploitation of anhydrite can be used for a repository for radioactive waste (KADUNAS 1993).

### *Permian rock-salt*

The upper Permian rock-salt basin comprises almost the whole Kaliningrad region (Russian Federation). Only the Northern edge of this basin can be detected in the Southwestern part of Lithuania. This territory has been investigated using seismic methods. According to the seismic data, salt is expected to occur in the form of single domes. The supposed salt bed was determined using the diagrams of an electric log in the oil prospecting boreholes. The prospecting and evaluation of Usenai rock-salt deposits have been carried out in Silute district (SAULENAS 1997). There were 2 deep boreholes drilled with a core in the Usenai deposit (Fig. 3). According to the drilling and seismic data, the area of the salt dome is 2.5 × 3.0 km. The evaluated thickness of the rock salt in the central part of the deposit is 56.5–69.0 m, and the supposed thickness about 75 m.

### *Lower Triassic clay*

The Lower Triassic deposits occur in the Western and South-western parts of Lithuania at a depth of 250–350 m and are more than 200 m thick. In general the sequence consists of dense clay. The most important compounds of the clay are hydromica and montmorillonite minerals. There are many siltstone and some sandstone intercalations in the sequence of the Lower Triassic deposits (SUVEIZDIS 1994).

## **Expected results**

The results of our project

- will show the possibilities for deep geological RW repository in Lithuania.
- will provide the substantiation (related with RW management) for the decisions of the State Government, specialists of economics and environmental security,

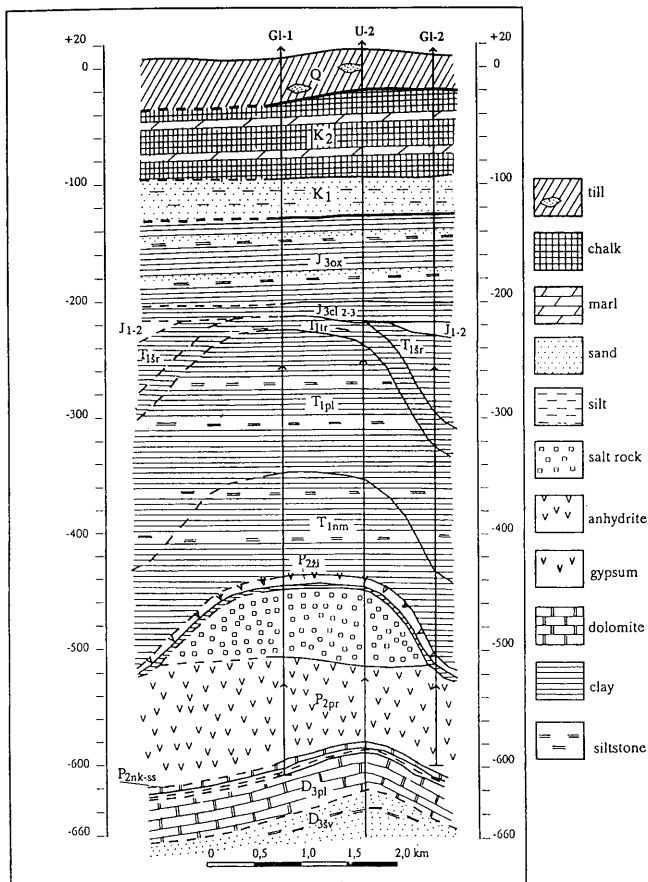


Fig. 3 Geological cross-section of Usenai deposit (SAULENAS 1997)

3. ábra Az Usenai lelőhely földtani szelvénye (SAULENAS 1997)

– will provide the information for further stages of geological investigations for deep RW repository site selection.

### Conclusions

We have a problem in Lithuania – The Ignalina Nuclear Power Plant and 414 m<sup>3</sup> of solid high activity Radioactive Wastes.

We could solve this problem by using a geological formation in Lithuania which is suitable for a deep RW repository.

We have to give the clear answer to this question.

This is why we have to carry out the project which represents the first stage of geological investigations – to evaluate the territory of Lithuania according to its suitability for a deep RW repository.

### References

- International Atomic Energy Agency 1981: Underground disposal of radioactive wastes. Basic guidance, – *Safety Series 54*, IAEA, Vienna, 56 p.
- International Atomic Energy Agency 1989: Safety principles and technical criteria for the underground disposal of high level radioactive wastes. IAEA safety standards – *Safety Series 99*, IAEA, Vienna, 28 p.
- KADŪNAS, V. 1993: Ecogeological appreciation of the Upper Permian anhydrite seam from the point of arrangement of depositories. – *Geologija* 15, Vilnius, 27–31.
- LOMTADZE, V. 1978: (Ingenernaia geologija. Specialnaia ingenernaia geologija) Engineering geology. Special engineering geology., Leningrad., Nedra, 496 p.
- MARFIN, S., MIKSYTS, R. B., MOTUZA, G., & SKRIPKINA, T. 1982: The structure of the Marcinkony's granitic massif and properties of rocks. – *Geologija* 3, Vilnius 3–16.
- PASKEVICIUS J. 1999: Stratigraphy of Vendian, lower and middle Paleozoic and its problems. (Lietuvos mokslas. Geomokslai. Monografija) Science of Lithuania. Geosciences. Monograph. Vilnius; 96–129.
- SAULENAS, V., GASIUNIENE, V. E., & KRALIKAUŠKAITE R. 1997: Whether we will extract Lithuanian rock-salt? – Information publication. Geological Survey of Lithuania. Vilnius.
- SAVAGE, D. (Ed.) 1995: The scientific and regulatory basis for the geological disposal of radioactive waste. Wiley, Chichester, 438 p.
- SUVEIZDIS P. 1994: Triassic; (Triasas. Lietuvos geologija. Monografija) Lithuania's geology. Monograph, Vilnius, 132–138.



# Simulating large scale groundwater flow for waste disposal purposes

## Nagyléptékű talajvízáramlás modellezése hulladékelhelyezési célból

Duke U. OPHORI  
(4 Figures)

*Key words: Modelling, groundwater flow, particle tracking, waste disposal, Canada*

*Tárgyszavak: Modellezés, talajvíz áramlás, részecske követés, hulladék lerakás, Kanada*

### Abstract

Atomic Energy of Canada Limited (AECL) has developed a concept for the disposal of Canada's nuclear fuel waste in a vault, deep (500 m to 1000 m) in low-permeability plutonic rocks of the Canadian Shield. In the concept, the low-permeability rock mass is expected to provide a natural barrier to the release and migration of wastes from the vault. An understanding of groundwater flow can be used to enhance the role of the rock mass as a barrier in the overall disposal system. Therefore, AECL has developed large-scale groundwater flow models of some candidate sites that are used to identify potential vault locations within the sites which have the longest groundwater flow times from prospective disposal vault depths to ground surface.

One candidate site that has been studied by AECL is the Whiteshell Research Area (WRA) in southeastern Manitoba. At this site, a regional groundwater flow model has been developed for a 1050 km<sup>2</sup> area in order to evaluate alternative locations for a hypothetical nuclear fuel waste disposal vault that maximizes retention of vault contaminants in the rock. A conceptual model of the hydrogeologic conditions was constructed using information obtained from field investigations at the WRA between 1977 and 1994. Simulations of flow were performed using AECL's three-dimensional finite-element code, MOTIF.

First, average values of hydraulic parameters obtained from an analysis of the field data were used in the simulations. Simulated average groundwater recharge did not compare favorably with the recharge rate that was estimated from field data independently. Model calibration was performed by modifying the hydraulic parameters and total dissolved solids distribution of the fluids in a series of consecutive simulations. The simulated recharge rate for the final calibrated model was 4.8 mm/yr. which compared well with the field-based rate of 5 mm/yr. The simulated freshwater heads for this simulation also compared reasonably well with measured heads in the network of boreholes at the WRA. Most of the groundwater flow occurred in local systems between the ground surface and the depth of 2000 m relative to less flow in the intermediate and region systems at greater depth.

A particle tracking code, TRACK3D was used to determine the travel times, pathways and exit locations of particles released from different depth horizons in the groundwater velocity field of the calibrated model. These were used to select a location for a hypothetical nuclear fuel waste disposal vault that maximizes the retention of vault contaminants in long, slow groundwater flow pathways.

## Összefoglalás

A Canada Ltd Atomenergia Ügynöksége (Atomic Energy of Canada Limited - AECL) terve szerint Kanada kéieteg nukleáris fűtőelemeit a Kanadai Pajzs mélyen fekvő boltozatának (500–1000 m közötti), kis átérésztőképességű mélységi kőzeteibe vágott üregbe kellene elhelyezni. A tervben a kis átérésztőképességű kőzettömegtől azt várják, hogy természetes módon akadályozza az üregből kiszökő és elvándorló szennyezőanyagokat. A talajvízáramlási rendszer jobb megértése segítheti tisztázni a kőzettömegnek a lerakórendszerben elfoglalt gát szerepét. Ezért az AECL elkészítette néhány számbajövő terület talajvízmodelljét, amelyek alapján azonosíthatók azok a lehetséges telephelyek a kiválasztott területen belül, amikhez a leghosszabb talajvízáramlási idők tartoznak a várható lerakóhelytől a felszínig.

Az egyik AECL által tanulmányozott lehetséges telephely a Whiteshell Kutatóterület (WRA), Manitoba DK-i részén. Ezen a telephelyen modellezték a regionális talajvízáramlást egy 1050 km<sup>2</sup>-es területre, hogy több szóbjajöhető helyszínt értékeljenek egy leendő elhasznált nukleáris fűtőelem lerakóhely számára, ami maximálisan visszatartja az üregben elhelyezett szennyező anyagot. A hidrogeológiai körülmények/feltételek koncepciói modelljét készítették el, azoknak az adatoknak a felhasználásával, amiket a WRA 1977–1994 közötti terepi megfigyeléseiből nyertek. Az áramlás modellezésére az AECL háromdimenziós véges-változós programját, a MOTIF-ot alkalmazták.

Először a terepi adatok értékeléséből nyert hidraulikus paraméterek átlagos értékeit használták a modellhez. A modellezett átlagos talajvíz utánpótlódás nem hasonlított eléggé a terepi adatokból közvetlenül becsült értékekhez. A modell helyesbítése úgy történt, hogy egy sorozat modellben fokozatosan módosították a folyadékok hidraulikus paramétereit és a teljesen feloldott szilárdanyagok eloszlását. Az utolsó modellben az utánpótlódás mennyisége 4,8 mm/év volt, ami jól egyezett a terepi becslés 5,0 mm/évével. A modellezett édesvíz nyomások ebben az utolsó modellben szintén megfelelő mértékben hasonlítottak a WRA-n telepített kúthálózatban mértékekhez. A vízármlások többsége a helyi rendszerekben a felszín és 2000 m között található a nagyobb mélységben megjelenő átmeneti és regionális rendszerek kis áramlásával szemben.

Egy részecske-követő rendszert, a TRACK3D-t alkalmazták a kalibrált modell talajvíz áramlási felszínének különböző mélységszintjéről induló részecskék áramlási idejének, áramlási útvonalának és kijutási helyének meghatározására. Ezeket az értékeket használták az elméleti nukleáris fűtőelem lerakóhely boltozat megfelelő helyének kiválasztásához, ami maximálja a boltozatban lévő szennyezőanyagok késleltetését hosszú, lassú talajvíz áramlási útvonalakon.

## Introduction

As part of the research on a concept for the disposal of Canada's nuclear fuel waste in plutonic rocks of the Canadian Shield, AECL has developed mathematical models to assess the long-term performance of a disposal system. The methodology has been demonstrated in a postclosure assessment case study by applying it to a hypothetical disposal system including a reference vault, a realistic yet hypothetical geosphere, and a biosphere. For the case study, the characteristics of the geosphere were derived from the site-specific information at AECL's Whiteshell Research Area (WRA) in southeastern Manitoba (Fig. 1).

In studying the WRA, a regional model was developed and alternative locations for a hypothetical disposal vault within the simulated regional groundwater flow regime were evaluated to find a location that maximizes the retention of contaminants in the geosphere. This paper summarizes some aspects in the development of the regional flow model, and its use in evaluating alternative locations for the hypothetical disposal vault.

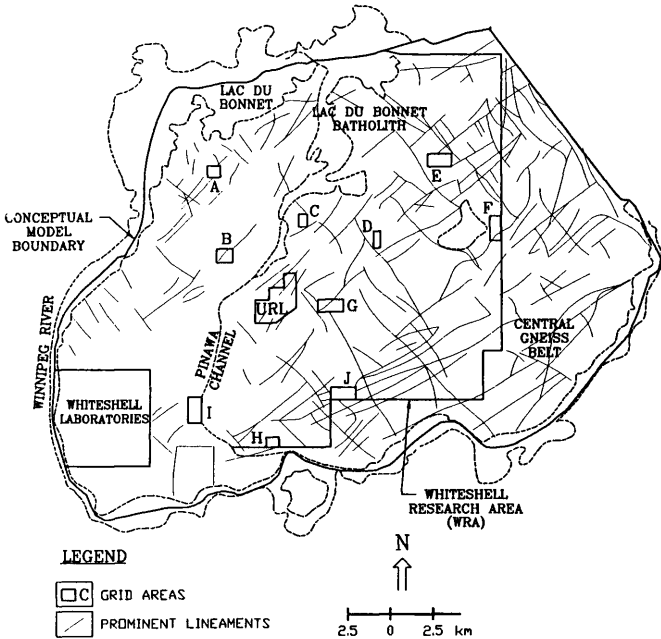


Fig. 1 Map of the Whiteshell research area showing lineaments (fracture zones), model area and locations of deep boreholes (Grid areas)

1. ábra A Whiteshell Kutatási Terület térképe a törés zónákkal, a modell területtel és a mélyfúrások helyével (hálós területek)

### Conceptual hydrogeological model of the WRA

The conceptual model of hydrogeological conditions covers an area of about 1050 km<sup>2</sup> (see Fig. 1), and is bounded on three sides by the Winnipeg River system. The conceptual model was based on surface and subsurface geological, geophysical, geochemical and hydrogeological data in the WRA collected up to 1994. From an analysis of the lineaments (see Fig. 1), a total of seventy-six fracture zones having varying lengths and depths were selected for inclusion in the conceptual model (Fig. 2). The fracture zones strike in different directions, and were assumed from field evidence either to be vertically oriented or to be low dipping with a dip of 25° from the horizontal (except for two with dips of 50° and 10°).

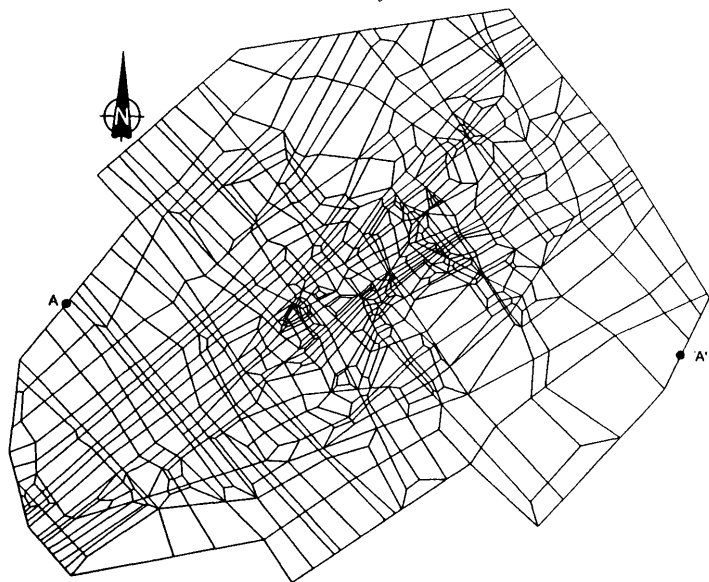


Fig. 2 Geologic Framework, Surface Structure and Finite-Element Mesh of the Whiteshell Research Area. Section A-A' is a Line Joining Point A to Point A'.

2. ábra A Whiteshell Kutatási Terület földtani felépítése, felszíni szerkezete és véges váltás hálójája

Within the WRA, the water table is a subdued replica of the surface topography which has a moderate regional slope of about 0.002 from southeast to northwest. The water table elevation was used as the top boundary condition. The Winnipeg River was assumed to provide stable hydrological boundaries on most sides of the area, except the northeastern part of the model area which is bounded by a major fault referred to as the F-F' fault. Because there is sufficient local topographic relief around it to capture groundwater flow from considerable depth, the Winnipeg River was assumed to be a no-flow hydrogeologic boundary. The major fault along the northeastern part of the area was also assumed to be a no-flow boundary. The bottom boundary of the model at a depth of 4000 m was assumed to be impermeable. Trends in available field permeability data suggest that permeability at this depth could be  $10^{-21}$  m<sup>2</sup> or lower, essentially impermeable. It was demonstrated that changing these lateral and lower boundary conditions does not affect the convective transport of solutes from the selected locations of a hypothetical vault at 500 m to 1000 m depth to the groundwater discharge locations in the biosphere (OPHORI et al. 1996). These boundary conditions were the same as used in an earlier model of the WRA (DAVISON et al.



1994) except that the elevation of the water table has been substituted for the topographic elevation for the top boundary condition of the model.

Permeability data exist from straddle packer tests and pumping tests in boreholes to depths of 1000 m at the WRA. These data were analysed in detail by STEVENSON et al. (1995). The values of permeability used in the simulation for the rock mass and fracture zones are shown in Table 1. For the rock mass, horizontal permeability decreased from  $1 \times 10^{-15} \text{ m}^2$  at the surface to  $1 \times 10^{-21} \text{ m}^2$  at a depth of 1000 m. The anisotropy in the rock was represented by assigning vertical permeabilities one order of magnitude higher than horizontal permeabilities between the ground surface and 300 m for the granite, and also between 300 and 1000 m for the gneiss. Below this depth, the rock mass was assigned a constant permeability of  $1 \times 10^{-21} \text{ m}^2$ . The fracture zones were assumed isotropic with permeability varying from  $1 \times 10^{-13} \text{ m}^2$  at the surface to  $1 \times 10^{-16} \text{ m}^2$  at a depth of 1000 m. Below 1000 m, the fracture zones were assigned gradually decreasing permeabilities reaching  $7.52 \times 10^{-19} \text{ m}^2$  at the bottom of the model (4000 m). The permeability values were derived from the analysis by STEVENSON et al. (1995).

Porosity values were estimated from field and laboratory data by STEVENSON et al. (1996a). These ranged from 0.003 to 0.001 for the rock mass, and from 0.05 to 0.005 for the fracture zones (Table 1).

### Flow simulation

For the numerical simulation of groundwater flow using AECL's MOTIF code (GUVANASEN 1984; CHAN et al. 1987), the conceptual model of the rock mass and seventy-six regional fracture zones was discretized into a finite-element mesh. This was done using the PATRAN pre- and post-processor for finite-element codes (PATRAN, 1989). The fracture zones were represented by planar elements of uniform 3 m thickness based on field data. The mesh consisted of a total of 3 323 planar elements, 13 897 solid elements and 15 610 nodes (Fig. 2). The MOTIF code was then used to compute the head and fluid velocity distributions in the model. Details of all the simulation results are presented elsewhere (OPHORI et al. 1996).

Figure 3 is a typical section A-A' (see Fig. 2) showing groundwater flow velocities across the modeled region for a calibrated-model simulation. Flow velocities decrease rapidly in magnitude with depth, becoming insignificant (less than  $1 \times 10^{-6} \text{ m/a}$ ) by a depth of 1000 m. This reduction in velocity is caused by the permeability-depth relationship used in the simulation (see Table 1). Many local flow systems of relatively high groundwater velocities occur near the ground surface of the model (i.e. within 500 m depth). Some local and intermediate systems are continuous to the bottom of the model. The highest point on the topographic divide of this section occurs at about the X coordinate of 5000 m whereas the lowest point is at the X coordinate of -23 000 m. Because these two regions are not linked by a continuous flowline, a regional flow system does not occur along the section in this simulation (TÓTH 1963). A regional flow system may occur along other hydraulic sections (OPHORI et al. 1996), but these large

## Hydraulic parameters used in the Calibrated Flow Model

A kalibrált áramlási modellben használt hidraulikus adatok

Table 1 – I. tábla

Rock Mass	Approximate Depth (m)	Horizontal Permeability (m <sup>2</sup> )	Vertical Permeability (m <sup>2</sup> )	Effective Porosity
Layer 1	0- 100	1.0 x 10 <sup>-15</sup>	1.0 x 10 <sup>-14</sup>	0.003
2	100- 200	4.46 x 10 <sup>-17</sup>	4.46 x 10 <sup>-16</sup>	0.003
3	200- 300	5.99 x 10 <sup>-18</sup>	5.99 x 10 <sup>-17</sup>	0.003
4	300- 400	5.00 x 10 <sup>-20**</sup>	5.00 x 10 <sup>-20**</sup>	0.003
		7.74 x 10 <sup>-19*</sup>	7.74 x 10 <sup>-18*</sup>	0.003
5	400- 500	7.74 x 10 <sup>-19*</sup>	7.74 x 10 <sup>-19*</sup>	0.003
		3.00 x 10 <sup>-20**</sup>	3.00 x 10 <sup>-20**</sup>	0.003
6	500- 750	3.15 x 10 <sup>-19*</sup>	3.15 x 10 <sup>-18*</sup>	0.003
		3.15 x 10 <sup>-19*</sup>	3.15 x 10 <sup>-19*</sup>	0.003
		1.50 x 10 <sup>-20**</sup>	1.50 x 10 <sup>-20**</sup>	0.003
7	750-1000	3.35 x 10 <sup>-20*</sup>	3.35 x 10 <sup>-19*</sup>	0.003
		3.35 x 10 <sup>-20*</sup>	3.35 x 10 <sup>-20*</sup>	0.003
		7.50 x 10 <sup>-21**</sup>	7.50 x 10 <sup>-21**</sup>	0.003
8	1000-1250	1.36 x 10 <sup>-21*</sup>	1.36 x 10 <sup>-20*</sup>	0.003
		1.36 x 10 <sup>-21*</sup>	1.36 x 10 <sup>-21*</sup>	0.003
9	1250-1600	1.0 x 10 <sup>-21</sup>	1.0 x 10 <sup>-21</sup>	0.003
10	1600-2000	1.0 x 10 <sup>-21</sup>	1.0 x 10 <sup>-21</sup>	0.003
11	2000-2500	1.0 x 10 <sup>-21</sup>	1.0 x 10 <sup>-21</sup>	0.003
12	2500-3200	1.0 x 10 <sup>-21</sup>	1.0 x 10 <sup>-21</sup>	0.002
13	3200-4000	1.0 x 10 <sup>-21</sup>	1.0 x 10 <sup>-21</sup>	0.001

Fracture Zones	Approximate Depth (m)	Longitudinal Permeability (m <sup>2</sup> )	Transverse Permeability (m <sup>2</sup> )	Effective Porosity
Layer 1	0- 100	1.0 x 10 <sup>-13</sup>	1.0 x 10 <sup>-13</sup>	0.05
2	100- 200	1.0 x 10 <sup>-13</sup>	1.0 x 10 <sup>-13</sup>	0.05
3	200- 300	1.0 x 10 <sup>-13</sup>	1.0 x 10 <sup>-13</sup>	0.05
4	300- 400	1.0 x 10 <sup>-13</sup>	1.0 x 10 <sup>-13</sup>	0.05
5	400- 500	1.0 x 10 <sup>-14</sup>	1.0 x 10 <sup>-14</sup>	0.05
6	500- 750	1.0 x 10 <sup>-15</sup>	1.0 x 10 <sup>-15</sup>	0.05
7	750-1000	1.0 x 10 <sup>-16</sup>	1.0 x 10 <sup>-16</sup>	0.05
8	1000-1250	1.56 x 10 <sup>-17</sup>	1.56 x 10 <sup>-17</sup>	0.046
9	1250-1600	8.44 x 10 <sup>-18</sup>	8.44 x 10 <sup>-18</sup>	0.041
10	1600-2000	4.61 x 10 <sup>-18</sup>	4.61 x 10 <sup>-18</sup>	0.035
11	2000-2500	2.58 x 10 <sup>-18</sup>	2.58 x 10 <sup>-18</sup>	0.028
12	2500-3200	1.37 x 10 <sup>-18</sup>	1.37 x 10 <sup>-18</sup>	0.018
13	3200-4000	7.52 x 10 <sup>-19</sup>	7.52 x 10 <sup>-19</sup>	0.005

\* Gneiss

\* Granite

\*\* Granite under TDS dome

scale flow systems occur below depths of 1000 m in the model where flow magnitudes are so small that molecular diffusion is the dominant transport mechanism. This detailed understanding of flow is required for the selection of the site for the waste disposal vault.

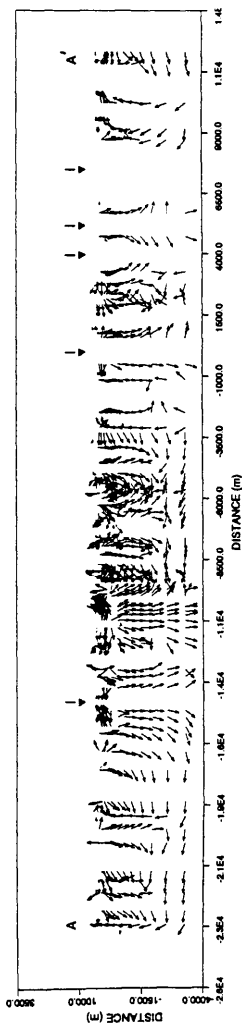


Fig. 3 Hydraulic cross section A-A' through calibrated model. Arrows trace direction of flow and flow pathways

3. ábra A-A' hidraulikus keresztmetszében a kalibrációs modell-területen keresztüli. A nyílak az áramlás irányját és pályáját mutatják. A szelvény nyomvonalát a 2. ábrán látható

The flow model was calibrated using pore fluid pressures measured in the network of boreholes at the WRA, as well as estimates of average groundwater recharge rates determined from experimental sites at the WRA. The recharge rate was used primarily to adjust the value of vertical permeability chosen for the top layer of the model. The lateral permeability and the permeability of the deeper layers in the model do not affect the calculations of recharge rate (OPHORI & CHAN 1994a b, OPHORI 1996, 1999). The mean annual recharge rate was estimated at about 5 mm from field experiments (THORNE 1990, 1992; THORNE & GASCOYNE 1993; THORNE et al. 1991, 1992). This recharge is about 1 percent of the average precipitation of 562 mm at the WRA and is within the range reported for other parts of the Canadian Shield (e.g. THORNE et al. 1994).

Fluid pressures measured in deep boreholes at the WRA were used for adjusting the input parameters in the deeper layers of the model. There were sixteen boreholes with depths of about 1000 m in which fluid pressure had been measured in several packed-off sections (STEVENSON et al. 1996b). These fluid pressures were converted to equivalent freshwater heads and used in the groundwater flow model calibration.

### Hypothetical vault location

The results of the final flow model were used in conjunction with AECL's particle tracking code, TRACK3D (NAKKA & CHAN 1994) to evaluate alternative locations for a hypothetical disposal vault. Using the TRACK3D

code, particles were released on a regular grid at different depths into the groundwater velocity field of the calibrated model and tracked to their exit points at surface. The advective travel times of the particles were also determined. Three different particle release depths, 500-, 750- and 1000 m, were analysed in detail.

The travel times of particles released at a depth of 750 m to their exit locations at the ground surface are depicted in Fig. 4. These travel times were used to select a location for a hypothetical disposal vault at a depth of 750 m in the modeled area.

Other aspects that were considered in choosing the location for the hypothetical vault were:

1. the location should have long travel times (minimum  $10^6$  a),
2. the location should be an area of at least 2 km by 2 km in size containing no regional fracture zones at the depth of the vault,
3. the location should have a reasonable level of field data control (i.e. borehole control within or near the location), and
4. the depth of the hypothetical vault should be within 500 m to 1000 m below groundwater surface.

The selected location for the hypothetical disposal vault is indicated in Figure 4. The site is about 5 km northeast of the location of the Underground Research Laboratory (URL). Details of the selection process are presented in OPHORI et al. (1996) and DAVISON et al. (1996).

### Summary

This paper is a summary of the regional groundwater flow simulations performed with a conceptual hydrogeologic model of the Whiteshell Research Area (WRA). The main purpose of the regional flow modeling was to develop a calibrated model of regional groundwater flow of the WRA, and then use the calibrated model to evaluate alternative locations for a hypothetical nuclear fuel waste disposal vault within the flow system.

The MOTIF finite-element code, developed by AECL, was used in the simulations. The conceptual model consisted of seventy-six regional fracture zones which occur in many directions at various angles in the background rock mass. The fracture zones were represented by two-dimensional elements embedded in a three-dimensional element mesh representing the rock mass.

The simulation was performed using average values of hydraulic parameters obtained from field data, and assuming that freshwater occupied the entire modeled region. The model calibration involved a comparison of simulated recharge rates and reference heads to their equivalent values as estimated from field data. A recharge rate of 4.8 mm/a was calculated from the results of the calibrated model. This rate compared favorably with the field estimate of 5.0 mm/a (few percent of precipitation) at the WRA.

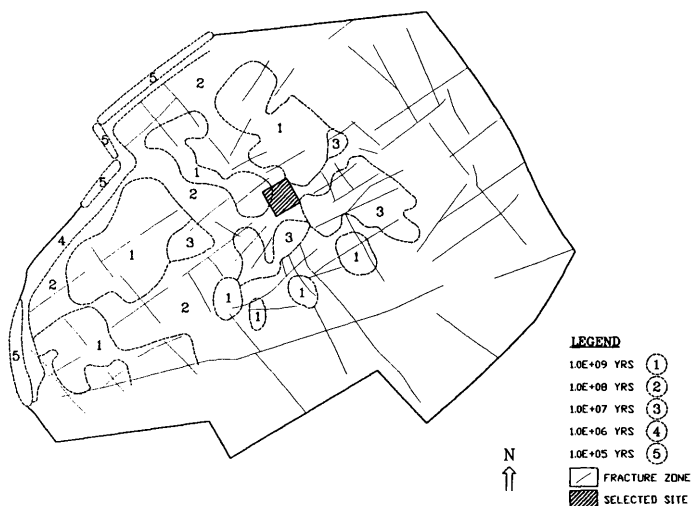


Fig. 4 Travel times of particles released from model depth horizon of 750 m

4. ábra A 750 m-es mélységi modellszintből kiszabadult részecskék vándorlási ideje

A particle tracking code, TRACK3D, was used to calculate advective travel times, pathways and exit locations of particles from various depths in the groundwater velocity field of the calibrated model. Using the travel times, alternative locations were evaluated with the view of selecting a location that maximizes the retention of vault contaminants within the groundwater flow regime. During this evaluation, consideration was focussed on areas of the WRA where subsurface field data were available. The selected location for the hypothetical disposal vault is about 5 km northeast of the URL lease area, where subsurface data exist.

### Acknowledgements

I thank N. W. SCHEIER, C. C. DAVISON, A. BROWN, M. GASCOYNE and D. R. STEVENSON for their constructive comments and helping to improve this paper. This work was performed for the Canadian Nuclear Fuel Waste Management Program, which is jointly funded by AECL and Ontario Hydro under the auspices of the Candu Owners Group.

## References

- CHAN, T, REID, J.A.K. & GUVANASEN, V 1997: Numerical modelling of coupled fluid, heat and solute transport in deformable fractured rock. – In: CHIN-FU TSANG (Ed): Coupled Processes Associated with Nuclear Waste Repositories, Academic Press, Inc., Orlando, Florida, 605–625.
- DAVISON, C. C., CHAN, T., BROWN, A., GASCOYNE, M., KAMINENI, D. C., LODHA, G. S., MELNYK, T. W., NAKKA, B. W., O'CONNOR, P. A., OPHORI, D. U., SCHEIER, N. W., SOONAWALA, N. M., STANCHELL, F. W., STEVENSON, D. R., THORNE, G. A., VANDERGRAFF, T. J., VILKS, P. & WHITAKER, S. H. 1994: The disposal of Canada's nuclear fuel waste: The geosphere model for postclosure assessment. – Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-10719, COG-93-9, Pinawa, Manitoba, Canada.
- DAVISON, C. C., BROWN, A., GASCOYNE, M., STEVENSON, D. & OPHORI, D. U. 1996: Understanding large scale groundwater flow to aid in repository siting. – Proc. of the Canadian Nuclear Society (CNS) Conference, September, 1996, Winnipeg, Manitoba, Canada, 7 p.
- GUVANASEN, V. 1984: Development of a finite-element code and its application to geoscience research. – In: Seventeenth Information Meeting of the Nuclear Fuel Waste Management Program. – Atomic Energy of Canada Limited Technical Record. TR-299.
- NAKKA, B. W. & CHAN, V. 1994: A particle-tracking code (TRACK3D) for convective solute transport modelling in the geosphere: description and user's manual. – Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-10881, COG-93-216.
- OPHORI, D. U. 1996: Regional groundwater flow in the Atikokan Research Area: Model Development and calibration. – Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-11081, COG-94-183, Pinawa, Manitoba, Canada.
- OPHORI, D. U. 1999: Constraining permeabilities in a large-scale groundwater system through model calibration. – *Jour. of Hydrology* 224, 1–20.
- OPHORI, D. U. & CHAN, T. 1994a: Regional groundwater flow in the Atikokan Research Area: Simulation of  $^{18}\text{O}$  and  $^3\text{H}$  distributions. Atomic Energy of Canada Report, AECL-11083, COG-94-185, Pinawa, Manitoba, Canada.
- OPHORI, D. U. & CHAN, T. 1994b: Simulation of  $^{18}\text{O}$  and  $^3\text{H}$  distributions in the Atikokan Research Area. – Proc. of the 1994 Nuclear Simulation Symposium, October 12–14, 1994, Pembroke, Ontario, 244–258.
- OPHORI, D. U., BROWN, A., CHAN, T., DAVISON, C. C., GASCOYNE, M., SCHEIER, N. W., STANCHELL, F. W. & STEVENSON, D. R. 1996: Revised model of regional groundwater flow of the Whiteshell Research Area. – Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-11435, COG-95-443, Pinawa, Manitoba, Canada.
- PATRAN 1989: PATRAN Plus user manual. Release 2.4. Costa Mesa, PDA Engineering 1989.
- STEVENSON, D. R., BROWN, A., DAVISON, C. C., GASCOYNE, M., MCGREGOR, R. G., OPHORI, D. U., SCHEIER, N. W., STANCHELL, F. W., THORNE, G. A. & TOMSONS, D. K. 1995: A revised conceptual hydrogeological model of a crystalline rock environment, Whiteshell Research Area, southeastern Manitoba, Canada. – Proc. of Solutions '95, International Association of Hydrogeologists, Congress XXVI, June 4–10, 1995, Edmonton, Alberta, Canada, 9.
- STEVENSON, D. R., BROWN, A., DAVISON, C. C., GASCOYNE, M., MCGREGOR, R. G., OPHORI, D. U., SCHEIER, N. W., STANCHELL, F. W., THORNE, G. A. & TOMSONS, D. K. 1996a: A revised conceptual hydrogeological model of a crystalline rock environment, Whiteshell Research Area, southeastern Manitoba, Canada. – Atomic Energy of Canada Limited Report, AECL-11331, COG-95-271, Pinawa, Manitoba, Canada.
- STEVENSON, D. R., SOLBERG, D., GORRIE, J. & BROADFOOT, R. 1996b: High groundwater pressures in massive grey granite rock, Whiteshell Research Area, Manitoba, Canada. – Atomic Energy of Canada Limited Technical Record.
- THORNE, G. A. 1990: Hydrogeology of surficial materials of Permit Areas D and F and the Lee River study area in the Whiteshell Research Area. Atomic Energy of Canada Limited Technical Record, TR-498, COG-90-315.
- THORNE, G. A. 1992: Soil moisture storage and groundwater flux in small precambrian shield catchments. – Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Northern Research Basins, 2, 555–588.

- THORNE, G. A., CLARKE, D.J. & LAPORTE, J. 1994: Groundwater discharge estimates and sources of streamflow for the Atikokan Research Area of northwestern Ontario. – Atomic Energy of Canada Limited Technical Record, TR-616, COG-93-350.
- THORNE, G. A. & GASCOYNE, M. 1993: Groundwater recharge and discharge characteristics in granitic terranes of the Canadian Shield. – *Memoirs of the IAH 24<sup>th</sup> Congress on „Hydrogeology of Hard Rock“*, Oslo, Norway, June 28 – July 2, 1993, 368–376.
- THORNE, G. A., LAPORTE, J. M. & CLARKE, D. 1992: Hydrogeology and hydrochemistry of the Rice Creek watershed of the Whiteshell Research Area 1986–90. – Atomic Energy of Canada Limited Technical Record, TR-570, COG-92-131.
- THORNE, G. A., LAPORTE, J. M. & CLARKE, D. 1992. Hydrometeorological data for the Dead Creek Watershed, southeastern Manitoba, 1982–89. – Atomic Energy of Canada Limited Technical Record, TR-540.
- TÓTH, J. 1963: A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. – *Jour. Geophys. Res.*, 68, 4795–4812.





# Using the Recharge Area Concept as a strategy for siting underground nuclear waste repositories

## Az utánpótlódási terület koncepció (Recharge Area Concept) stratégiai alkalmazása felszín alatti radioaktív hulladéktároló kutatásában

Grant SHENG<sup>1</sup> – József TÓTH<sup>2</sup>  
(2 Figures, 2 Tables)

*Key words: nuclear waste, geologic disposal, groundwater, recharge,  
discharge, waste repository, hydrogeologic modelling*

*Tárgyszavak: radioaktív hulladék, földtani elhelyezés, talajvíz, utánpótlódás, megcsapolás,  
hulladéktároló, hidrogeológiai modellezés*

### Abstract

The Recharge Area Concept is the proposition that in Canadian-Shield type natural environments recharge areas of regional groundwater flow systems are superior for high-level nuclear waste repositories to other types of groundwater flow regimes, especially to areas of groundwater discharge. This conclusion is reached from an analysis of basinal groundwater flow models. The calculations were made for a two-dimensional flank of a fully saturated topographic basin, 20 km long and 4 km deep, in which groundwater is driven by gravity. Variants of hydraulic-conductivity distributions were considered: 1) homogeneous; 2) stratified; and 3) stratified-faulted. The faults attitudes were changed by steps from vertical to horizontal for different variants. The model is assumed conceptually to represent the crystalline-rock environment of the Canadian Shield.

The hydrogeologic performances of hypothetical repositories placed 500 m deep in the recharge and discharge areas were characterized by thirteen parameters. The principal advantages of recharge-over discharge-area locations are: 1) longer travel paths and return-flow times from repository to surface; 2) robustness of predicted values of performance parameters; 3) field-verifiability of favourable hydrogeologic conditions (amounting to an implicit validation of the calculated minimum values of return-flow times); 4) site acceptance based on quantifiable and observable flow-controlling parameters; and 5) simple logistics and favourable economics of site selection and screening. As a by-product of modelling, it is demonstrated that the presence of old water is not an indication of stagnancy.

<sup>1</sup>Faculty of Environmental Studies, York University, 4700 Keele Street, Toronto, Ontario, M3J 1P3, Canada

<sup>2</sup>Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, Alberta, T6G 2E3, Canada

## Összefoglalás

Az utánpótlódási terület koncepció (Recharge Area Concept) lényege az, hogy a Kanadai pajzs típusú természetes környezetekben a regionális felszín alatti vízáramlási rendszerek utánpótlódási területei alkalmasabbak nagy radioaktivitású hulladéktároló kiépítésére más típusú felszín alatti vízenszerekénél, különösen a megcsapolási területeknél. Erre a következtetésre a medence méretű vízáramlási modellek elemzéséből juthatunk. A számításokat egy 20 km hosszú, 4 km mély topográfiai medence tökéletesen telített kétdimenziós szelvényére végeztük el, ahol a talajvizet a gravitáció mozgatja. A következő vízvezetőképesség-eloszlási eseteket vettük figyelembe: 1) homogén; 2) rétegzett; 3) rétegzett és töréses. A vetők helyzetét a különböző esetekre lépésenként változtattuk a függőlegestől a vízszintesig. A modellbe koncepcionálisan a Kanadai Pajzs kristályos kőzetekből álló környezetét építettük be. Az utánpótlódási és megcsapolási területeken 500 m mélységben elhelyezett képzeletbeli tárolók hidrogeológiáját tizenhárom paraméterrel jellemeztük. Az utánpótlódási területen lévő tároló leglényegesebb előnyei a megcsapoláshoz képest: 1) hosszabb vándorlási útvonalak és elérési idők a tárolótól a felszínig; 2) sokkal jobb várható paraméterértékek; 3) a kedvező hidrogeológiai feltételek terepi ellenőrizhetősége (ami az elérési idők számított minimum értékeinek egyértelműsítéséhez vezet); 4) a telephelynek a mennyiségileg meghatározható és észlelhető áramlási paramétereken alapuló elfogadása; valamint 5) a telephely kiválasztás és szűrés átlátható logisztikája és a kedvező gazdasági feltételek. A modellezés melléktermékeként az is kiderült, hogy az idős vizek jelenléte nem utal az áramlás hiányára.

## Introduction

### *The general concept of nuclear waste disposal*

The idea of permanent disposal of high-level nuclear waste (HLW) in terrestrial geologic media was extant from at least 1957 (National Research Council, 1957). Since the first international meeting held over 35 years ago (IAEA, 1960), there has been a tremendous amount of R&D (research & development) work done towards solving this problem. The general concept adopted internationally (e.g. Belgium, Canada, Finland, France, Germany, Holland, Japan, Spain, Sweden, Switzerland, UK, USA, etc.) involves the burial of radioactive wastes in underground repositories to be built approximately 500–1000 m deep in some stable, terrestrial geologic media with the addition of various engineered barriers to enhance further the confinement of contaminants (SHENG et al. 1993a; SHEMILT & SHENG, 1983). The existing international consensus on the practicability and efficacy of this general approach is typified by the „collective opinion” of the Organization for Economic Cooperation and Development/Nuclear Energy Agency (OECD/NEA), the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the Commission for European Communities (NEA/IAEA/CEC, 1991).

### *Technical issues*

Since the overriding concerns of this disposal endeavour are to ensure safety of humans and protection of the environment both now and far into the future, a convincing demonstration of the safety of the disposal system primarily involves technical issues. The first is associated with the capability to make forecasts of far-future events (especially those geologically related), and the second, with the extent that such forecasts can be „confirmed” in some fashion

within the obvious limits of our present time. However, the methodology as presently envisaged to implement the general concept faces some inherent difficulties in addressing these technical issues. These difficulties stem from the peculiarities of the disposal technology which is distinguished by at least two unique characteristics: (a) the very long time spans (tens-, or even hundreds-of-thousands of years) over which the disposal system must remain effective and, (b) no precedents exist for such an endeavour.

### *The geologic issue*

With respect to the first technical issue, much effort and resources have been devoted by the international community to geologic and geotechnical R&D work because of the concept's heavy reliance on the geology to act as a natural barrier (SHEMILT & SHENG 1983; SHENG et al. 1993a). It is axiomatic to view groundwater always as the negative agent that transports contaminants to the surface, and fractures as the conduits through which the groundwater does the transport. These assumptions stem from an implicit world-view that we must somehow create a „water-tight box“ to confine the contaminants. Although there is acknowledgement that absolute confinement may not be possible, it is, nevertheless, the idealized goal, as indicated by use of terms such as „waste isolation“, „multi-barriers“, etc. The „box“ is to be made „water-tight“ with a series of man-made (container, buffer, backfill, vault) and natural barriers (host geologic medium, and associated features). Thus, the major research effort internationally is directly or indirectly focused on how to keep groundwater (a) from intruding into the vault, (b) away from the waste, (c) from exiting the vault, (d) away from fractures; and (e) studying the influence of fracture and fracture-associated phenomena on the movement of groundwater. Both (d) and (e) have been, and continue to be, the main focus of R&D work under the present vision of waste disposal.

However, many years of intense research documented in publications such as GEOVAL (1987, 1990) have shown the great difficulties associated with items (d) and (e). There are at least two underlying factors that give rise to this situation: (1) an inherent characteristic of fractures is that they are essentially „discontinuous“ on the scale relevant to site characterization and, (2) although various theories exist to explain the formation and propagation of fractures, the phenomenon is so complex that accurate predictions or forecasting of their future behaviour, even in the short-term, is not yet within the realm of our present understanding and technology. Furthermore, as pointed out in SHENG et al. (1993a), even if it were possible to do such accurate predictions and characterizations, there is no guarantee that new fractures will not form during the time period that the disposal vault is required to remain effective. These are but several of the most salient and fundamental issues that the current disposal concept have yet to resolve.

### *The validation issue*

With respect to the second technical issue, the extent with which the forecasts from models can be confirmed (or to use the popular term in this field: „validated”) obviously has a great bearing on the degree of confidence one places on the models and their results. However, demonstration of the safety of the disposal system is problematical in this situation where the ultimate performance of the system at some distant point in the future cannot be ascertained. Adequate/satisfactory performance must be inferred based on a combination of: (a) our present understanding of natural processes, (b) knowledge about relevant system parameters, (c) our ability to design, and have confidence in, the engineered systems and (d) our ability to extrapolate this collection of knowledge far into the future.

Computerized simulation is the only means we have to carry out systematically and quantitatively such an extrapolation upon which to base an inference of satisfactory system performance so far into the future. While this paper presents the results of such a simulation study, the specifics of validating the underlying model must be dealt with in detail in another paper in accordance with a framework proposed by SHENG et al. (1993b).

### **The „Recharge Area Concept” – (RAC)**

In response to the challenges posed by these two issues, a new approach towards demonstrating safety performance called the Recharge Area Concept (RAC) has been proposed by TÓTH & SHENG (1996). Starting at the most fundamental level, the philosophical basis of this new approach is markedly different from that of the present waste isolation methodology. Rather than placing the emphasis on engineering „active” barriers (i.e., containers, buffers, backfills, etc. to isolate the waste) or avoidance of fractures in the geologic medium to confine or retard contaminant movement, the RAC approach relies on a natural fundamental force (gravity) to do the job in a „passive” fashion. By exploiting knowledge about regional groundwater flow patterns, one can strategically locate a repository at the recharge of a regional flow system so that escaping contaminants would be carried by water downwards deeper into the earth where they may be trapped in stagnant zones (areas of no-flow) or be transported along a very long flow trajectory during which time radioactive decay would render the radionuclides harmless, if and when, they do ever surface. In this approach, we assume that the repository will fail (i.e., leak contaminants) at some time in the future. Thus the RAC is a passive „safe-fail” system as opposed to the type of active „fail-safe” systems being developed internationally. Moreover, the adoption of the RAC as a siting strategy adds many other safety features and ultimately confers additional significant margins of safety to the disposal system as compared to the existing general disposal concept.

### *Premise for development of RAC*

The Recharge Area Concept is developed from two basic arguments. First, it is recognized that the favourable combination of maximum groundwater flow-path lengths with minimum flow velocities, ensuring maximum travel times and maximum dilution of contaminants, is most likely to occur along flow lines that originate in regional recharge areas. Second, for recharge positions it appears possible to confirm calculated travel times, i.e. to confirm model calculations to the extent needed for the guaranteed safety of a repository. The second point implies the assertion that minimum travel times can be established which cannot possibly be negated by unknown deviations from assumed geologic conditions such as, for instance, undetected fractures or fault zones. Such an assurance cannot, on the other hand, be given for other basinal areas, including those of groundwater discharge. Furthermore, adoption of the RAC as a guiding principle facilitates and rationalizes the practical procedural aspects of the selection, screening and evaluation of a repository location. Although economy and logistical ease are not specifically considered in this paper, the great advantages conferred in these respects by a siting strategy based on the RAC should not be ignored.

### *Assumptions of the RAC*

The following are assumptions underlying the RAC:

- 1) the RAC does not purport to predict the groundwater travel time (i.e. when the groundwater will re-surface at the discharge zone). It merely places a bound on the fastest time that the groundwater can possibly re-surface (hence „minimum travel time“);
- 2) the system only delays the escape of contaminants to the surface and does not necessarily confine them within the vault or the geosphere (i.e. the repository is assumed to fail sometime in the future);
- 3) the only significant medium for the transport of contaminants is the groundwater;
- 4) the contaminants cannot travel faster than the water „front“ - i.e. the leading edge of the transport medium;
- 5) the geologic medium in which the groundwater flows is saturated;
- 6) the RAC does not assume constant hydraulic conductivity of the geologic medium, nor constant fluid density with depth. (Although variations in values of these parameters can affect the “shape” of flow patterns, such as the idealized representations shown in *Figures 1 and 2*, they do not alter the general direction and other manifestations of the flow patterns.)

### *Demonstration of safety performance*

As discussed in SHENG et al. (1993b) and CASWELL (1976) the most important element in the process of validating a model is to have a clear understanding, and to provide a precise statement, in operational terms, of what the goal of the

Figure 1.

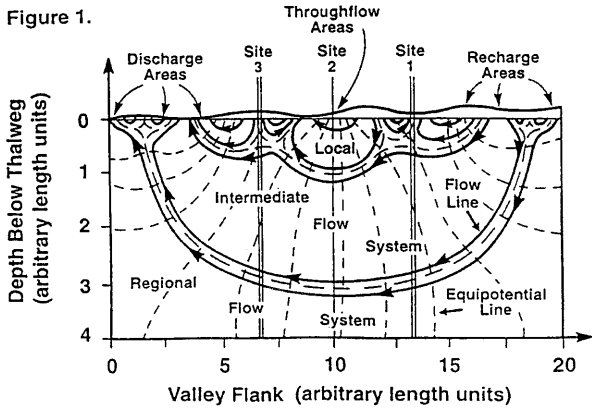


Fig. 1 Distribution of flow, hydraulic heads, and principal hydraulic regions in drainage basins with sinusoidally undulating water table superimposed on a linear regional slope (Composite Basin) (from TÓTH & SHENG 1996, Figure 1, p. 6)

1. ábra. A vízáramlás, a hidraulikus emelkedési magasságok és az elsődleges hidraulikai rezsimterületek eloszlása olyan vízgyűjtő medencében, ahol a talajvízfelszín egy lineáris lejtő és egy szinuszos hullámzás összege írja le (összetett medence)

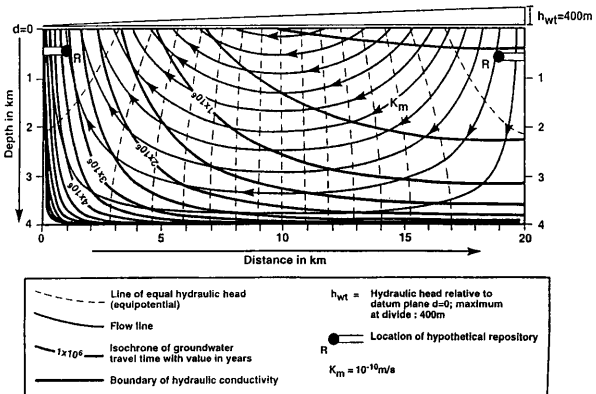


Fig. 2 Calculated distributions of hydraulic heads, groundwater flows lines, and isochrones of groundwater travel-time between water divide and valley bottom, in a basin of homogeneous matrix hydraulic conductivity (from TÓTH & SHENG 1996, Fig. 3, p. 11)

2. ábra. A hidraulikus emelkedési magasságok, felszínalatti vízáramvonalak és a vízválasztó és a völgy közötti áramlási idő izokronáinak számított eloszlása olyan medencében, melyben a mátrix hidraulikus vezetőképessége homógen eloszlású

model is. In this present example, the application of the RAC to repository siting, the goal is to demonstrate the safety performance of the disposal system by calculating a „minimum travel time” (MTT) for the contaminated groundwater to reach the surface. The MTT is the shortest (or equivalently, the fastest) time that the groundwater can possibly re-surface at the discharge zone. It is calculated based on an estimation of the shortest path length that the water can take from the repository to the surface in a regional groundwater flow system. The flow distribution and other associated characteristics of groundwater in such a system can be derived from the surface topography by applying the fundamental principle of groundwater flow as first elucidated by TÓTH (1963).

The MTT derived from a particular set of topographic and subsurface geologic conditions can, in the first instance, be compared with the half-life of any specific radionuclide of concern. Should the MTT be significantly greater than the half-life of a particular radionuclide (say ten times) then clearly that radionuclide can be deemed to pose no potential harm in the future. Should the half-life be greater than the MTT, then the maximum amount of the radionuclide that can possibly reach the surface can be calculated based on its initial inventory in the repository together with its half-life. The maximum possible dose from such a radionuclide can be calculated by estimating its concentration at the point of discharge at the surface. The surface area needed to estimate the concentration is upwardly bounded by the lateral extent of the discharge area which can be estimated from the particular set of topographic and subsurface geologic conditions used in the simulation study or, alternatively, based on actual measurements if a specific site is being investigated. The estimated dose figure can then be compared with the regulatory limit to decide if a particular hypothetical or actual site is safe.

#### *General approach to repository siting based on the RAC*

The practical approach to achieve the ultimate objective of safe waste disposal by employing the RAC may be summarized in the following seven basic steps:

- 1) Selection of a repository location from which groundwater travel times to prohibited points are assumed (from general considerations, experience and/or scoping calculations) to be sufficiently large.

- 2) Calculation of possible travel times by site-specific models of regional groundwater flow.

- 3) Calculation of measurable fluid-dynamic parameters of the groundwater flow regime.

- 4) Installation of exploratory instrumentation at key points in the basin.

- 5) Verification of the appropriateness (i.e. applicability) of the model by comparing the calculated fluid-dynamic parameters with their field determined values.

- 6) Acceptance/rejection of the model, depending on the degree of agreement between calculated and observed values of the dynamic parameters.

- 7a) If model is rejected, construction of new one and repeating of the process from Step 3.

7b) If model is accepted, acceptance/rejection of site based on a comparison of the calculated minimum travel times with the required minimum travel time.

Basic principles, concepts and procedures needed in the execution of the above seven steps, as well as considerations in support of the Recharge Area Concept, are briefly presented in the following sections.

### **Regional groundwater flow and its characterization**

The spatial and temporal distributions, the fluid dynamic properties and the wide array of natural manifestations, i.e. the general characteristics of gravity-induced regional groundwater flow have been studied extensively over the last three decades (TÓTH 1963, 1984; BREDEHOFT et al. 1982). Also, these issues are routinely treated in modern texts on hydrogeology (e.g. FREEZE & CHERRY 1979). For the present purposes it is necessary to review briefly only those characteristics which are directly relevant to the problem of nuclear waste disposal in the Canadian Shield.

#### *Groundwater Flow Systems: areas of recharge, discharge and throughflow*

Groundwater flow in the Canadian Shield is generally recognized to be driven by gravity, i.e. by elevation differences of the water table. The flow is regionally unconfined, that is, a change anywhere in the water table entails an adjustment of the flow pattern throughout the entire domain. In regionally unconfined gravity-flow fields, groundwater can be at rest only in the idealized situation where the upper surface of the water body, namely the water table, is horizontal and infinite in areal extent. In real conditions, however, as in the Canadian Shield, the configuration of the water table is a close replica of the topographic relief. In such cases, groundwater moves downward, or away from the water table, under topographically high regions; it moves upward, or toward the water table, beneath topographically low areas as, for instance, stream valleys or lake basins; and flow is parallel to the water table under medium elevations between mounds and vales. Based on their distinct functions in the subsurface hydrology of drainage basins these three different regions of groundwater hydraulics are termed, respectively, as recharge-, discharge- and throughflow-, or midline-, areas of groundwater (Fig. 1).

A family of flow lines originating in a given recharge area and terminating in a given discharge area is referred to as a groundwater flow-system. Flow systems terminating in discharge areas which are immediately adjacent to their recharge areas are called local systems, whereas the systems connecting the principal recharge areas with the principal discharge areas of a topographic basin are termed regional (Fig. 1). Intermediate systems may straddle one or more local systems without, however, extending from the principal watershed to the main valley. In basins with complex groundwater flow patterns (e.g., Fig. 1), different hydraulic regions of local and higher order flow systems may spatially coincide. At Site 2, for example, the discharge area of a local system is superimposed on the



descending limb, i.e. recharge portion, of the regional system, whereas at Site 3 local recharge is underlain by the regional discharge area.

Additional complications may be introduced into the pattern of basal groundwater flow by permeability variations. The effects on the flow patterns of heterogeneities, such as fault zones and fractures, depend on their degree, areal extent, orientation with respect to flow lines, and elevation of outcrop regions.

### *Comparison of key characteristics of regional groundwater flow regimes*

#### Flow in recharge vs. discharge areas

The two basic arguments upon which the RAC has been developed, as stated earlier, are: 1) that a position in a regional recharge area ensures the maximum degree of dilution and maximum possible travel times back to the land surface (as compared with other positions in a basin of similar hydrogeologic properties) for contaminants possibly escaping from a repository, and 2) that it is recharge environments where the groundwater flow-characteristics are sufficiently insensitive to discrepancies between actual hydrogeologic conditions and conditions assumed for purposes of calculations, to allow the construction of adequately robust flow models and their validation. Clearly, the above reasoning is relativistic: it compares the effects of different positions in topographically defined drainage basins on those hydrogeologic attributes which play a role in regional groundwater flow. The greatest contrasts in the basal scale hydrogeologic attributes can be expected to exist between regional recharge and discharge areas, which represent opposite end-members of basal flow- and transport-conditions (TÓTH 1984). It is logical, therefore, that a comparison between the relevant key characteristics of regional groundwater flow in recharge-and discharge-areas should provide an adequate test of the validity of the above arguments and, thus, of the Recharge Area Concept.

### **Model calculations**

The following sections briefly describe a modelling study which demonstrates the advantages of locating an underground repository in a regional recharge zone. Full details about the model, parameters, and results are given in TÓTH & SHENG (1996).

#### *Scope and method of model calculations*

Four key characteristics of basal groundwater flow have been calculated by numerical modelling. The calculations were performed for hypothetical repositories located at depths of 500 m and 1000 m respectively in both recharge-and discharge-areas of topographically defined basins which are underlain by a geologic framework of varying permeability distributions. The four flow characteristics are: 1) „return time”,  $t_s$ , or the travel time of water from a

repository to the land surface; 2) „repository-age of water”,  $t_r$ , or the travel time of water from the land surface to the repository; 3) „return route”,  $l_s$ , i.e. the length of flow line leading from the repository to the land surface in the direction of flow; and 4) „fault route”,  $l_f$ , or the total length of that flow line inside of a highly conductive fault which passes also through a repository. These characteristics were determined with reference to a point 500 m below the land surface and 1 km distant from the lateral boundaries of the basin (Fig. 2). The point is considered to represent the upper edge of a repository. The repository extends over a surface area of  $2 \times 2$  km (size of the reference repository in the Canadian disposal concept) and its centre coincides with the basin's lateral boundaries at both the water divide (recharge side) and valley bottom (discharge side).

The general purpose of the modelling experiments was to establish a conceptual reference framework of the key characteristics of regional groundwater flow for the Canadian Shield. To this end, basal patterns of hydraulic heads, flow lines and travel times were computed for a variety of basin-permeability configurations using geologic data and field conditions typical of Shield conditions.

The geometry of the modelled basin is constant for all variants. It simulates one flank of a centrally symmetrical depression as, for instance, one side of a river valley (TÓTH 1963). The width of the modelled basin's flank is 20 km and its depth at the valley is 4 km. The flow domain is enclosed by impermeable boundaries on the two sides and the bottom, and by a sinusoidal water table, (i.e. a sinusoidal distribution of the fluid potential) along the top (Fig. 2). The water table is higher by 400 m at the divide than at the valley bottom.

Two basic, or reference, distributions of basin permeability are used, namely: one homogeneous (Fig. 2) and one stratified into three horizontal depth ranges of different permeabilities. The latter case was further modified by the introduction of highly permeable fault zones which lead with a slope from points of fixed depths at the lateral basin boundaries to outcrops at the land surface or horizontally, to the opposite lateral boundary thus abutting against it without outcropping. The purpose of introducing the faults was to examine the potential effects on travel times and flow-path lengths of highly permeable conduits located at or near a repository that might remain undetected, and thus ignored, while modelling real life situations. In the different model variants, the attitude of the faults was changed by discrete steps between a vertical position at the boundary and the horizontal. The various characteristics and conditions of the model are summarized in Table I.

The key flow properties were determined by visual interpolation from the model's direct outputs, which are: basal patterns of equipotentials (hydraulic heads), flow lines, travel times (indicated by time-step beads on flow lines) and isochrone lines of the travel time. Specifically, travel times were estimated by interpolation between computed isochrone values, and travel distances were expressed as relative lengths along flow lines passing through the reference point. The calculations were performed by the code FLOWNET, developed by van ELBURG et al., (ENGLÉN & JONES 1986). FLOWNET models two-dimensional

Table 1 - 1. tábla

Model version (Name)	Basin Type	FAULT			TRAVEL TIME OF WATER	
		Position in Basin (same as repository)	Depth at near Boundary (m)	Distance of Outcrop from Boundary (m)	'Return time' from Repository to Surface $t_s$ (years)	'Age of water' at Repository (years) $t_c$
HRe0	homogeneous	rep.: recharge fault: none	N. A.	N. A.	$3,4 \times 10^6$	$8,0 \times 10^4$
HDI0	---	rep.: discharge fault: none	N. A.	N. A.	$9,5 \times 10^4$	$3,4 \times 10^6$
SRe0	stratified	rep.: recharge fault: none	N. A.	N. A.	$8 \times 10^6$	$1,25 \times 10^5$
SDI0	---	rep.: discharge fault: none	N. A.	N. A.	$1,1 \times 10^5$	$8,0 \times 10^6$
SRe5/1,6	stratified	recharge	500	1600	$3 \times 10^6$	$2,0 \times 10^5$
SRe5/13,6	---	---	500	13600	$1,3 \times 10^6$	$3,2 \times 10^4$
SRe5/20,0	---	---	500	20000	$8,3 \times 10^5$	$3,0 \times 10^4$
SRe5/h	---	---	500	horizontal	$(3,5 \text{ to } 8,7) \times 10^5$	$3,0 \times 10^4$
SRe10/2,6	stratified	recharge	1000	2600	$2,96 \times 10^6$	$6,5 \times 10^4$
SRe10/11,4	---	---	1000	11400	$1,17 \times 10^6$	$2,8 \times 10^4$
SRe10/20,0	---	---	1000	20000	$9,5 \times 10^5$	$2,7 \times 10^4$
SRe10/h	---	---	1000	horizontal	$(1,83 \text{ to } 5,0) \times 10^5$	$2,7 \times 10^4$
SDI5/2,8	stratified	discharge	500	2800	$1,8 \times 10^5$	$2,6 \times 10^6$
SDI5/11,2	---	---	500	11200	$2,7 \times 10^4$	$1,26 \times 10^6$
SDI5/20,0	---	---	500	20000	$2,3 \times 10^4$	$8,5 \times 10^5$
SDI5/h	---	---	500	horizontal	$2,7 \times 10^4$	$6,5 \times 10^5$
SDI10/2,6	stratified	discharge	1000	2600	$6,3 \times 10^4$	$3,0 \times 10^6$
SDI10/11,4	---	---	1000	11400	$2,8 \times 10^4$	$1,15 \times 10^6$
SDI10/20,0	---	---	1000	20000	$2,5 \times 10^4$	$7,0 \times 10^5$
SDI10/h	---	---	1000	horizontal	$2,5 \times 10^4$	$4,2 \times 10^5$

steady state, groundwater flow in a rectangular, heterogeneous and anisotropic domain of the subsurface with arbitrary water-table configuration, by the technique of finite differences.

### Discussion of modelling results

Thirteen hydrogeologic characteristics that have been calculated by the groundwater flow-modelling and are relevant to the development of a strategy for repository site-selection are summarized in Table II. In order to emphasize the contrast between conditions in recharge and discharge areas the characteristics for these hydraulic regions are juxtaposed in the Table. The unfaulted stratified basin is considered as the basic, or reference, basin. The hydrogeologic conditions established for this basin variant are accepted as the fundamental rationale for the Recharge Area Concept. The faulted-basin variants have been generated in order to examine if the presence of conduit faults might negate the conclusions drawn from the basic model.

The most fundamental advantage of a repository location in a regional groundwater recharge area as opposed to that in a discharge area is summed up in the first four items in Table II. Collectively they indicate that in a recharge area, groundwater flows downward with respect to the land surface, at decreasing velocities which may approach zero in the direction of flow and beneath the water divide. Conditions are opposite, on the other hand, in discharge areas: water moves from depth toward the land surface with increasing intensity in the directions of flow and the thalweg boundary. In the field, the sense of flow

Table II – II. tábla

Item Number	HYDROGEOLOGIC CHARACTERISTICS	GROUNDWATER REGION	
		RECHARGE AREA	DISCHARGE AREA
1 *	hydraulic head gradient	upward	downward
2 *	vertical pressure gradient	less than hydrostatic	greater than hydrostatic
3 *	vertical component of flow	downward	upward
4 *	driving-force past the repository in direction of flow and toward divide	downward weak, decreasing to zero	upward strong and increasing
5 **	minimum return route from repository to surface (unfaulted stratified basin)	greater than 20 km	500 m
6	effect of faults on minimum return route (unfaulted)	reduce to ~20 km	nil
7 **	return-time from repository to surface (unfaulted stratified basin) $t_s$	$8 \times 10^6$ a $t_{sR}$	$1,1 \times 10^5$ a $t_{sD}$
8	effect of dipping faults on minimum return time from repository	reduce to: $(3 \text{ to } 0,83) \times 10^6$ a	possibly increase up to $1,8 \times 10^5$ a, mostly reduce to $0,23 \times 10^5$ a
9	effect of horizontal fault on minimum return time from repository	reduce to: $(1,83 \text{ to } 5,0) \times 10^5$ a	reduce to: $2,5 \times 10^4$ a
10 **	minimum flow-path length from surface to repository (unfaulted stratified basin)	500 m	greater than 20 km
11	effect of faults on minimum flow-path length to repository (unfaulted)	nil	reduce to ~20 km
12 **	age of water at repository (unfaulted stratified basin) $t_r$	$\sim 1,3 \times 10^5$ a $t_{rR}$	$\sim 8,0 \times 10^6$ a $t_{rD}$
13	effect of faults on age of water at repository	reduce to: $\sim (2,7 \text{ to } 3,2) \times 10^4$ a	reduce to: $\sim (0,42 \text{ to } 2,6) \times 10^6$ a

\* general conditions

\*\* conditions in reference (unfaulted and stratified) basin

directions can be readily determined by measurements of fluid pressures and/or water levels in wells.

As a consequence of the opposite nature of conditions in these hydraulic environments, two associated key characteristics, namely the return-route length and the return time also are more favourable for recharge area locations (Table II, Items 5, 7). Contaminants, possibly escaping from a recharge-area repository would have to travel virtually the full width of the basin plus twice the depth to which regional flow would take them. If originating from areas within one kilometre of the divide boundary, this flow penetrates into the low permeability basement thereby delaying contaminant return both by adding distance and reducing velocity; the route length is significantly greater than 20 km. From a discharge area position, on the other hand, the contaminants would only have to travel 500 m, mostly through the high permeability weathered zone, to reach the land surface. The different conditions are amply reflected by the difference in return times (Table II, Item 7):  $8 \times 10^6$  a for the recharge area repository and  $1.1 \times 10^5$  a for the discharge area repository. Both the return-route length and the return time have significant bearings on the safety of a nuclear waste facility. The longer the route, the greater a proportion of the contaminants is adsorbed on the rock matrix's minerals; the longer the travel time the larger proportion of the radioactivity decays.

The age of the water in the recharge and discharge areas (Table II, Item 12) are noteworthy from two stand-points. During the  $1.3 \times 10^5$  years that descending meteoric waters take to reach a repository in a recharge area they will be largely depleted in free or dissolved oxygen and will not be an oxidizing agent. In the

discharge area, on the other hand, by virtue of its high age, an  $8 \times 10^6$  year old water could be mistaken to indicate stagnancy, yet it is only  $1.1 \times 10^5$  years away from the surface.

All the above numbers are modified by the presence of faults. Nevertheless, all the parameters have minimum values that can be evaluated for realistic conditions.

Thus, faults can reduce the return-route length to a minimum of approximately 20 km for a recharge-area repository, but cannot change the 500 m in a discharge area. Similarly, the return travel times can be significantly reduced by faults in recharge areas: from  $8 \times 10^6$  to  $0.18 \times 10^6$  years in the absolute extreme (the minimum value of the error bar), but more likely only to approximately  $0.8 \times 10^6$  years (Table II, Items 7, 8, 9). An important point here to note is that, with the exception of those recharge area faults which run the full length of the basin and outcrop in the valley bottom, none of the faults can convey water directly from the vicinity of the recharge divide to the land surface. But even in these extreme cases, water that descends from the surface within one kilometre of the basin's crest is forced to move across these faults down into the low velocity or the stagnant zone of the basin and then travel its full width, largely through the low permeability basement, to emerge in the discharge area some 107 years later! All these numbers can be increased purposefully further by selecting a basin configuration with a lower elevation difference between valley and the upland, a longer flank and a broader divide than those in the present model. Faults may reduce the return travel times in discharge areas also. In the calculated cases (Table II, Items 7, 8, 9) the reduction is from  $1.1 \times 10^5$  to  $2.3 \times 10^4$  years. (Actually, the upper limit obtained for a near vertical fault is  $\sim 4 \times 10^5$  years.) However, because return times and return-route lengths are controlled by local conditions in discharge positions, modifying the regional basin characteristics, namely by the choice of the basin, will have little or no effect on these parameters.

### Summary and conclusion

1) A new approach in demonstrating the safety performance of an underground nuclear waste disposal facility is proposed. Based on the Recharge Area Concept, it embodies the view that a clear understanding of regional groundwater flow patterns can be exploited so as to have groundwater delay the transport of escaped contaminants to the surface through either entrapment in stagnant zones of no-flow or through transport along a very long flow trajectory. This passive 'safe-fail' system can be seen as adding another „barrier“ to the planned system of engineered/geologic multi-barriers as envisioned in the existing general disposal concept adopted internationally.

2) In addition to the enhancement of total system safety, a siting strategy based on the RAC makes it possible to confirm modelling results with field measurements that can be extrapolated far into the future.

3) From the viewpoint of contamination transport by groundwater, recharge areas are superior to discharge areas for the siting of high level nuclear waste

repositories. Recharge area locations assure considerably greater minimum travel-path lengths and return-flow times than do discharge area locations, and their effectiveness can be evaluated and purposefully modified; this type of control is not possible for discharge area locations.

4) The possible presence of, even undetected, faults does not negate nor compromise the theoretical superiority or the suitability of recharge areas.

5) The hydrogeologic conditions required for the suitability of a recharge area location can be recognized and confirmed from field observations, and to the extent needed for safety, evaluated and critically assessed by modelling. This is not possible for discharge-area positions: the sensitivity of regional hydrogeological conditions to changes in their controlling factors is low as compared with that of the local conditions. Consequently, regional model estimates are robust relative to those from local models.

6) Regional groundwater flow can be exploited to enhance the role (utility) of the geosphere as a barrier to radioactive waste transport by judiciously selecting the basin and locating the repository near the basin's crest. Such deliberate exploitation, as it were engineering, of natural conditions is not possible for discharge-area repository-positions.

7) Adoption of the RAC as a siting strategy would greatly minimize the economic cost and simplify the logistics of site screening and selection, especially if properly used with GIS and remote sensing technologies that are presently available and undergoing significant development.

### Acknowledgements

The authors wish to thank dr. van ELBURG for providing the FLOWNET computer program used in the modelling calculations; to Ms Liane SCHLICKENRIEDER for assistance in running the model; to the Technical Advisory Committee for its support of this work; and to its members for their valuable comments and discussions in refining the RAC. The research was also supported by a Natural Sciences and Engineering Research Council grant to G. SHENG.

### References

- BREDEHOFF, J. D., BACK, W. & HANSHAW, B. B. 1982: Regional Ground-water Flow Concepts in the United States; historical perspectives. – *Geological Society of America Special Paper* 189, 297–316.
- CASWELL, H. 1976: The validation problem. – In: PATTEN, B. C. (Ed.): *Systems Analysis and Simulation in Ecology*, Vol. IV, *Academic Press*, 313–325.
- ENGELN, G. B. & JONES, G. P (Eds) 1986: Development in the analysis of groundwater systems. – *International Association of Hydrogeological Sciences, Publication Number* 163, 127–140.
- FREEZE, R. A. & CHERRY, J. A 1979: *Groundwater*. – 604 p., Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- GEOVAL 1987: A symposium on validation of geosphere flow and transport models organized by the Swedish Nuclear Power Inspectorate, SKI, in cooperation with OECD/NEA. Stockholm.
- GEOVAL 1990: A symposium on validation of geosphere flow and transport models organized by the Swedish Nuclear Power Inspectorate, SKI, in cooperation with OECD/NEA. Stockholm, May 14–17.

- IAEA 1960: Disposal of radioactive wastes. – Proceedings of a conference held in Monaco, Nov. 1959. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- National Research Council, 1957: Publication 91, National Academy Press, Washington, D.C.
- NEA/IAEA/CEC 1991: Disposal of radioactive wastes. Can long-term safety be evaluated? A collective opinion of the Radioactive Waste management Committee, Advisory Committee, International Atomic Energy Agency. – OECD Nuclear Energy Agency, Paris.
- SHEMILT, L. W. & SHENG, G. 1983: An Overview of nuclear waste management. – *Energy, Exploration, and Exploitation*, 2/1, 42–55.
- SHENG, G., LADANYI, B. & SHEMILT, L. W. 1993a: Canada's High-Level Nuclear Waste Disposal Concept: The evaluation process and a review of some aspects of the research work. – *Energy Studies Review*, 5/3, 165–179.
- SHENG, G., ELZAS, M. S. E., ÖREN, T. I. & CRONHJORT, B. T. 1993b: Model validation: A systemic and systematic approach. – *Reliability Engineering and System Safety* 42, 247–259.
- TÓTH, J. 1963: A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. – *Journal of Geophysical Research* 68/16, 4795–4812.
- TÓTH, J. 1984: The role of regional gravity flow in the chemical and thermal evolution of groundwater. – In: HITCHON, B. & WALLICK, E. I. (Eds): Proceedings, First Canadian/American Conference on Hydrogeology; Practical applications of groundwater chemistry, Banff, Alberta, Canada, June 22–26, 1984, Worthington, Ohio, National Water Well Association, 3–39.
- TÓTH, J. & SHENG, G. 1996: Enhancing safety of nuclear waste disposal by exploiting regional groundwater flow: The Recharge Area Concept. – *Hydrogeology Journal* 4/4, 4–25.





# A bizonytalanság értékelése a földtudományokban

## The role and handling of uncertainty in the Earth's sciences

BÁRDOSSY György<sup>1</sup> – FODOR János<sup>2</sup> – MOLNÁR Péter<sup>3</sup> – TUNGLI Gyula<sup>3</sup>  
(8 ábra, 4 táblázat)

*Key words: bootstrap methods, error, fuzzy sets, reserve estimation, uncertainty*

*Tárgyszavak: ásványra nyomon becslés, bizonytalanság, bizonytalan halmazok, bootstrap módszerek, hiba*

### Abstract

The aim of this article is to review the main problems of uncertainty in the Earth's Sciences, particularly in geology and to propose methods for their handling. The term error is applied in this paper for quantified uncertainty. That is, the error is the difference between a true value and an estimate of that value. The error consists of the following main components:

- The natural variability of geologic objects and processes.
- The error of measurements, where measurement bias and random deviations should be distinguished.
- The limited possibility to sample geologic objects in space and time.

Mathematical methods are used to quantify uncertainty. Unfortunately, the theory of probability has certain limitations when applied to geological problems:

- The additivity axiom does not allow gradual transitions from one population to the other.
- Several statistical methods prescribe repeated experiments, impossible to perform in many geological investigations, e.g. repeated drilling of borehole sets with small changes of location.

The statistical study of „closed systems“ leads in several cases to spurious results.

For the handling of uncertainties and error the authors suggest the application of some up to date mathematical methods, such as:

- Geostatistics, that is the theory of regionalized variables.
- Interval analysis.
- Fuzzy set theory (see *Figure 1*).
- Bootstrap methods.
- Jackknife methods.
- Cross validation.

In the next section the authors review generalized steps of the geologic investigations respective to uncertainty and error. The following steps are discussed:

- Representative sampling of geologic objects in space and time.
- Measurements and observations on geologic objects.
- Descriptive statistical evaluation of the data obtained.
- Inferential evaluation and modelling.

<sup>1</sup> 1055 Budapest, Kossuth L. tér 18

<sup>2</sup> Állatorvostudományi Egyetem Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék 1078 Budapest, István út 2.

<sup>3</sup> Golder Associates Hungary, 1021 Budapest, Húvösvölgyi út 54.

- Predictions in space and time based on the models.

Four tables were constructed containing the main subjects of the topics listed above, the reasons of uncertainty for each case and the suggested mathematical methods to solve the problems. The spatial, the temporal and the complex predictions are discussed separately and methods are suggested for the solution of each problem. The most difficult task is to perform predictions for complex systems, such as reserve estimations of mineral deposits, environmental impact statements for constructions in and on geologic objects, safety assessments for the disposal of toxic and radioactive waste etc. According to our knowledge, only traditional deterministic and stochastic methods were applied so far to handle the above listed tasks.

Unfortunately, the meaning and role of uncertainty, error, random events and risk are often confounded in the articles dealing with these problems. Therefore, definitions and explanations of these notions are presented in this paper.

The fuzzy methods are considered by the authors to be particularly efficient in solving the problems of uncertainty and error in geology. Four examples are presented to illustrate the application of the method:

Differential thermogravimetry is suitable to detect the mineral composition of rock and soil samples. The MOM derivatograph with an attached computer measures the phase composition with an average  $\pm 10\%$  weight error. The limit of detection varies from 1 to 5%, depending on the chemical and mineral compositions of the sample. 36 rock samples, collected from the late Permian Boda Claystone Formation (southern Hungary) were measured and evaluated first by the traditional method, furnishing crisp values and in a second step by the fuzzy method. It is of top importance that the calculation of the fuzzy numbers occurred jointly by the thermoanalyst, the geologist and the mathematician, thus assuring a maximum level of measurement and geologic experiences. The results of a selected sample are presented on Figure 2. The statistical evaluation of the fuzzy numbers of all samples opened the possibility to distinguish the natural variability of the formation from the errors of measurement. Ranking the minerals according to the amount of measurement error (expressed by the fuzzy numbers) furnished new information about the methodology of the measurements and the properties of the formation. The results of these evaluations will be published in a separate paper.

A similar evaluation was carried out on 36 samples collected from the same formation, by using X-ray diffractometry and X-ray spectrometry. The average error of the phase analysis was  $\pm 10\%$  and the limit of detection varied from 0.5 to 5%. Figure 3 illustrates the crisp and fuzzy results of the phase analysis of one rock sample. Here again a statistical study of the crisp and fuzzy numbers was carried out. The results were correlated with different rock features. These results will also be published in a separate paper.

The measurement of water transmissivity in fractured rocks is a particularly complex and difficult problem. 32 packer measurements from boreholes in the above mentioned Boda Claystone Formation were evaluated by traditional and fuzzy methods. Additionally 104 packer measurements from boreholes in the granite massif of Mórág, southern Hungary, were also evaluated. The results of some measurements represented by fuzzy numbers are shown on Figures 4. 5. and 6.

The identified mineral deposits are of particular geologic and economic interest. Experiences show that in many places the following basic mathematical rules are not observed when calculating ore reserves:

- Ranges of influence are not calculated for the main parameters of the calculations.
- Normality of the main features is not checked by corresponding normality-tests, however non normal, highly asymmetric distributions are frequent. In such cases robust M-estimators or non-parametric methods should be applied.
- The results of the reserve calculations are presented in the form of point-estimates, instead of interval estimates, referring to an adequately chosen level of confidence.

In the above cases the ore reserves are significantly biased. Furthermore, the traditional methods do not allow sufficient insight into the uncertainties and errors of the calculations. To eliminate these shortcomings, a new methodology is presented by the authors, based on the fuzzy set theory:

Determination of the area of the reserves. First the geologically most probable contours are constructed, taking into account all available geological and geophysical information about the deposit. The minimum area is then determined for the case when all features (circumstances) take

most unfavourable values. In a third step the maximum area is calculated for the most favourable values. *Figure 7* represents an example of these extreme boundaries, taken from the Halimba bauxite deposit (Hungary). Finally a triangular fuzzy number is constructed by these three results.

Determination of the average thickness. First normality tests are performed and the corresponding methods are applied to calculate the average thickness. The standard error of the mean is taken for the „core” of a trapezoidal fuzzy number. A confidence interval is calculated, using 95 % level of confidence. This interval corresponds to the „support” of the fuzzy number, representing the average ore thickness.

Determination of the average bulk density of the ore. First step is the determination of the analytical error of the bulk density determinations. Normality test for the distribution of analytical results follow. The standard error of the mean gives the core, the confidence interval at 95% level of confidence the support of the resulting trapezoidal fuzzy number.

Calculation of the reserves. The three fuzzy numbers are multiplied following the rules of fuzzy arithmetic. The resulting fuzzy number represents the ore reserves (*Figure 8*). The minimum and maximum values of the support indicate only the two extreme situations, with the best and worst conditions. The real range of possibility is indicated by the core of the fuzzy number.

Calculation of ore quality occurs in the same way as for the quantity of ore.

Recoverable ore reserves can be also calculated when taking into account the planned mining losses and contaminations. The errors of these two parameters are included into the construction of the corresponding fuzzy number.

Commercial reserves can be calculated by taking into account the corresponding technical and economic parameters. The errors of these parameters serve as input values for the construction of the corresponding fuzzy number. These fuzzy numbers allow the calculation of the probability and of the amount (consequences) of investment and mining risk.

For the detection of undiscovered mineral deposits – in known districts – special probabilistic methods have been developed, such as the weights-of-evidence, the weighted logistic regression (ACTERBERG et al.1993) and the probabilistic neural networks methods (SINGER & KOUDA 1997, 1999).

Conclusion. A systematic study of uncertainty and error is suggested by the authors for all steps of geologic investigations. A great advantage of the fuzzy approach is the interdisciplinary cooperation of the geologist, the mathematician and the expert of the given field of study. The application of the above listed new mathematical methods should take place in as many fields of geology as possible.

## Összefoglalás

A földtudományi kutatások során közismerten sok bizonytalansággal találkozunk. Ennek ellenére viszonylag kevés cikk foglalkozik ezzel a kérdéssel (KACEWICZ 1993; MANN 1993; PORTER & HARTLEY 1997; Proc. NEA Workshop 1987) és ezek a dolgozatok is csak egy-egy részterületet érintettek. Eddig egyetlen olyan cikkel sem találkoztunk, amely a bizonytalanságot a földtudományok egészében, átfogóan értékelné. A jelen tanulmány célja ezért a bizonytalanságok átfogó áttekintése, továbbá olyan módszerek bemutatása, amelyekkel csökkenteni lehet őket. Alapvetően a tágabb értelemben vett földtan tudományterületére összpontosítottuk figyelmünket, de egyes esetekben a geofizikai, földrajzi, bányászati, sőt meteorológiai problémákra is kitekintettünk.

## Alapvető fogalmak

A bizonytalanság földtudományi definícióját nem sikerült fellelnünk a hazai és a nemzetközi szakirodalomban. A legismertebb földtani értelmező szótár, az amerikai Glossary of Geology (1987), továbbá a francia Dictionnaire de géologie (1984) nem tartalmazza a bizonytalanság címszót. A Merriam-Webster`s Collegiate Dictionary (1997) szerint a bizonytalanság (uncertainty) annak tudata, hogy megfigyeléseink és méréseink a természeti valóságtól többé-kevésbé eltérhetnek. A földtudományi szakirodalomban többször is keveredik a

bizonytalanság és a hiba fogalma, pedig a kettő nem ugyanaz. A fent említett Merriam-Webster's Collegiate Dictionary szerint a hiba (error) valamely megfigyelés vagy mérés eredményeinek eltérése a valóságtól. Ezért számunkra a hiba a számszerűsített, hibahatárok közé szorított bizonytalanság. A bizonytalanságnak és a hibának véleményünk szerint két összetevője van:

Az első a földtudományi képződmények, jelenségek és folyamatok természetes változékonysága (variability) (WHITTEN 2000). Ezen belül a változékonyság mértéke igen különböző lehet a viszonylagos egyveretűségtől (homogenitástól) a nagyfokú változékonyságig. E mellett a változékonyság jellege is befolyásolja a bizonytalanságot. Tapasztalataink szerint a változékonyságnak szabályos (rendezett) és szabálytalan (rendezetlen) összetevői vannak. Rendezett összetevő pl. az üledékösszletekben gyakran megfigyelhető ciklusosság, vagy egy fokozatos változást jelző trendfelület. Ezeket megfelelő vizsgálatokkal fel lehet ismerni és szabályszerűségeket matematikailag is le lehet írni. A rendezetlen összetevőknél erre nincs mód. Ismereteink szerint a földtudományok területén nincs sem tökéletes rendezettség, sem rendezetlenség. Az utóbbit káosznak nevezik. A legutóbbi években a rendezettség és a káosz vizsgálata a légköri jelenségek megismerésében fontos új felismerésekhez vezetett (GÖTZ 1998).

A földtudományi kutatások megismerési folyamatként is felfoghatók. Az ennek során végzett mérések és megfigyelések sohasem érhetnek el tökéletes pontosságot, mindig van kisebb, vagy nagyobb hibájuk. Ez is tényezője a bizonytalanságnak. A mérési hibák értékeléséhez és csökkentéséhez elengedhetetlenül szükséges a véletlenszerű és a szisztematikus jellegű hibák megkülönböztetése. E kérdéskörnek elsősorban a kémiai analitikában van kiterjedt szakirodalma, amelynek fő megállapításai azonban a földtani tárgyú mérésekre is érvényesek (DAY & UNDERWOOD 1991). További hibaforrás az, hogy nincs módunk a vizsgált földtani képződmény minden egyes pontjának megközelítésére és megvizsgálására. Közismert, hogy a felszíni feltárások, fúrások, aknák és a földalatti bányászati létesítmények többnyire csak az adott képződmény töredékének közvetlen megismerésére nyújtanak lehetőséget. Ezért is van nagy jelentősége a geofizikai méréseknek, mert olyan helyekről is információt szolgáltatnak, ahova egyébként nem tudnánk eljutni. Azt sem szabad viszont figyelmen kívül hagynunk, hogy maguknak a geofizikai méréseknek is van hibájuk.

Hagyományos kiértékelési módszerekkel a természetes változékonyságot és a mérési hibákat nem lehet egyértelműen megkülönböztetni. Ez különösen akkor baj, ha a mérési hiba nagyobb a természetes változékonyságnál. A megismerési folyamat során egyre több adatra teszünk szert. Ezeket szakterületenként a legkülönbözőbb földtani, őslénytani, földrajzi, geofizikai stb. módszerekkel dolgozzák fel. Van azonban egy általánosan érvényes szempont is, nevezetesen az, hogy minél több adattal rendelkezünk, annál inkább nélkülözhetetlenek a feldolgozáshoz a matematikai módszerek! A bizonytalanságok és a hibák szemszögéből nézve a matematikai módszerek alkalmazásának kettős célja van:

- A bizonytalanság felváltása számszerűsített hibahatárokkal.
- A pontosság megnövelése a hibahatárok szűkítésével.

### A bizonytalanság és hiba csökkentésére alkalmazható matematikai módszerek

A földtudományokban eddig főként a hagyományos matematikai statisztika módszerei nyertek alkalmazást, beleértve ide a robusztus és nemparaméteres, az egy, két és sokváltozós módszereket. Ezek a módszerek olyannyira ismertekké váltak, hogy ismertetésüket itt feleslegesnek tartjuk. A hagyományos valószínűségelmélet azonban csak korlátozott mértékben nyújt lehetőséget a bizonytalanságok kezelésére. Ennek oka a valószínűségelmélet alaptételeiben (axiómáiban) rejlik. KOLMOGOROV (1933) a valószínűségelmélet alábbi három axiómáját fogalmazta meg:

1. Az adott eseménytér minden A eseményéhez tartozik egy  $P(A)$  szám, amely az A esemény valószínűségét fejezi ki, és amelyre teljesül, hogy  $0 < P(A) < 1$
2. A biztos esemény valószínűsége 1, azaz  $P(\Omega) = 1$
3. Az egymást páronként kizáró események összegének valószínűsége az egyes események valószínűségének összegével egyenlő, azaz

$$P(A_1 + A_2 + \dots + A_n) = P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n)$$

A harmadik axiómát nevezik az additivitás törvényének és ez a valószínűség sztochasztikus meghatározásának legfontosabb alaptétele. E törvényből következik, hogy egy mérési pont vagy teljes mértékben az adott populációhoz tartozik, vagy egyáltalában nem tartozik hozzá. Márpedig tapasztalataink szerint a földtudományok területén többnyire nincsenek ilyen éles határok. Így a földtani képződmények igen gyakran fokozatosan mennek át egymásba. Pl. üledékfáciesek, magmás képződmények kőzetfajtái, vagy a metamorf fáciesek. Az átmeneti zónában a mérési pontok mindkét szomszédos populáció tulajdonságait magukba foglalják kisebb, vagy nagyobb mértékben. Mivel ez a jelenség az additivitás törvénye alapján nem írható le valóság-hű módon, éles mesterséges határok felvételéhez vezetett. Ugyanezen okból a egyes mérési bizonytalanságokat sem lehet a valószínűségelmélet alapján megfelelően jellemezni.

Számos statisztikai becsléshez megismételt mintavételre van szükség. A földtani kutatás során azonban erre többnyire nincs lehetőség. Vegyük például egy ásványi nyersanyagtelep kutatását, ahol szabályos hálózatban 100 fúrászt mélyítették le. A megismételt mintavétel ebben az esetben azt jelentené, hogy a hálózat lefúrását némi eltolással és forgatással legalább harmincszor meg kellene ismételni. Nyilvánvaló, hogy ez teljesíthetetlen követelmény, ami egyszerűen nem valósítható meg. Ekkor viszont a becslés hibáját nem lehet kiszámítani.

További korlátozást jelentenek az ún. zárt rendszerek, melyek összege egy előre meghatározott fix szám. Ilyen rendszert képeznek például a kőzetek százalékos megadott vegyelemzése és ásványfázis-elemzése. Elméletileg kimutatták, hogy a zárt rendszereken végzett egyes statisztikai számítások, pl. korrelációvizsgálatok többé-kevésbé hibás eredményekhez vezetnek (CHAYES 1960).

A matematikai statisztika alkalmazását végül egy bizonyos minimális mintaszám is korlátozza. Gyakorlati statisztikusok tapasztalatai szerint kb. 30 az

a minimális mintaszám, amely mellett a statisztikai számítások eredményeit még szavahihetőnek tekinthetjük (TUKEY 1977). Sajnos a földtani kutatások során gyakran előfordul, hogy ennél kevesebb mintára tudunk szert tenni, ami korlátozza a hagyományos statisztikai módszerek alkalmazhatóságát.

Az utóbbi évtizedekben több olyan új matematikai elméletet dolgoztak ki, melyek módszerei a hagyományosaknál sokoldalúbban és teljesebben képesek a bizonytalanság és a hiba kezelésére ill. kisebb mintaszám esetén is megbízható eredményeket szolgáltatnak. Közülük tanulmányunk elkészítéséhez az alábbiakat vizsgáltuk meg:

A geostatisztika, pontosabban a regionalizált térbeli valószínűségi változók elmélete (MATHERON 1971), amely világszerte széleskörű alkalmazást nyert, sőt több mint két évtizede hazánkban is bevezetésre került a bauxit és az uránérc kutatásban (BARDOSSY 1992). Úgy érezzük ezért, hogy a geostatisztikai módszerek ismertetése itt nem szükséges. Csupán arra utalunk, hogy a geostatisztika évről-évre új módszerekkel és alkalmazásokkal bővül.

A bizonytalanságok feloldása szempontjából a legfontosabb esemény a fuzzy halmazok elméletének megalkotása volt, amely ZADEH (1965, 1978) nevéhez fűződik. Alap gondolata az, hogy a mindennapi életben fellépő bizonytalanságot, pontatlanságot korrekt matematikai eszközökkel kezelhetővé tegye. A bizonytalanság itt abban áll, hogy nem csak igaz-hamis, fekete-fehér, igen-nem típusú állításokkal kell szembenéznünk, hanem bizonyos fokig, bizonyos mértékig igaz kijelentésekkel is. Ha a bizonytalanság fokát számszerűsíteni tudjuk, akkor megfelelő matematikai eszközökkel kezelni is tudjuk azt.

Mára a fuzzy halmazok elméletének módszereit egyre szélesebb körben alkalmazzák a gazdasági élet, az ipar, a közlekedés és a vízgazdálkodás számos területén (ZIMMERMANN 1991; FODOR & ROUBENS 1994). A legutóbbi időkben néhány földtudományi alkalmazásra is sor került. Véleményünk szerint ez az elmélet nyújtja a legszélesebb körű lehetőségeket a földtudományokban jelentkező bizonytalanságok számszerűsítésére és csökkentésére. Ezért a módszer alapveit az alábbiakban röviden ismertetjük.

Fuzzy (bizonytalan) halmaz alatt dolgok olyan összességét értjük, amelynek nincsenek éles határai és pontosan meghatározott tulajdonságai. A fuzzy halmazokat ún. tagságfüggvények (membership functions) segítségével számszerűsítjük. Adott A fuzzy halmaz esetén egy  $x$  dologhoz rendelt tagságérték (membership value) egy 0 és 1 közötti szám, amely „hovatartozást” (membership) fejez ki. Minél közelebb van a tagságérték az 1-hez,  $x$  annál inkább az adott A összességhez tartozik, minél inkább a 0 közelében van, annál kevésbé. A legjobb ezt egy példán megvilágítani.

Írjuk le tagságfüggvény segítségével a „fiatal személyek” összességét. Tudjuk, hogy nem vonható éles határ a „fiatal” és a „középkorú” személyek halmazai közé. Ezért csak azt mondhatjuk biztonsággal, hogy a 25 évnél fiatalabbak egyértelműen fiataloknak tekinthetők, a 40 évnél idősebbek pedig időseknek. E kettő között átmeneti sáv van, ahol a személyeket részben fiataloknak és részben középkorúaknak lehet tekinteni. E szóban leírtakat tagságfüggvénnyel is ábrázolni lehet (1. ábra). Természetesen ez az értékelés csak egy adott országra és egy adott időpontra vonatkozik, hiszen a fiatal kor megítélése országoként és

koronként is igen eltérő lehet. Ezért is beszélünk ebben az esetben bizonytalan halmazról.

Fuzzy számok (fuzzy numbers) alatt olyan speciális fuzzy halmazokat értünk, amelyek tagságfüggvényei a valós számok valamely részhalmazán vannak értelmezve. Tulajdonképen a konvencionális valós számok (crisp numbers) általánosításának felelnek meg, és alkalmasak arra, hogy egy-egy mérés bizonytalanságát írják le. Adott fuzzy szám esetén a pozitív tagságértékkel rendelkező valós számok összességét a szóban forgó fuzzy szám tartójának nevezzük. Azon valós számok összességét, amelyek tagságértéke 1, a fuzzy szám magjának hívjuk.

Fuzzy számokra az alábbi két tulajdonság teljesülését követeljük meg:

Normáltság: van legalább egy olyan pont, amely tagságértéke 1 (vagyis egy fuzzy szám magja nem üres)

Konvexitás: egy fuzzy szám tagságfüggvénye egy monoton növekvő (felszálló ág), utána egy konstans, majd egy monoton csökkenő (leszálló ág) szakaszból áll.

A fuzzy számok többek között háromszög, négyszög és trapéz alakúak lehetnek, szimmetrikusak és aszimmetrikusak egyaránt. A kiterjesztési elv alkalmazása révén fuzzy számokkal ugyanazok az aritmetikai műveletek elvégezhetők, mint a valós számokkal (összeadás, kivonás, szorzás, osztás, stb). Speciális indexek segítségével a fuzzy számok nagyság szerinti sorrendbe rendezhetők. Kiszámítható továbbá két fuzzy szám távolsága is, valamint több fuzzy szám átlaga, szórása stb. Ezen felül minden egyes fuzzy szám saját átlagát és mediánját is ki lehet számítani. Végül a fuzzy számítások végeredményét valós (crisp) számokká lehet visszaalakítani. Ezt nevezik defuzzifikálásnak.

A fuzzy halmazok elmélete sikeres földtudományi alkalmazásának kulcskérdése a tagságfüggvény helyes felvétele, hiszen az elmélet megengedi a személyes szakmai tapasztalatok figyelembe vételét. Célszerű először az 1 tagságértékű, legelfogadhatóbb pontot vagy szakaszt (vagyis a fuzzy szám magját) kijelölni, majd a mérés alapján szóba jöhető legkisebb és legnagyobb értéket. Ezekre a pontokra éri el a tagságfüggvény a nulla értéket, és a köztük lévő szakasz a fuzzy szám tartója.

Tapasztalataink szerint célszerű, ha ezt az értékelést az érintett földtudományi szakemberrel együtt egy a fuzzy halmazok alkalmazásában járatos matematikus végzi el. Az így felvett tagságfüggvényekbe mintegy beépülnek e két szakember szakmai tapasztalatai.

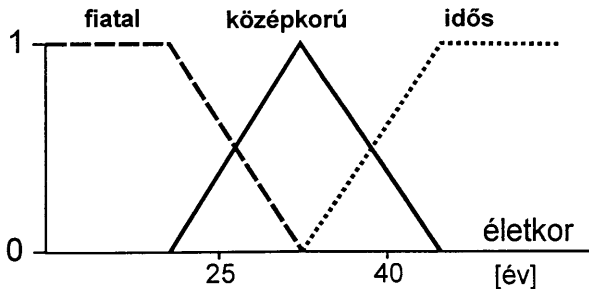
Hadd emlékeztessünk itt arra, hogy a valószínűségelméletben is előfordul a szubjektív szakismeret beépítése (a priori valószínűség) a számítások menetébe, mégpedig a Bayes módszerek alkalmazásakor. E kétségtelenül hasznos megközelítés azonban igen körülményes számításokat igényel (REIMANN & TÓTH 1985).

Sok a látszólagos hasonlóság a valószínűségelmélet sűrűségfüggvényei, valamint a fuzzy halmazok tagságfüggvényei között, de ez csak formai hasonlóság. A döntő különbség egyrészt az, hogy a tagságértékek valószínűségek helyett a hovatartozás ill. a bizonytalanság mértékét fejezik ki, másrészt, hogy a valószínűségelmélet legfontosabb axiómája, az additivitás itt nem érvényes. Ez a körülmény különösen a földtudományi alkalmazások szempontjából fontos.

## Hagyományos módon



## Fuzzy tagsággfüggvényekkel



1. ábra. Az életkor-csoportok elválasztása hagyományos módon és fuzzy tagsággfüggvények segítségével

Fig. 1 Distinction of age groups by crisp and fuzzy sets

Végül, mint az jól ismert, a sűrűségfüggvények alatti terület egységnyi, azaz területegységre normáltak. Ezzel szemben a tagsággfüggvények területe különböző lehet, viszont maximális tagsággértékként kötelezően az 1 értéket veszik fel, azaz maximális értékre normáltak. Fontos tudnivaló még, hogy a sűrűségfüggvények átalakíthatók fuzzy tagsággfüggvényekké (BÁRDOSSY & DUCKSTEIN 1995).

Mit nyújt tehát a földtudományok számára a bizonytalan halmazok elmélete?

- A bizonytalanság mértéke számszerűsíthető.
- A természetes változékonyság és a mérések hibái szétválaszthatók.



- Valóságghűen lehet leírni a földtani átmeneteket.
- A statisztikai számításokat fuzzy számokkal is el lehet végezni.
- Az adott szakember tapasztalatait be lehet építeni a tagságfüggvényekbe.

A trapéz alakú fuzzy számok a valós intervallumok általánosításaként is felfoghatók. Ez utóbbiakkal az intervallum-analízis foglalkozik, amely a bizonytalanságot úgy veszi figyelembe, hogy pontszerű értékek helyett intervallumokkal számol (MOORE 1966). Ez kétségtől alkalmasabbá teszi a bizonytalanság számszerűsítésére, de a módszer változatlanul a valószínűség-elmélet alapján áll annak összes fent említett korlátozásával egyetemben. Ezért elsősorban közelítő megoldásként jöhet szóba.

A bootstrap eljárás olyan, számítógépes szimuláción alapuló statisztikai módszer, amely kis számú (10–30) rendelkezésre álló adat esetén alkalmazható a klasszikus statisztikai módszerek megbízhatóságának ellenőrzésére (EFRON & TIBSHIRANI 1993; DAVISON & HINKLEY 1997). Ha valamely elemű statisztikai mintából számított statisztikával becsüljük az ismeretlen eloszlás egy paraméterét, akkor ritkán állnak rendelkezésre olyan formulák, amelyekkel ennek standard hibája, vagy adott megbízhatósági szintű konfidencia intervalluma kiszámítható. A bootstrap módszerrel a meglévő mintából visszatevéssel újra veszünk  $n$  elemű mintát, amelyből szintén elvégezhetjük a paraméterbecslést. Ezt sokszor megismételve az eredeti becslés  $K$  darab utánzatát kapjuk. Ezen értékek empirikus szórása jól közelíti a becslés standard hibáját. Az empirikus kvantilisek segítségével szerkesztett konfidencia intervallum pedig jó közelítése az elméleti konfidencia intervallumnak. A számítógép segítségével rövid idő alatt akár 1000 ilyen szimulációt is előállíthatunk. A program továbbfejlesztésével olyan fontos statisztikai mutatók kiszámítását is pontosítani lehet mint a ferdeség és a lapultság.

A jackknife módszer elvét és rendeltetését tekintve a bootstrap-pel rokon statisztikai módszer (ROCK 1988). Segítségével szintén a kis statisztikai mintaszám esetén fennálló bizonytalanságokat lehet kiküszöbölni. A jackknife módszer alkalmazásakor is egy meglévő statisztikai mintából indulunk ki, ezúttal azonban úgy nyerünk új mintákat, hogy az eredetiből mindig eltávolítunk egy mintaelemet. A fennmaradó  $n-1$  adatból rendre kiszámítjuk a kérdéses paramétereket. Így az eredeti becslés  $n$  darab jackknife utánzatát nyerjük. Ezekből az adatokból a bootstrap módszer elvéhez hasonlóan lehet a standard hiba közelítését, valamint pontosabb konfidencia intervallumokat megadni. A módszer egyik általánosítása az ún.  $d$ -deleto jackknife, amikor az eredeti mintából minden lehetséges módon meghatározott  $d$  számú adatot távolítunk el.

A cross-validation (kereszt megerősítés) módszerével a térbeli modellek bizonytalanságát számszerűsíthetjük. Legyen  $n$  számú térbeli adatunk, pl. feltárások, fúrások, melyeken valamely térbeli előrejelző módszerrel, pl. krigeléssel térmodellt alkotunk. Kíváncsiak vagyunk modellünk bizonytalanságára. Kihagyunk egyet térbeli adataink közül és a többi adatból pontkrigelés segítségével kiszámítjuk a kihagyott pont legvalószínűbb értékét. Ezután képezzük a tényleges és a számított érték különbségét. Ez lesz a modell hibája az adott pontban. Ezt a számítást az  $n$  tagú sokaság minden egyes térbeli adatára

elvégezzük, majd kiszámítjuk az  $n$  darab különbség átlagát és szórását. Ezekkel jellemezhető az adott térmodell pontossága, hiszen minél nagyobb az átlagos különbség és a szórás, annál pontatlanabb, hibásabb az adott modell. A keresztmegerősítést főként geostatistikai térmodellek ellenőrzésére szokták használni, de más térmodellek ellenőrzésére is alkalmas.

### A megismerési folyamat vizsgálata a bizonytalanság oldaláról

A következőkben röviden áttekintjük a földtani kutatás fő lépéseit és megvizsgáljuk, hogy hol és milyen mértékű bizonytalansággal kell számolnunk. A megismerés folyamata a földtudományon belül tudományáganként és szakterületenként igen eltérő lehet, véleményünk szerint mégis fel lehet állítani egy általános sorrendet:

1. Munkahipotézis készítése a tulajdonképpeni kutatás megkezdése előtt, a meglévő ismeretekre alapozva.
2. A reprezentatív mintavétel térben és időben.
3. A megfigyelések és mérések a mintákon.
4. A mérési eredmények feldolgozása.
5. A számítási eredmények kiterjesztése és modellalkotás.
6. Az előrejelzések (térbeli, időbeli, komplex) készítése a modellek alapján.

E lépések jobb áttekintése céljából táblázatokat készítettünk, amelyekben egységes formában felsoroltuk a fontosabb vizsgálatokat, majd a hozzájuk tartozó bizonytalanság okait, végül pedig azokat a módszereket, amelyekkel a bizonytalanságot csökkenteni lehet. Ezek a táblázatok feleslegessé teszik az egyes kutatási lépések részletes ismertetését, helyette csak egy-egy kiemelten fontos kérdést vitatunk meg.

A bizonytalanság szempontjából rendkívül fontos az, hogy kutatásunkat milyen léptékben végezzük. Vizsgálódhatunk mikroméreteken, pl. mikroszkóppal, vagy elektronmikroszondával, tanulmányozhatunk egy vagy több felszíni feltárást, egy földtani képződmény egészét, egy számos képződményt tartalmazó ősföldrajzi, vagy nagytektonikai egységet, vagy akár az egész földkérget. A kutatás léptékétől függően más és más lesz a vizsgált objektum változékonysága, valamint a megismerési folyamat bizonytalansága. Ezeket az érdemi különbségeket fejezi ki a lépték-tényező (scaling factor).

#### *A reprezentatív mintavétel bizonytalansága (I. táblázat)*

A földtani kutatás egyik legjelentősebb bizonytalansági tényezője, hogy a vizsgálat tárgyát szinte sohasem láthatjuk át teljes egészében, hanem csak költséges kutatási létesítmények és mérések alkalmazásával, néhány kiválasztott helyen és időpontban mintavétellel tudjuk vizsgálni. Itt kell megemlíteni, hogy statisztikai értelemben nemcsak a fúrómagok, kőzetdarabok, ősmaradványok és vízminták jelentenek mintát, hanem minden megfigyelés és mérés, amit a képződményen végzünk, a statisztikai minta része.

A reprezentatív mintavétel bizonytalansága  
*Uncertainty of representative sampling*

I. táblázat – Table I

A vizsgálat tárgya	A bizonytalanság oka	Javasolt módszerek
Mintavétel sűrűsége	változékonyság, hatástávolság	leíró statisztika variogram számítás
mintavétel rendszere	térbeli helyzet, alak	térmodellek figyelembe vétele
minták mérete	túl kevés mintaanyag tökéletlen homogenizálás	leíró statisztika mérési metodikák fejlesztése
mintaszám	túl kevés minta	bootstrap, jacknife intervallum analízis

A mintavétel akkor reprezentatív, ha valósághűen jellemzi az adott képződményt. A reprezentatív mintavétel módszereinek bőséges nemzetközi irodalma van. Ebből itt csak annyit említünk meg, hogy minél sűrűbben helyezkednek el a mintavételi pontok, annál kisebb a bizonytalanság. A minimális megengedhető mintavételi sűrűséget variogramok segítségével lehet meghatározni, de persze ennek az eljárásnak is megvan a saját belső hibája, amit jó ha előre meghatározunk. Sajnos még ma is gyakran előfordul, hogy két szomszédos mintavételi pont között automatikusan interpolálnak anélkül, hogy a hatástávolságokat ismernék. Pedig a hatástávolságot meghaladó interpolálás nem egyéb üres formalizmusnál és csak a bizonytalanságot növeli.

*A megfigyelések és mérések bizonytalansága (II. táblázat)*

A képződményeken végzett helyszíni megfigyelések többnyire kvalitatív, vagy félkvantitatív jellegűek. Ezzel szemben a laboratóriumi mérések túlnyomóan kvantitatív és félkvantitatív eredményeket szolgáltatnak. E mérések megismételhetősége lehetővé teszi a bizonytalanság számszerűsítését, azaz hibahatárok felvételét. Sajnos a hazai gyakorlatban ezeket gyakran nem adják meg, ezáltal lényegesen megnövelve a kiértékelés bizonytalanságát. A mérések bizonytalanságát alapvetően befolyásolja az adott műszer pontossága. A földtani gyakorlatban gyakran előfordul, hogy ágyúval lönek verébre, azaz igen költséges műszerek és módszerek alkalmazásával próbálják növelni a pontosságot, holott a modellalkotás során meglevő bizonytalanság ennél nagyságrendekkel nagyobb hibát eredményezhet.

A földtani kutatásban gyakoriak az olyan megfigyelések, amelyeket csak kvalitatíve tudnak leírni, jelzők segítségével: pl. igen ritka, ritka, gyakori, igen gyakori. A fuzzy set elmélet módszereinek segítségével ezeket az eredményeket is számszerűsíteni lehet és alkalmassá tehetők az együttes kiértékelésre a bizonytalanság egyidejű figyelembe vételével. A viszonylag nagy hibákat tartalmazó félkvantitatív vizsgálati módszerek pl. ásványtani fázisanalízis esetében is, tapasztalataink szerint, érdemes a hagyományos statisztika helyett a fuzzy set elméletet alkalmazni. Míg a hagyományos statisztika alkalmazásával csak az

A mérések és megfigyelések bizonytalansága  
*Uncertainty of measurements and observations*

II. táblázat – Table II

A vizsgálat tárgya	A bizonytalanság oka	Javasolt módszerek
kvantitatív mérések (néhány % hiba)	mérési módszerek hibái, műszer pontatlansága, vegyelemzések analitikai hibája!	megismételt mérések, leíró statisztika, geostatisztika
félkvantitatív mérések és megfigyelések (>10 % hiba)	mérési módszer hibái, műszer pontatlansága	nemparaméteres statisztika, intervallum analízis, fuzzy módszerek
kvalitatív megfigyelések („igen kevés, kevés, közepes, sok, igen sok”)	megfigyelés módszere, a leírás módja	fuzzy módszerek (első lehetőség a számszerű kiértékelésre)

egész adathalmazra vonatkozó hibahatárokat lehet megadni, addig a fuzzy tagságfüggvényekkel mintánként lehet a bizonytalanságot jellemezni. Erre a későbbiekben néhány konkrét példát mutatunk be.

Egy másik lehetőség az ilyen bizonytalan, félkvantitatív adathalmazok sorrendi feldolgozása. Ilyenkor az eredeti mérési eredmények helyett azok nagyságrendi sorrendjét határozzuk meg, majd ezekkel számolunk. A matematikai szakirodalom számos módszert ismertet a sorrendi adathalmazok feldolgozására. Nagy adathalmazok esetében óriási könnyebbséget jelent, hogy számítógépes programok vannak az adathalmazok ilyenirányú átalakítására (ranking).

*A mérési eredmények kiértékelésének bizonytalansága (III. táblázat)*

Itt csupa olyan számítás szerepel, amely a hagyományos statisztika módszereivel elvégezhető. Különösen fontos az ún. kiugró értékek megfelelő kezelése, mert ennek mellőzése komoly hibaforrás lehet. Hasonlóan súlyos hibaforrás lehet a normalitás vizsgálatok mellőzése, tekintettel arra, hogy a földtanban igen gyakoriak a normálistól eltérő eloszlású tulajdonságok. E két kérdéssel a közelmúltban részletesebben foglalkoztunk (BÁRDOSY 1997). A mérési eredmények elsődleges feldolgozása során a bizonytalanság oldaláról tehát nem lépnek fel nehezen megoldható problémák. A baj inkább az, hogy az itt ajánlott, ismert módszereket többnyire nem veszik igénybe a kutatók és ezáltal léphetnek fel érdemi hibák.

*A számítási eredmények kiterjesztése és a modellalkotás bizonytalansága (IV. táblázat)*

Az elsődleges adatfeldolgozás eredményeinek kiterjesztése a vizsgált képződemény, vagy folyamat egészére az eddigi pontbecslések helyett intervallumbecslést tesz szükségessé.

A probléma itt az, hogy a konfidencia szint kiválasztásakor a becslés pontossága és megbízhatósága között kell a helyes egyensúlyt megtalálni (BÁRDOSY 1997).

**Az eredmények statisztikai feldolgozásának bizonytalansága**  
*Uncertainty of the statistical evaluation*

III. táblázat – Table III

A vizsgálat tárgya	A bizonytalanság oka	Javasolt módszerek
adatsokaság rendszerezése	kiugró értékek	doboz diagramok
tulajdonság átlagok kiszámítása	normálistól eltérő eloszlás	robosztus és nemparaméteres módszerek
változékonyság leírása	u. a.	normalitás vizsgálatok, nemparaméteres módszerek
tulajdonságok összefüggése	linearitás hiánya	korreláció és regresszió elemzés nemparaméteres módszerei
összehasonlítás más képződményekkel	normalitás hiánya	homogenitás vizsgálatok
csoportok kialakítása	téves csoportbesorolások	cluster-, diszkriminancia elemzés, nem lineáris síkravetítés

A földtani kutatás egyik legnehezebb és legtöbb bizonytalansággal járó feladatköre a helyes modellalkotás. Mint ismeretes, természettudományos értelemben a modell a természeti valóság leegyszerűsített, az emberi elme számára áttekinthető és matematikailag is leírható leképezése. A földtanban KRUMBEIN & GRAYBILL (1965) nyomán ábrázolási (scale models), tulajdonság (feature models) és folyamat (conceptual models) modelleket szoktak megkülönböztetni. A modellek matematikai leírására eddig determinisztikus és sztochasztikus módszereket használtak. Véleményünk szerint számos esetben a fuzzy modellek alkalmazása a legeredményesebb. A determinisztikus modellek alkalmaz-

**A kiterjesztés és modellalkotás bizonytalansága**  
*Uncertainty of extension and modelling*

IV. táblázat – Table IV

A vizsgálat tárgya	A bizonytalanság oka	Javasolt módszerek
tulajdonságok kiterjesztése képződményre	megismételt mintavétel hiánya, konfidencia szint helytelen megválasztása	intervallumanalízis, bootstrap, fuzzy módszerek
ásványvagyon becslések (szilárd, folyadék, gáz) teleptani modelljei	hiányos kutatási adatok, módszertani hibák	hagyományos módszerek, krigelés, fuzzy módszerek, kereszt megerősítés
2D, 3D ábrázolási-, tulajdonság, folyamat és genetikai modellek	a képződmény ill. folyamat nem kellő ismerete	szimulációs ellenőrzés, kereszt megerősítés, kiegészítő kutatás

hatósága véleményünk szerint korlátozott, hiszen igen ritkán ismerjük egy-egy földtani folyamat összes hatótényezőjét ill. ezek mennyiségi arányát. Az ábrázolási és tulajdonságmodellek bizonytalanságának megjelenítésére kiválóan alkalmasak a krigelési szórás térképek, magát a modellt a kereszt megerősítés módszerével lehet ellenőrizni, ill. hibájának nagyságát számszerűsíteni.

Napjaink földtani kutatásainak egyik leg súlyosabb problémája, hogy miként ismerhetők fel a téves, hibás genetikai modellek és miként csökkenthető a modellalkotás bizonytalansága.

Gyakran tapasztalható, hogy egyes genetikai kérdésekben nemzetközi hírű kutatók egymástól alapvetően eltérő nézeteket vallanak. Egyértelmű, hogy ilyenkor a javasolt genetikai modellek valamelyike (esetleg mindkettő) téves. Itt csupán a tudomány haladásában reménykedhetünk, ami előbb-utóbb feloldja az ellentmondást. Mindenesetre ez jelenleg a bizonytalanság témakörének legnehezebb, legmegoldatlanabb pontja.

### *A modellek alapján készített előrejelzések bizonytalansága*

#### Térbeli előrejelzések bizonytalansága

A földtani kutatások során a vizsgálandó képződményt csak néhány kiválasztott helyen (feltárások, fúrások, vágatok stb.) lehet közvetlenül megismerni, ugyanakkor természetes hogy a köztük levő térrészeket is értékelni akarjuk. Hagyományosan erre szolgál az ismert pontok körül az extrapoláció, ill. két ismert pont között az interpoláció. Ezek alapján készülnek a földtani szelvények, izovonalas térképek és a három dimenziós térmodellek. Mindez közismert. Arról azonban kevés szó esik, hogy mekkora ezeknek a térbeli előrejelzéseknek a bizonytalansága.

E probléma megoldásához a matematikai megalapozást MATHERON (1971) elméleti munkássága szolgáltatta. Felismerte hogy bizonyos távolságon belül – amit hatástávolságnak nevezett el – az egyes pontok tulajdonságai összefüggenek egymással, matematikai nyelven autokorreláltak. Kidolgozta továbbá a variogram-számítás módszerét, amelynek segítségével a hatástávolság és az autokorreláció mértéke kiszámítható. (A variogram-számítás bizonytalanságáról a korábbiakban már szóltunk). Krigelés néven olyan számítási módszert is kidolgozott, melynek segítségével lineáris egyenletrendszerek megoldásával a tér bármely pontjára – természetesen a hatástávolságon belül – mennyiségi előrejelzést lehet készíteni. Ez a módszer a gyakorlatban (pl. bányászat, hidrológia) fényesen bevált, ma már számos változata ismeretes. Témánk szempontjából az a legfontosabb, hogy a krigelés során a becslés hibáját is ki lehet számítani (kriging standard deviation), sőt a hiba térbeli eloszlását izovonalas térképeken ábrázolni is lehet.

A térbeli előrejelzésre néhány determinisztikus módszert is kidolgoztak. Ilyen például a távolság-inverz súlyozott átlagolás. A magunk részéről nem látjuk helyesnek e módszerek földtudományi alkalmazását, mert elméletileg kialakított általánosított modellekkel dolgoznak és nem veszik figyelembe a vizsgálandó földtani képződmény speciális helyi adottságait.

## Időbeli előrejelzések

A földtani folyamatok megértéséhez nélkülözhetetlen az időbeli változások megismerése. Egyrészt vissza kell tekintenünk a földtörténeti múltba, másrészt előrejelzéseket kell adni a jövő tekintetében. Ilyen kérdések a klímaváltozások, a felszíni és felszínalatti vízáramlások változásai, a vulkáni kitörések és a földrengések, valamint a földcsuszamlások előrejelzése. Tudományos jelentőségük mellett elsőrendű gyakorlati fontosságúak is. Sajnos e tekintetben különösen nagy a bizonytalanság. A földtudomány egyik alapvető feladata a földtörténeti múlt megismerése. Tisztán matematikai szempontból ilyenkor negatív előjelű előrejelzésről van szó. Az utóbbi évtizedekben több ilyen negatív előrejelzési módszer alakult ki, pl. a kontinens rekonstrukciók egy adott időszakra, a kontinenslemezek mozgásának rekonstrukciója, valamint különböző paleoklimajelző diagramok – hőmérsékletre, levegő összetételre stb. Ezek megalkotásakor a szerzők legfeljebb kvalitatíve jelezték a bizonytalanság mértékét (kicsiny, közepes, nagy), de újabban már konfidencia intervallumokkal is találkozhatunk (TOTMAN & PARRISH 1998). A földtörténeti kutatások bizonytalanságának további fontos eleme az, hogy meddig alkalmazható az aktualizmus elve. Ennek időbeli távolsága a vizsgált jelenségtől függően igen eltérő lehet. E bizonytalanság csökkentése kizárólag földtudományi módszerekkel képzelhető el. Mindezen folyamatok és jelenségek bizonytalanságának részletes megvitatása messze meghaladná tanulmányunk kereteit. Egyedül MĚSKÓ akadémikusnak a földrengések előrejelzésére vonatkozó munkáit kívánjuk itt megemlíteni (1996).

## Az összetett előrejelzések bizonytalansága

Elsősorban az alkalmazott földtudományban van szükség összetett előrejelzésekre, ahol a térbeli és az időbeli előrejelzés mellett még műszaki és gazdasági szempontokat is figyelembe kell venni. Ilyenek a nyersanyagkutatási és bányaberuházási programok, a környezeti hatástanulmányok, valamint a toxikus és a radioaktív hulladéktárolók ún. biztonsági elemzése. Mindezek a feladatok olyan összetettek, hogy a földtudomány szakemberei mellett ökológiai, gazdasági és pénzügyi szakemberek együttműködését is igénylik. Tanulmányunk keretei nem engedik meg, hogy e feladatokkal egyenként foglalkozzunk. Bőséges nemzetközi szakirodalmuk van. Ennek ellenére a bizonytalanságok problémájával viszonylag keveset foglalkoztak, aminek egyik fő okát abban látjuk, hogy a korábbiakban felsorolt új matematikai módszereket eddig nem vették igénybe.

A felsorolt feladatok sajátos megközelítései a szcenárió és az érzékenységelemzés, valamint a kockázat elemzés. Sajnos még napjainkban is gyakran összekeverik a bizonytalanság, a kockázat és a véletlen események fogalmait, ezért röviden ezekkel is foglalkozunk.

## A kockázat, a bizonytalanság és a véletlen összefüggései

Főleg a biztosító társaságok és a bankok jóvoltából a kockázat témakörének régóta széleskörű nemzetközi szakirodalma van. Az alkalmazott földtanban is

rendszeresen foglalkoznak kockázat elemzéssel. A Magyar Tudomány 1999/1.számában 11 cikk jelent meg a kockázat témaköréről. Közülük MÁLYUSZ és TUSNÁDI cikke matematikai oldalról közelíti meg a kockázat fogalmát. Szerintük a kockázat fogalmát három tényező együttese határozza meg:

- Egy személy, vagy csoport cselekedetéhez ill. döntéséhez kapcsolódik.
- Az illetőre kedvezőtlen, káros kimenetele (következménye) van.
- A tervezettől eltérő, előre nem látható, véletlen jellegű fordulat révén következik be.

A kockázat tehát annak a lehetősége, hogy egy cselekedetünk ill. döntésünk előre nem látható módon kedvezőtlen kimenetelű lesz.

Maga a kockázat tehát nem számszerűsíthető fogalom. Számszerűsíthető viszont a kockázat valószínűsége és a kockázat következményének nagysága pl. anyagi veszteség nagysága, személyi sérülések ill. elhalálozások száma.

Egy jelenség véletlen jellegű ha kimenetele nem határozható meg egyértelműen. Ismeretes, hogy a véletlen jellegű ún. tömegjelenségek törvényszerűségeit kutatja a valószínűségelmélet (REIMANN & TÓTH 1985).

Hogyan függ össze tehát a kockázat, a bizonytalanság, a hiba és a véletlen esemény?

Példaként vegyünk egy szilárd ásványi nyersanyagtelepet, amelynek ásványvagyonát hagyományos módszerekkel számítottuk ki. Az ismert elméleti okok miatt ilyenkor az ásványvagyon bizonytalanságát nem lehet számszerűsíteni. A tervezett bányászati beruházás kockázatának nagyságát és valószínűségét sem ismerjük ilyenkor. Amennyiben az ásványvagyonot korszerű matematikai módszerek segítségével számítjuk ki, úgy a becsült ásványvagyon mennyiségi és minőségi hibahatárai is ismertekké válnak. Ezek ismeretében kiszámítható a bányászati beruházás kockázatának valószínűsége és a kockázat nagysága. A beruházó eldöntheti, hogy vállalja-e ezeket, vagy kiegészítő kutatást végeztet.

### Példák a fuzzy módszer alkalmazására

#### *Kvantitatív ásványtani fázisanalízis*

A kvantitatív ásványtani fázisanalízis mindmáig sok bizonytalansággal terhelt és bonyolult feladat. Metodikai okból külön-külön tekintjük át a termikus és a röntgendiffraktométeres módszert. A gyakorlatban a két módszer közismerten egymást kiegészítő és erősítő eredményeket szolgáltat.

#### Termikus módszer

A MÁFI-ban évtizedek óta működő termikus laboratóriumban számítógéppel vezérelt MOM derivatográfival nyert eredményeket tanulmányoztunk, melyet dr. FÖLDVÁRI Mária tett számunkra lehetővé. Ezúttal mondunk hálás köszönetet önzetlen segítségéért.

A vizsgálati eredmények bizonytalansága két tényező együtteséből adódik:

A műszer és a mérés bizonytalansága. Ide tartozik a mérési paraméterek leolvashatóságának korlátozottsága, a TG görbe kis mértékű alapvonal



eltolódása, a kiértékelő számítógépes szoftver változtatásai, a kiértékelő pontok számának (1000 ill. 900) és helyének megváltozása. Mindezek a minta összetételétől független visszatérő hibák.

A minta összetételéből fakadó bizonytalanság. Ez adja a vizsgálati eredmény bizonytalanságának nagyobb részét és mintáról mintára eltérő nagyságú. Így minél nagyobb a mintában a vizsgált ásvány súlyvesztéséget okozó kémiai alkotójának hányada, annál pontosabb a meghatározás, mert annál kisebb az ásványtani szorzófaktor. Gyakran részben, vagy egészben átfedik egymást a vizsgált ásványok endoterm csúcsai. Ezeket a TG görbe első ill. második deriváltjával lehet többé-kevésbé sikeresen elválasztani. További bizonytalanság forrása, ha két szomszédos endoterm csúcs között a plató nem éri el az alapvonalat. Ilyenkor nem választható el egyértelműen a két ásványhoz tartozó súlyvesztés. A legnagyobb bizonytalanságot az elemhelyettesítésre hajlamos ásványcsoportok, pl. kloritok, szmektitek, muszkovit-illit sor stb. jelenléte okozza. Ezeken belül az egyes ásványok pontos diagnózisa többnyire nem érhető el. Ilyenkor a fázisanalízis alapját képező sztöchiometriai összetétel sem határozható meg teljes pontossággal, mert a valós összetétel eltérhet az elméletitől. Mindezek miatt a módszer hivatalosan deklarált hibája  $\pm 10\%$ , az egyes ásványok kimutathatóságának határa pedig 1–5% között mozog.

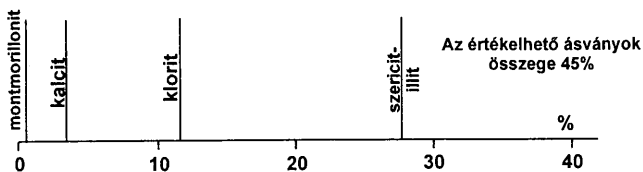
Az elmúlt évek során a termikus laboratóriumban a késő-perm korú Bodai Aleurolit Formáció kőzetmintáiból több mint 100 kvantitatív fázisanalízis készült. Ezek közül választottunk ki 30 mintát, továbbá egy a szőci nyireskúti bauxittelepből származó bauxitmintát a fuzzy módszerrel történő kiértékelésre.

A 2. ábrán látható egy albitfészkes agyagkő hagyományos (crisp) és fuzzy számokkal történt értékelése. Jól látszik, hogy a minta egyes ásványainak meghatározása lényegesen eltérő hibával történt. A kalcit és a montmorillonit esetében a fuzzy szám nullából indul, ami azt jelenti, hogy ez a két ásvány meghatározása annyira bizonytalan, hogy esetleg hiányozhatnak is a mintából. A minták fuzzy számainak fuzzy statisztikai értékelése lehetővé tette a mérési hibák és a természetes változékonyság megkülönböztetését. A fuzzy számok területe alapján értelmezett bizonytalanság összefüggéseket mutat az ásvány-pargenezissel.

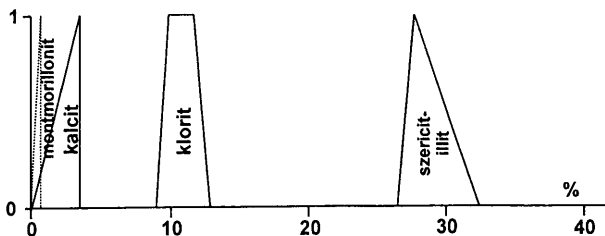
### Röntgendiffraktométeres módszer

Világszerte számos módszert használnak a kvantitatív röntgenográfiai fázisanalízisre. Az általunk vizsgált módszert az MTA Geokémiai Kutató Laboratóriumban (GKL) dolgozták ki a hetvenes években. Ez a módszer mind az adott ásványok reális szerkezetét, mind a minta vegyi összetételét figyelembe veszi. Az elmúlt években a Bodai Aleurolit Formáció kőzeteiből, a fedő és fekü kőzetekből vett közel 100 mintán végeztek a GKL-ben kvantitatív röntgenográfiai fázisanalízist ÁRKAI Péter akadémikus vezetésével. Vele néztük át a vizsgálati eredményeket és készítettük el 36 kőzetminta tagságfüggvényeit. Értékes segítségéért e helyen fejezzük ki hálás köszönetünket. A vizsgálati eredmények  $\pm 10\%$  hibahatár között mozognak. Az egyes ásványok kimutathatóságának határa 0,5-től 5%-ig terjed. A mérési hibák e módszernél három tényezőtől fakadnak:

## Hagyományos kiértékelés



## Fuzzy tagságfüggvények



2. ábra. Derivatográfus vizsgálattal meghatározott ásványos összetétel ábrázolása hagyományos (crisp) és fuzzy számokkal. Albitfészkes agyagkő minta a késő-perm korú Bodai Aleurolit Formációból. BAT-10 fúrás 85,7 méteréből

Fig. 2 Mineral composition obtained by derivatograph study. Above crisp numbers, below fuzzy numbers. Albitic claystone from the Upper Permian Boda Siltstone Formation. Borehole Number BAT-10, 85.7 m depth

1. A műszer és a mérés bizonytalansága. Ide tartoznak többek között a röntgensugárzás intenzitásának ingadozásából, a regisztrációból, a kitüntetett orientációból és a mintaelőkészítésből származó bizonytalanságok.

2. A röntgenfluoreszcenciás módszerrel készült vegyelemzések hibái. Ezen belül kiemelt szerepe van a mintaelőkészítésnek (gyöngy, vagy préselt por-preparátum használata).

3. A minta ásványos összetételéből fakadó bizonytalanság. Ez adhatja a vizsgálati eredmény bizonytalanságának nagyobb részét. A fenti módszer ezért olyan faktorokat használ, melyeket az adott kőzet röntgendiffraktométeres vizsgálata során fokozatos iterációval alakítottak ki. Ezekkel a faktorokkal szorozzák meg a mértékadó röntgenreflexiók értékét. Az ásványtani hiba így sem küszöbölhető ki teljesen, de érdemlegesen csökkenthető.

A tagságfüggvények megszerkesztése során az egyértelműen meghatározható ásványok felől haladtunk a bonyolultabb összetételűek felé. Nagy különbségeket észleltünk az egyes ásványok meghatározásának bizonytalansága között. A

viszonylag kis mennyiségű káliföldpát jelenléte a diffrakciós csúcsok átfedése miatt több esetben nem volt egyértelműen bizonyítható. Ezt a bizonytalanságot a fuzzy szám nullából való indításával fejeztük ki. A kiértékelés során korrelációs összefüggést észleltünk a fuzzy számok és a különböző kőzettani tulajdonságok között.

A termikus és a röntgenográfiai vizsgálatok fuzzy értékelésének eredményeiről a közeljövőben részletesen beszámolunk egy külön cikk formájában.

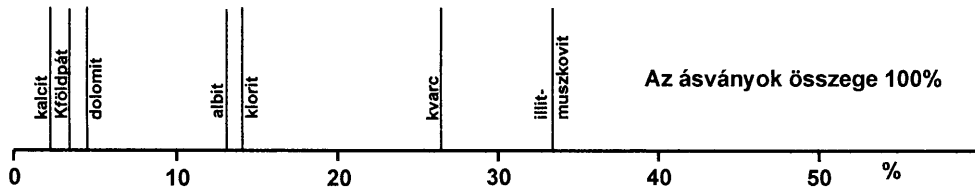
#### *A repedezett kőzetek vízvezető képességének in situ meghatározása*

A hidrogeológiai vizsgálatok egyik fontos feladata a kőzetek in situ vízvezető képességének terepi meghatározása. Ez kútvizsgálattal lehetséges, amellyel megállapítható a vizsgált szakasz transzmisszivitása. A transzmisszivitás azt mutatja meg, hogy a kút körül kialakuló vízszintes radiális áramlás esetén egységnyi távolságon, egységnyi nyomásesés hatására, mekkora vízmennyiség áramlik keresztül időegység alatt, a telített réteg teljes vastagságában. Mértékegysége SI rendszerben  $m^2/s$ .

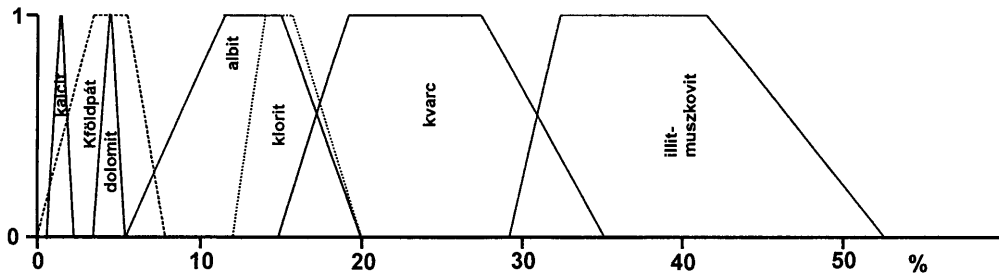
Porózus képződmények esetén a vízáramlás a réteg teljes vastagságában történik. Ilyenkor a kőzet vízvezető képességét a szivárgási tényezővel szokták jellemezni, amely a transzmisszivitás és a rétegvastagság hányadosa. Repedezett kőzetekben a víz főként repedésrendszerek mentén áramlik. Ilyen képződményekben a kútvizsgálat során meghatározott transzmisszivitás elsősorban attól függ, hogy a vizsgált szakaszra hány hidraulikailag aktív repedés esik, és azoknak milyen a vízvezető képessége. Ebben az esetben a szivárgási tényező legfeljebb a tökéletesen repedésmentes, üde kőzettel kapcsolatban értelmezhető. A teljes, repedezett kőzettest vízvezető képességének jellemzéséhez meg kell elégednünk azzal, hogy nagyjából azonos hosszúságú vizsgálati szakaszokon meghatározzuk a transzmisszivitást, majd megvizsgáljuk, hogy a transzmisszivitás értéke hogyan változik a fúrások mentén. Fúrólukak egyes szakaszainak elkülönített vizsgálatához pakkeres kútvizsgálatokat szoktak alkalmazni.

A repedezett kőzetek vízvezető képességét a nagyfokú változékonyság jellemzi: a transzmisszivitás értéke még kisebb térrészen belül is akár hat nagyságrendet változhat. Emiatt különösen fontos a reprezentatív mintavétel, a megfelelő mintavételi rendszer kialakítása. Ha például csak egyetlen, párhuzamos síkodból álló repedésrendszerrel van dolgunk, akkor könnyen belátható, hogy a repedések síkjára merőleges fúrásokkal jellemezhető leginkább a képződmények vízvezető képessége. Ha viszont a fúrások párhuzamosak a repedésrendszer síkjával, akkor – attól függően, hogy a fúrás a repedés mentén halad, vagy végig üde kőzetet harántol – a képződmények vízvezető képességét alaposan túl-, vagy alulbecsülhetjük. A valóságban általában nem egyetlen, hanem változatos irányultságú repedésrendszerrel van dolgunk, ezért célszerűnek tűnhet a fúrásokat a tér három, egymásra kölcsönösen merőleges irányában lemélyíteni. A korlátozott kutatási költségek miatt erre igen ritkán nyílik mód. Ha nem rendelkezünk elegendő információval a fő vízvezető

## Hagyományos kiértékelés



## Fuzzy tagságfüggvények



3. ábra Röntgendiffraktométeres vizsgálattal nyert ásványos összetétel ábrázolása hagyományos (crisp) és fuzzy számokkal. Albitészkes agyagkő a késő-perm korú Bodai Aleurolit Formációból. BAT-4 fúrás 1169,2 méteréből

Fig. 3 Mineral composition obtained by X-ray diffractometry. Albitic claystone from the Upper Permian Boda Siltstone Formation. Borehole BAT-4, 1169.2 m depth

repedésrendszerek irányáról, akkor a bizonytalanságot leginkább azzal csökkenthetjük, ha ragaszkodunk a függőleges fúrásokhoz.

A nagy mértékű változékonyság miatt könnyen előfordulhat, hogy a fúróluk egészen rövid szakaszához igen magas vízvezető képesség tartozik. Ezért a leghelyesebb, ha a fúróluk teljes hosszát szkennelésszerűen végigvizsgáljuk, egymást a széleken kis mértékben átfedő, lehetőleg egyforma hosszúságú, 10–25 m-es vizsgálati szakaszokkal.

A repedésrendszerek többféle orientációja és összekapcsolódottsága miatt általában nem tudjuk, hogy mekkora a mérés hatótávolsága, azaz hogy az adott vízvezető képesség milyen irányban milyen távolságra terjeszthető ki. Rendszerint még nagy fúrásúrság esetén sem lehet a vízvezető képességet az egyes fúrások között korrelálni. Ez annál is inkább így van, mivel a vízvezető képesség még egyetlen konkrét repedés síkja mentén is akár három nagyságrendet változhat, a repedés szélességének, ill. a repedéskitöltések állapotának függvényében. Ezért a fúrások számát, vagyis a vizsgált szakaszok összhosszát csak olyan mértékig célszerű növelni, hogy a transzmisszivitások eloszlását megfelelően tudjuk jellemezni. A fúrások közötti interpolációhoz általában a tektonikai és geofizikai vizsgálatok eredményét is figyelembe kell venni, illetve valamely fúrás kútvizsgálatával egyidejűleg a közelben lévő többi fúrásban is észleléseket kell végezni (egymásrahatás-vizsgálat).

A kútvizsgálatok során valamilyen jól kontrollálható módon – például szivattyúzással (termeltetéssel) vagy vízbesajtolással (nyeletéssel), illetve a termeltetés vagy nyeletés megszüntetésével – hatást gyakorolunk a víztározó képződményekre. Az erre a szabályozott jelre kapott válasz (nyomásváltozás, vízhozamváltozás) alapján következtethetünk a képződmények vízvezető képességére. A jeladás szabályozási módja alapján többféle kútvizsgálati módszert különböztethetünk meg. Például az állandó hozamú tesztek során a termeltet vagy besajtolt vízhozamot a kút szájánál állandó értéken tartjuk, és a vizsgált szakaszban mérjük a nyomásváltozást.

Az állandó hozamú teszt bizonytalanságának egyik forrása, hogy mennyire tudjuk a vízhozamot állandó szinten tartani. Alacsony vízvezető képességek esetén még viszonylag kisebb vízhozam-ingadozások is megnehezíthetik a teszt kiértékelését. E bizonytalanság csökkentésének az a legjobb módja, ha huzamosabb idejű víztermelés vagy nyeletés után a kutat hirtelen lezárjuk, azaz a vízhozamot zérusra változtatjuk, és mérjük a vizsgálati szakaszon a nyomás feljutását, ill. csökkenését.

Az állandó hozamú tesztek bizonytalanságának egy másik forrása a nyomásmérés pontossága. Ma már igen nagy érzékenységű, közvetlenül a vizsgálati szakaszba telepíthető nyomássonidák állnak rendelkezésre. Az alacsony vízvezető képességű repedezett kristályos kőzetek, vulkanitok, aleuritok vizsgálatához szükség van ilyen pontos és költséges műszerekre, a porózus képződmények többsége esetében azonban kisebb érzékenységű nyomásmérők is megfelelnek, sőt, nyitott kutakban számos esetben elegendő a megfelelő sűrűségű vízszintmérés.

A kútvizsgálat során mért nyomásadatokból nem lehet közvetlenül meghatározni a képződmények transzmisszivitását. Az észlelt adatok ugyanis csak

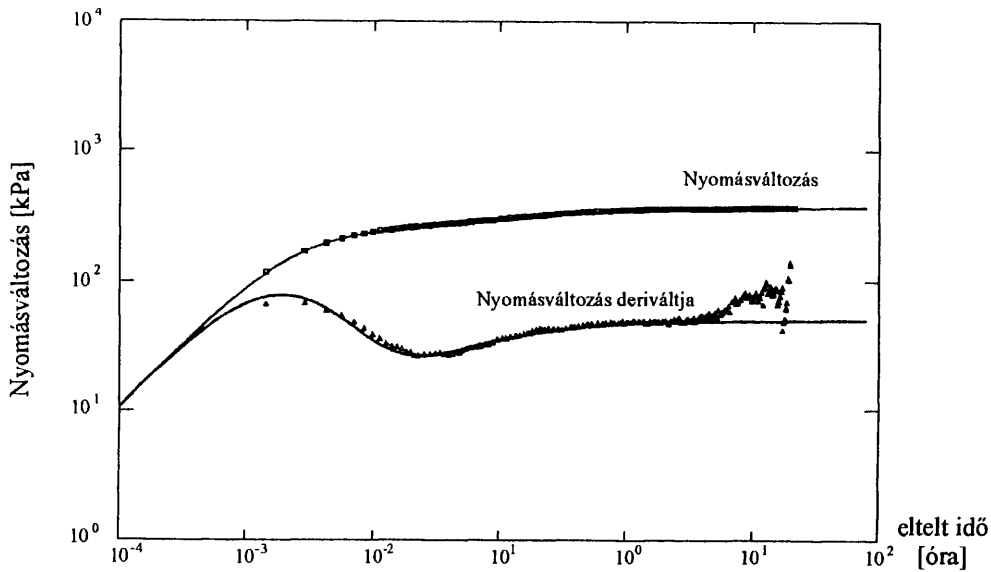
azt mutatják meg, hogy az adott jelre milyen választ kaptunk, de a vízáramlás valódi geometriáját nem ismerjük. A feladatot indirekt módon lehet megoldani: megvizsgáljuk, hogy az adott szabályozott jelre milyen választ kaptunk volna különféle (idealizált) áramlási modellek esetén, és ezek közül választjuk ki a ténylegesen mért adatokhoz leginkább illeszkedő modellt. A legnagyobb bizonytalanságot az jelenti, hogy a feladatnak számos megoldása lehet, vagyis többféle áramlási modell is létezik, amelyekkel a mért adatok illesztése egyformán jól megoldható. Az áramlási modellek közül a választás nem egyszerű, ehhez fel kell használnunk a rendelkezésre álló egyéb földtani adatokat is. A lehetséges variációk közül általában azt a legegyszerűbb modellt szokás választani. A kútvizsgálat módszerének körültekintő megválasztásával jelentősen csökkenthető a teszt kiértékelésének bizonytalansága, de – a modellválasztás priori jellege miatt – e bizonytalanság semmiképpen sem küszöbölhető ki teljesen.

Az áramlási modell kiválasztását az ún. diagnosztikai görbe alapján, korszerű számítógépes programok (pl. Interpret/2) segítségével végezhetjük el. A kettős logaritmusos léptékben megszerkesztett diagnosztikai görbén az észlelt nyomásváltozást ábrázoljuk a mérési idő függvényében. Különösen a nyomásváltozás deriváltjának alakja, egyes szakaszainak meredeksége segíti a megfelelő áramlási modell kiválasztását. A nyomásváltozás deriváltjának vízszintes stabilizációs szakasza arra utal, hogy a kút körül radiális áramlás alakult ki. A transzmisszivitás e stabilizációs szakasz helyzete alapján határozható meg (4. ábra).

Az áramlási modell kiválasztása után az elméleti modell hidrodinamikai tulajdonságait úgy változtatjuk, hogy az adott jelre kapott szimulált válasz minél tökéletesebben illeszkedjen a ténylegesen mért értékekhez. Az illeszkedés tökéletesítését számítógépes programok segítik, amelyek különféle regressziós algoritmusokat használnak. Hiába tudunk azonban látszólag igen jó illeszkedést elérni, eredményünk bizonytalanságát növeli, hogy az elméleti modell számos fontos bemeneti paraméterét (pl. kőzetporozitás, teljes összenyomhatóság) csak becsléssel tudjuk megadni. Azt, hogy az egyes bemeneti paraméterek milyen mértékben befolyásolják az elméleti áramlási modell hidrodinamikai tulajdonságait, ún. érzékenységvizsgálatokkal lehet megállapítani.

A transzmisszivitás meghatározásában a következő lépés, hogy a vizsgált képződmények hidrodinamikai tulajdonságait azonosnak tételezzük fel az optimalizált elméleti modellével.

Repedezett kőzetek esetében a transzmisszivitás meghatározásában az okozza a legnagyobb bizonytalanságot, hogy a diagnosztikai görbén sokszor hiányzik a jól felismerhető vízszintes stabilizációs szakasz. Ennek az az oka, hogy repedezett kőzetekben számos esetben valóban nem alakul ki a kút körül radiális áramlás. Ebben az esetben tulajdonképpen a transzmisszivitás eredeti fogalma is értelmét veszíti. Léteznek ugyan modellek, amelyek nemcsak a kétdimenziós radiális áramlást tudják kezelni, hanem az egydimenziós lineáris áramlástól a háromdimenziós szferikus áramlásig minden áramlási geometria vizsgálatára képesek. Ezek az ún. törtdimenziós áramlási modellek az áramlás geometriáját változó paraméterként kezelik, amelyek értékét az elméleti modell



4.ábra Kettős logaritmus skálájú diagnosztikai görbe

Fig. 4. Diagnostical diagram on double-logarithmic scale

illeszkedésének optimalizálása során lehet meghatározni. Sajnos a tört áramlási dimenzió alapján meghatározott transzmisszivitás nehezen építhető be a hagyományos hidrogeológiai modellekbe, és az eltérő áramlási dimenziók alkalmazásával kiértékelt vizsgálati szakaszok összehasonlítása is körülményes. Ezért be kell érniünk azzal, hogy a repedezett képződmények vízvezető képességét egy olyan paraméterrel jellemezzük, amelynek pontos fizikai tartalmával nem vagyunk tisztában. Természetesen ez is további bizonytalanság forrása.

A kútvizsgálat módszerének helyes megválasztásával és a vizsgálat időtartamának növelésével mérsékelhető az áramlási geometria meghatározatlanságából eredő bizonytalanság. Egy másik megoldás, hogy ugyanazon a vizsgálati szakaszon többféle tesztet végzünk (pl. állandó hozamú tesztek különböző vízhozamok alkalmazásával, slug-tesztek stb.). Az egyes vizsgálati módszereket eltérő mértékben és módon befolyásolja az áramlási geometria bizonytalansága. A tesztek diagnosztikai görbéinek összehasonlító kiértékelése alapján ez a bizonytalanság számszerűsíthető – a transzmisszivitás fél egy nagyságrend pontossággal meghatározható. Az 5. ábrán a kettős nyíl a transzmisszivitás lehetséges legkisebb és legnagyobb értéke által közrefogott tartományt jelzi. A lehetséges legkisebb, legnagyobb, valamint a legvalószínűbb értékek alapján a transzmisszivitás kifejezhető fuzzy szám formájában.

A 6. ábrán a Bodai Aleurit Formáció vizsgálatára mélyített Delta-6 fúrás tesztjeinek feldolgozását mutatjuk be. Látható, hogy a magasabb vízvezető képességű szakaszokon a transzmisszivitás meghatározásának bizonytalansága rendszerint kisebb. A repedezett kőzetekre igen jellemző módon az egymással szomszédos vizsgálati szakaszok vízvezető képessége olykor 2–3 nagyságrenddel is különbözik. A tagságfüggvények megszerkesztésének köszönhetően – az egyes tesztek kiértékelésének nagyfokú bizonytalansága ellenére – jól felismerhetők a vízvezető képesség változásának általános törvényszerűségei a fúróluk mentén.

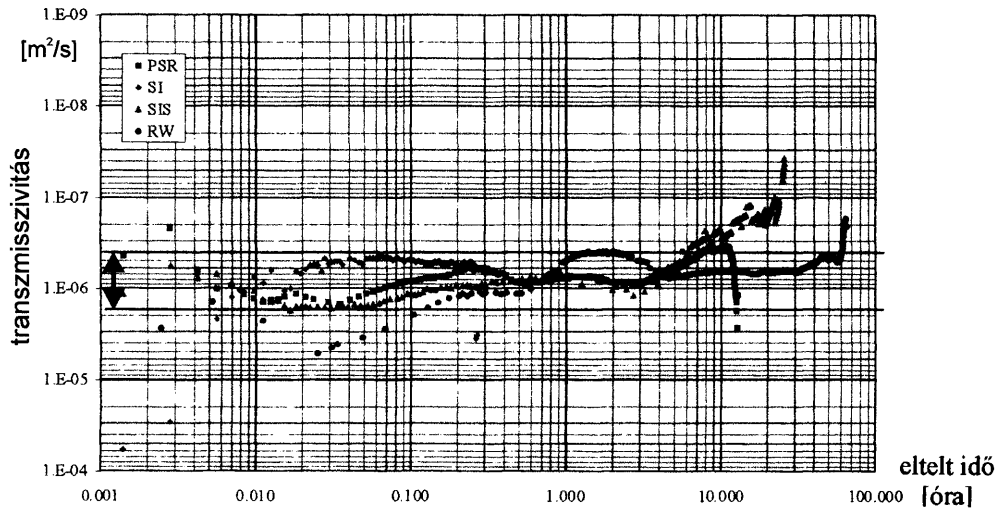
### *A szilárd ásványvagyonebecslés*

Hazánkban jelenleg az ásványvagyonebecslést az érvényes bányatörvény alapján a Magyar Geológiai Szolgálat szabályozza, de ezen belül részletes módszertani előírások nincsenek. Az országban alkalmazott módszerek földtanilag helyesek, ugyanakkor háromféle számítási hiba elkövetésére nyújtanak lehetőséget:

1. Többnyire nem történik meg a hatástávolságok kiszámítása.
2. Többnyire nem végeznek normalitás vizsgálatokat a fő paraméter-átlagok kiszámítása előtt. Ugyanakkor gyakorlati tapasztalataink szerint igen gyakoriak az erősen aszimmetrikus eloszlások.
3. Amikor a kapott átlagokat a telep egészére terjesztik ki, a pontbecslésről intervallumbecslésre kell áttérni. Ez jelenleg sehol sem történik meg.

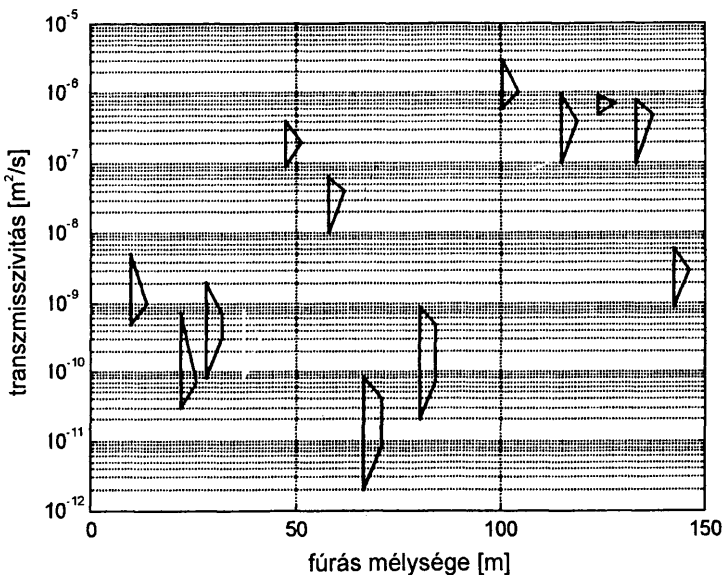
Nyomatékosan hangsúlyozni kell, hogy a matematikai számítások alkalmazása során szigorúan be kell tartani a matematika törvényeit! Ezek mellőzése súlyos számítási hibákhoz vezet.





5. ábra A bizonytalansági tartomány meghatározása

Fig. 5 Determination of the field uncertainty



6. ábra A Delta-6 fúrás tesztheinek fuzzy tagsági függvényei

Fig. 6 Fuzzy membership functions of the tests performed in the Delta-6 borehole

Ismeretes, hogy a hagyományos módszerek nem adnak lehetőséget a hibahatárok kiszámítására. Az érvényben levő ismeretességi kategóriák (A, B, C1, C2) ezt nem is írják elő. Ugyanakkor a piactudomány feltételei között minden bányászati beruházó elemi érdeke annak az ismerete, hogy a kiszámított ásványvagyon mekkora hibahatárok között helyezkedik el. E nélkül a bányászati beruházás kockázata sem értékelhető. Véleményünk szerint ez a feladat a fuzzy módszer alkalmazásával megoldható. Példaként a Bakonyi Bauxitbánya Kft. hozzájárulásával a Halimbai bauxittelép Hal.II/DNY bányamezőjét választottuk ki. Ez egy önálló, jól körülhatárolt érctest a telepen belül és így alkalmas a számítások elvégzésére.

Elő lépésként variogramok megszerkesztésével kiszámítottuk a fő paraméterek hatástávolságait, majd a fúrások köré a hatástávolságnak megfelelő köröket húzva megállapítottuk, hogy az érctest területén nincs a hatástávolságon kívül eső területrés. Ezután hozzá lehetett fogni a három tagságfüggvény megszerkesztéséhez:

*Az ércetest alapterületének meghatározása.* Először a több évtizedes bányászati tapasztalat alapján kialakított teleptani modellnek megfelelően a földtanilag leginkább valószínűsíthető telepkörvonalat szerkesztettük meg, az érvényes számbavételi határ, tehát 2,0 méter minimális bauxitvastagság figyelembe vételével. Ezután került sor a lehetséges legkisebb alapterület kijelölésére. Ekkor a határ közvetlenül a szélső produktív fúrásokon kívül fut (7. ábra).

A lehetséges legnagyobb alapterület pedig egészen az ércesthez legközelebb eső – nem produktív fúrásokig terjed. Megjegyezzük, hogy a több évtizedes halimbai bauxitbányászat során többször is talákoztunk olyan esetekkel, amikor az ipari bauxit közvetlenül a szélső nem produktív fúrásig terjedt. A tagság-függvény minimum és maximum értékét ebben az esetben az adja, hogy minden érintett fúrásnál ezt a szélsőséges lehetőséget érvényesítettük. Az így kapott három alapterületet a nagyobb pontosság érdekében számítógéppel számoltuk ki. Egy olyan háromszög alakú fuzzy számot vettünk fel tehát, amelynek alapját a legkisebb és a legnagyobb alapterület adja, csúcsa pedig a teleptanilag valószínűsített érték (8/A ábra).

*Az átlagos telepvastagság meghatározása.* Első lépésben a hagyományos módon számítottuk ki az átlagvastagságot normális eloszlást feltételezve (7,9 méter). A ferdeség és a relatív ferdeség értékei azonban az eloszlás nagyfokú aszimmetriáját jelezték. Ezt az elvégzett normalitásvizsgálat is megerősítette. Ezért az SPSS statisztikai programcsomag segítségével robusztus átlagokat (M-átlagbecslőket) számoltunk ki:

Huber-féle átlagbecslő	6,6 méter
Hampel-féle átlagbecslő	6,4 "
Tukey-féle átlagbecslő	5,9 "
Andrew-féle átlagbecslő	5,9 "

A felsoroltak közül a nemzetközi szakirodalomban leginkább elfogadott Tukey-féle átlagbecslőt vettük figyelembe. Ennek az átlagnak a standard hibája képezi a fuzzy szám magját (1 tagságértékű intervallumát), tartóját pedig a 95%-os konfidencia szinten számított konfidencia intervallum adja. A 8/B ábrán a hagyományos átlagot is feltüntettük. Jól látszik, hogy ez a szám a fuzzy számnál nagyobb, tehát felfelé torzított.

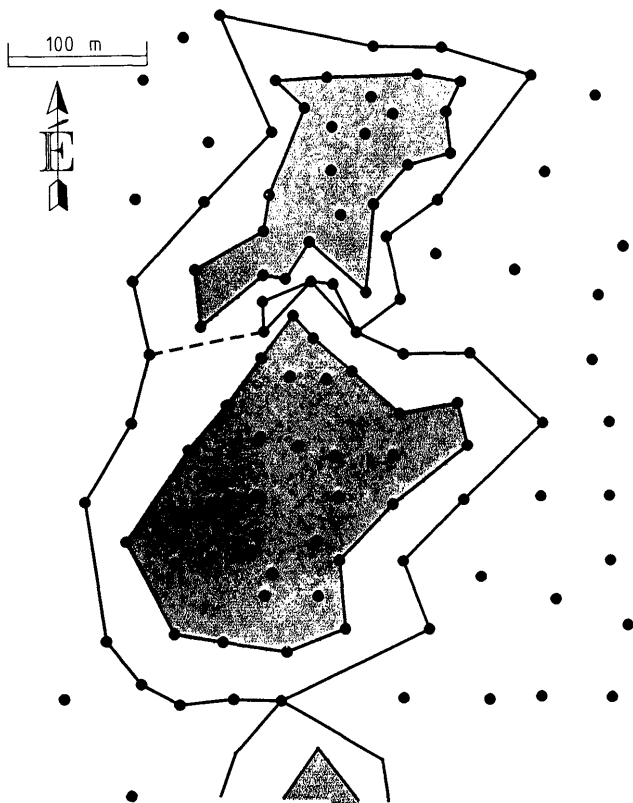
Az átlagos térfogsűrűség meghatározása. A térfogsűrűséget a működő halimbai bánya több pontján 1,0x1,0x0,5 m térfogatú bauxitidom súlyának megméréseivel határozták meg. A Hal.II/DNY ércetest még nincs bányászatiilag feltárva, ezért ezt a reprezentatív méretű vizsgálatot nem lehetett alkalmazni. E helyett laboratóriumban 35 db 1–3 cm<sup>3</sup> térfogatú minta térfogsűrűségét mérték meg. E minták sajnos kis térfogatuk miatt nem tekinthetők reprezentatívoknak. Ezért a kellő mintaszám ellenére  $\pm 10\%$  hibahatárt kellett felvennünk. A mérések hibaeloszlását normálisnak feltételezve a 2,29 t/m<sup>3</sup> átlagos térfogsúly két oldalán 10–10% hibával számoltuk ki a fuzzy szám magját. A tartó ennél nem sokkal szélesebb és a 95%-on felvett konfidencia intervallumnak felel meg (8/C ábra).

Közismert, hogy az ásványvagyon mennyiségét az alapterület, az átlagos vastagság és az átlagos térfogsűrűség szorzata adja meg. Ezt a szorzást a fuzzy aritmetika szabályai szerint a fenti három fuzzy számra is elvégeztük és a 8/D

ábrán látható fuzzy szorzatot kaptuk. Ez a szám a következő információkat nyújtja:

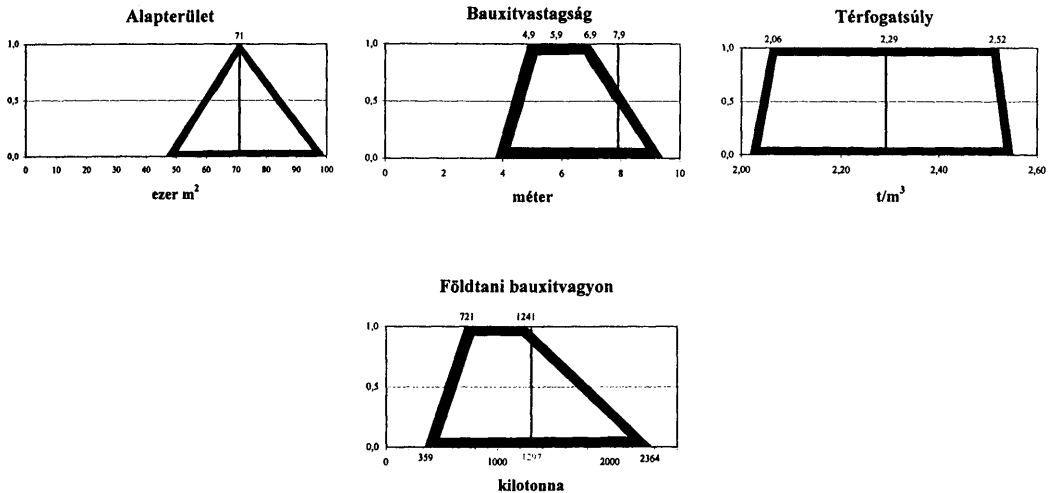
Még a legkedvezőtlenebb körülmények egybeesése esetén sem lehet a földtani vagyon 360 000 tonnánál kevesebb és a legkedvezőbb esetben sem lehet 2 360 000 tonnánál több.

A jelenlegi megkutatottság mellett 720 000 és 1 240 000 tonna között tételezhető fel a földtani vagyon, de ennél pontosabban nem határozható meg a vagyon



7. ábra A Halimba II/DNY bauxit ércstest lehetséges legkisebb és legnagyobb alapterülete

Fig. 7 The smallest and the largest possible extent of the Halimba II/SW bauxite ore body



### Bakonyi Bauxitbánya Kft. hivatalos vagyonszámítása

8. ábra A Halimba II/DNY bauxit érctest földtani vagyonának kiszámításához felvett fuzzy számok A: alapterület, B: átlagos bauxitvastagság, C: átlagos bauxit térfogsűrűség, D: földtani vagon. Függőleges vonal: a hagyományos vagyonszámítás eredményei

Fig. 8 Fuzzy numbers applied to the bauxite ore reserve estimation of the Halimba II/SW ore body. A: extent, B: average bauxite thickness, C: average bulk density, D: ore tonnage. The vertical lines represent the results of the traditional ore reserve estimation

menynyisége. A hagyományos úton kapott 1 297 000 tonna ennél valamivel több, véleményünk szerint túlzott szám, aminek oka a helytelen vastagságszámítás.

A fentiekkel azonos módon történt a vagyon minőségének meghatározása, amit helyszűke miatt itt nem mutatunk be. Ugyanilyen módon, a tervezett termelési veszteség és termelési hígulás figyelembe vételével a kitermelhető vagyon is kiszámítható fuzzy szám formájában. E két tényező hibái természetesen megnövelik a vagyon összesített hibáját. A módszer az ipari vagyonra is kiterjeszhető az ott számításba vett műszaki és gazdasági paraméterek ill. azok tervezett hibáinak figyelembevételével. A végeredmény is fuzzy szám, amely mindezeket a hibákat összesített formában tartalmazza. A módszer nagy előnye, hogy számításai viszonylag egyszerűek és számítógéppel könnyen és gyorsan elvégezhetőek. A legfontosabb az, hogy a földtani vagyon kiszámításakor az adott telep földtani sajátosságait kell a lehető legmesszebb menően figyelembe venni. Erre a fuzzy elmélet lehetőséget nyújt.

Mindezek alapján a beruházó az eddigieknél jóval több információt kap arra nézve, hogy mekkora kockázattal jár beruházási döntése. Amennyiben a kockázatot túlságosan nagyra tartja, úgy kiegészítő kutatást határozhat el. Az újdonság ebben az esetben az, hogy minden egyes fúrás elkészülte után a fuzzy módszerrel igen gyorsan kiszámítható, hogy miként módosult a vagyon, de főként annak bizonytalansága. Így csak a valóban szükséges kiegészítő kutatásra kerül sor, felesleges többletkutatás elkerülhető.

Megjegyezzük, hogy a földtanilag ismert területek reménybeli ásványvagyonának felderítésére az utóbbi években több, a valószínűségelmélet alapján álló módszert dolgoztak ki. Ilyen a súlyozott bizonyítékok (weights of evidence), valamint a súlyozott logisztikus regresszió (weighted logistic regression) módszere (ACTERBERG et al. 1993), továbbá a valószínűségi neurális hálózatok (probabilistic neural networks) módszere (SINGER & KOUDA 1997, 1999).

### Következtetések

Javasoljuk, hogy a jövőben mind a tudományos, mind az alkalmazott földtudományi kutatásoknak legyen szerves része a bizonytalanság vizsgálata, számszerűsítése ill. a hibahatárok csökkentése

Mínél több szakterületen ki kellene próbálni a tanulmányban említett módszereket, elsősorban a fuzzy elmélet módszereit

Megkülönböztetett fontosságot tulajdonítunk az ásványvagyon becslések és a biztonsági elemzések korszerűsítésének, hibahatáraik meghatározásának

A bizonytalanság csökkentésének általunk javasolt módja interdiszciplináris együttműködést kíván a földtudomány, a matematika és a számítástechnika szakemberei között

Javasoljuk, hogy az egyetemi oktatásban is kapjon szerepet a bizonytalanság, valamint a hibahatárok kiszámítása

## Köszönetnyilvánítás

Hálás köszönetet mondunk FAZEKAS Jánosnak, a Bakonyi Bauxitbánya Kft. Vezérigazgatójának, hogy engedélyezte és támogatta a halimbai bauxittelepen végzett ásványvagyron becslést. Köszönetünket fejezzük ki továbbá dr. PATAKI Attila főgeológusnak, R. SZABÓ István és VARGA Gusztáv geológusoknak az ásványvagyron becsléshez nyújtott értékes segítségükért.

## Irodalom – References

- AGTERBERG, F. P., BONHAM-CARTER, G. F. & WRIGHT, D. F. 1993: Weights of evidence modeling and weighted logistic regression for mineral potential mapping. – In: DAVIS, J. C. & HERZFELD, U. C. (Eds.): *Computers in Geology – 25 years of progress*. Oxford University Press, New York, 13–32.
- BÁRDOSY, A. & DUCKSTEIN, L. 1995: Fuzzy rule-based modeling with applications to geophysical, biological, and engineering systems. – CRC Press, New York – 232 p.
- BÁRDOSY, Gy. 1992: Matematikai módszerek és számítógépek alkalmazása a tudományos és az ipari bauxitkutatásban. – *Alumínium és Színesfémek* 25, 44–53.
- BÁRDOSY Gy. 1997: Geomatematikai kérdések geológus szemmel. – *Magyar Geofizika* 38/2, 124–141.
- CHAYES, F. 1960: On correlations between variables of constant sum. – *Journ. Geophysical Res.* 65, 4185–4193.
- DAVISON, A. C. & HINKLEY, D. V. 1997: *Bootstrap methods and their application*. – Cambridge University Press, 582 p.
- DAY, R. A. & UNDERWOOD, A. L. 1991: *Quantitative Analysis*. – Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- EFRON, B. & TIBSHIRANI, R. J. 1993: *An introduction to the bootstrap*. – Chapman and Hall, New York, London 436 p.
- FANG, J. H. & CHEN, H. C. 1990: Uncertainties are better handled by fuzzy arithmetic. – *Bull. Amer. Assoc. Petroleum Geologists* 74, 1228–1233.
- FERSON, S., ROOT, W. & KUHN, R. 1999: *RAMAS Risk Calc: Risk Assessment with Uncertain Numbers – Applied Biomathematics*, New York 183 p.
- FODOR, J. & ROUBENS, M. 1994: *Fuzzy preference modelling and multicriteria decision support*. – Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- GÖTZ, G. 1998: A légkör dinamikája: rend és káosz. – *Magyar Tudomány* 12, 1462–1467.
- KACZEWICZ, M. 1993: Mathematics between source and trap: uncertainty in hydrocarbon migration modeling. – In: DAVIS, J. & HERZFELD, U. C. (Eds.): *Computers in geology – 25 years of progress*. Oxford University Press, New York, 69–84.
- KRUMBEIN, W. C. & GRAYBILL, F. A. 1965: *An introduction to statistical models in geology*. – McGraw-Hill Book Co. New York, 475 p.
- MÁLYUSZ, K. & TUSNÁDI, G. 1999: A kockázatok matematikai kezelése. – *Magyar Tudomány* 1, 80–85.
- MANN, C. J. 1993: Uncertainty in geology. – In: DAVIS, J. & HERZFELD, U. C. (Eds.): *Computers in geology – 25 years of progress*. – Oxford University Press, New York, 241–254.
- MATHERON, G. 1971: *The theory of regionalized variables and its applications*. – Cah. Centre Morph. Math. Fontainebleau 5, 211p.
- MESKÓ, A. 1996: Földrengések, földrengés-veszélyeztetettség. – *Magyar Tudomány* 5, 528–547.
- MOORE, R. 1966: *Interval Analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey
- REIMANN, J. & TÓTH, J. 1985: *Valószínűségszámítás és matematikai statisztika* – Tankönyvkiadó, Budapest 269 p.
- ROCK, N. M. S. 1988: *Numerical geology*. – Springer Verlag, Heidelberg, 427 p.
- PORTER, J. D. & HARTLEY L. J. 1997: *The treatment of uncertainty in groundwater flow and solute transport modelling*. – Final Report. European Commission, Nuclear Science and Technology, Luxemburg, 119 p.
- Proceedings of NEA Workshop 1987: *Uncertainty analysis for performance assessments of radioactive waste disposal systems*. – OECD Nuclear Energy Agency, Paris, 258 p.

- SINGER, D. A. & KOUDA, R. 1997: Use of neural network to integrate geoscience information in the classification of mineral deposits and occurrences. – In: GUBINS, A. G. (Ed): Proc. Exploration 97: Fourth Decennial Intern. Conf. Mineral Exploration 127–134.
- SINGER, D. A. & KOUDA, R. 1999: A comparison of the weights-of-evidence method and probabilistic neural networks. – *Natural Resources Research* 8/4, 287–298.
- TOTMAN PARRISCH, J. 1998: Interpreting pre-quaternary climate from the geologic record. – Columbia University Press. New York 338 p.
- TUKEY, J. W. 1977: Exploratory data analysis. – Addison-Wesley. Reading, Mass. 688 p.
- WHITTEN, E. H. 2000: Variability of igneous rocks and its significance. – *Proc. Geologists' Association*, 111, 1–15.
- ZADEH, L. 1965: Fuzzy sets. *Information and Control* 8, 338–353.
- ZADEH, L. 1978: Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. – *Fuzzy Sets and Systems* 3–28.
- ZIMMERMANN, H. J. 1991: Fuzzy set theory and its applications. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.



## Hírek, ismertetések

### Helyreigazítás

A Földtani Közlöny 130/1. számában – szerkesztési hiba folytán – kizárólag BÁLDI Tamás neve alatt jelent meg “Az “Onchophorás (= Rhezakiás) rétegek” új felszíni előfordulása Bekölce és Borsodnádasd vidékén” című rövid közlemény. A cikk szerzői helyesen: BÁLDI Tamás és LEÉL-ÖSSY Szabolcs.

A tévedésért a szerzőtárs szíves elnézését kérem.

PIROS Olga  
technikai szerkesztő

### Kiegészítés a 130/1. számban megjelent “Az elmúlt két évben minősítettek listája”-hoz

1998: THAMÓNÉ BOZSÓ Edit: Magyarországi kainozoos homokok és homokkövek ásványi összetétele földtani értékelésének eredményei. A földtudomány kandidátusa

1999: FÜLE László: Vízartók térinformatikai adatbázison alapuló sérülékenységi vizsgálata Balatonfűzfő térségében. A földtudomány kandidátusa

1999: KOVÁCS-PÁLFFY Péter: Harmadidőszaki bentonit típusú ásványi nyersanyagtelepek ásványtani, geokémiai és genetikai összehasonlító vizsgálata PhD Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen

1999: VELLEDETS Felicitász: a bükki középső- és felső-triász rétegtani korrelációja és fejlődésének elemzése PhD, ELTE Budapest

## Könyvismertetés

### VIZY Béla: *Bauxitkutatás Magyarországon*

148 oldal. Ebben 18 ábra, 16 fénykép, 22 (valójában 27) melléklet.

A Magyar Alumíniumipari Múzeum (Székesfehérvár) kiadványa, Budapest 1999.

A kicsiny, de rendkívül érdekes és értékes kiadvány sokat-ígérő alcíme: „A magyarországi bauxitkutatások története, különös tekintettel a Bauxitkutató Vállalat (1950–1995) tevékenységére”. Nem is csalódik benne az olvasó.

A szerző a téma kiváló ismerője: egész szakmai pályafutását a magyar alumínium-iparban töltötte. Először Balatonalmádiban a Bauxitkutató Vállalat hidrogeológusa volt, majd igazgatója (1963–1971), majd Budapesten a Magyar Alumíniumipari Tröszt főgeológusa (1975–1978 és 1985–1990). Így alkalmá nyílt az egész problematikát sokoldalúan megismerni és kritikailag feldolgozni. Köszönet illeti érte, hogy megtette, és megkereste-megtalálta a kiadás lehetőségét is.

Érdeemes a 85 oldalnyi szöveges rész rövidített tartalomjegyzékét bemutatni.

Bevezetés (köszönettel a támogató intézményeknek és személyeknek)

A világ alumíniumiparának kialakulása, fejlődése és helyzete

A magyarországi bauxitkutatás története

I. 1903–1919: A történelmi Magyarországon felfedezett bauxit kutatása és bányászata

II. 1920–1948: Bauxitkutatás tőkés viszonyok között

III. 1948–1990: Bauxitkutatás az állami tulajdonú és irányítású alumíniumiparban

IV. 1991 – Bauxitkutatás a gazdasági rendszerváltást követően, az alumínium-ipar visszafejlesztése, majd magánosítása idejében Fúrások aknamélyítés

A Bauxitkutató Vállalat kapcsolatrendszere

Összefoglalás

Ezt követi a használt leggyakoribb rövidítések jegyzéke, a bauxitkutatás történetével (is) foglalkozó összefoglaló irodalom (24 tétel), és a felhasznált irodalom (7 tétel). Megjegyzendő, hogy minden fejezet végén is van gondosan válogatott irodalom.

A mellékletek címei jól tükrözik a könyv rendkívüli adatgazdagságát és sokszempontúságát. Alapvető ipartörténeti forrásmunkává fog válni.

1. A magyar bauxitbányászat és -kutatás szervezeti változásai, 1903–1996
2. A jelentősebb bauxitlelőhelyek megismerésének időpontja és kitermelésének megindítása (1903–1985)
3. A bauxitkutatással kapcsolatos egyes fogalmak, szakkifejezések magyarázata
- 4/a A bauxitkutató fúrások terjedelme és a felkutatott földtani bauxitkészlet mennyisége 1950 és 1998 között
- 4/b A bauxitkutató fúrások területi megoszlása
- 4/c A felkutatott földtani bauxitkészlet területi megoszlása
5. A bauxitkutatás és eredményessége 1950 és 1998 között
- 6/a A BKV tevékenységének megoszlása a termelés árbevétel alapján 1951 és 1995 között
- 6/b Iparági pénzügyi keretből végzett bauxitkutatási ráfordítás megoszlása 1951 és 1990 között
- 7/a A BKV létszáma és a kutatófúrógépek fajlagos létszáma
- 7/b A bauxitkutató fúrások termelékenysége
8. A Bauxitkutató Vállalat fejlesztései
9. A bauxitkészletek számbavételével és nyilvántartásával kapcsolatos fontosabb fogalmi meghatározások
10. A magyar alumíniumipar szervezeti változásai 1963 és 1997 között
11. A magánosított magyar alumíniumipar (1997)
12. A bauxitkutató fúrások terjedelme és az általuk felkutatott földtani bauxitvagyon mennyisége 1950 és 1998 között
13. A Bauxitkutató Vállalat (Bauxitkutató Expedíció, Geoprospect Kft) felsőbb szintű vezetői (1950–1995)
14. A Bauxitkutató Vállalat (Geoprospect Kft.) középvezetői

15. A kutatási programok földtani zárójelentések és vízföldtani jelentések elkészítésében érdemben résztvevők névsora (abc sorrendben)
16. A fűrt aknák egyes adatai
17. A bauxitipar szervezete és főgeológusai 1950 és 1997 között
- 18/a Bauxittermelés és felhasználás (1926–1998)
- 18/b A bauxittermelés területenkénti megoszlása (1926–1998)
19. Magyarország bauxittermelése 1926 és 1998 között kt-ban
20. Magyarország bauxitvagyon (1950–1996)
21. Magyarország ismert bauxitkészletének alakulása (1950–1996)
22. A fontosabb események kronológiája

Idézem az összefoglalásból: „Hazánk mindig a bauxitipar élvonalában volt... A kutatás jogosultságát és eredményességét bizonyítja, hogy 1926-tól napjainkig 103 millió tonna bauxitot termeltek ki bányáinkból, amelynek több mint kétharmadát hazai timföldgyáraink dolgozták fel... A kitermelt bauxit 70%-a került ki mélyműveléses bányákból ... 60 millió tonna bauxitot összesen 4,7 millárd m<sup>3</sup> víz kiemelésével lehetett csak megoldani...” Az itt járt francia bauxitgeológusok szerint ez olyan, mint tenger alól termelni bauxitot.

Hozá kell tenni ehhez, hogy a kutatás dokumentálása mindvégig rendkívül alapos és pontos volt, olykor a (néha bizony bosszantó) pedánsságig menően. A zárójelentések tartalma a nemzetközi összehasonlításban is példászerű: legfeljebb a túlzottnak vélt részletesség képezhet kritikát tárgyát. Erről meggyőződhetett – és egyértelműen meg is győződött – minden magyar bauxitgeológus, aki külföldön is dolgozott

vagy dolga akadt külföldi (karszt)bauxitkutató intézmények dokumentációjával, Jamaikától Görögországon és Iránon át Vietnámig. (A lateritbauxit-kutatás feltételei és követelményei közismerten egészen mások.) Mindez világosan bizonyítja, hogy a dicséretesen önirónikus nótával ellentétben: „Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · xH<sub>2</sub>O” egyáltalán nem csak „ennyit tud egy jólnevelt bauxitkutató.”

Végül a Bauxitkutató Vállalat egy olyan jellegzetességét szeretném megemlíteni, amely mégis hiányzik VÍZY Béla feldolgozásából. Nem róható fel neki, mert nem szakmai természetű. Arról van szó, hogy a Magyar-Szovjet Bauxit-Alumínium RT Bauxitkutató Expedíciója és utódja, a már tisztán magyar Bauxitkutató Vállalat 1950-től az 1960-as évek végéig politikai menedékhely is volt, ahol nyugodtan és megbecsülten dolgozhattak olyan műszaki és kutató szakemberek, akiket akkoriban egyetemen vagy/és tudományos kutatóintézetekben nem láttak szívesen. Ez a káderpolitika bevált: ezek a szakemberek legjobb képességeik szerint dolgoztak feladataikon, és mint az adatokból világosan kiténik, nem is eredménytelenül.

Ezért (is) köszönettel tartozunk az akkori vezetőknek.

DUDICH Endre

## Jubiláló tagtársaink

Tisztelettel és szeretettel köszöntjük Társulatunk azon tagjait, akik az 1999. év második felében ünnepelték 85., 80., 75., illetve 70. születésnapjukat. Köszönjük Társulatunk és szakmánk érdekében végzett munkájukat, és kívánunk további jó erőt, egészséget és jó szerencsét.

BREZSNYÁNSZKY Károly  
az MFT elnöke

85 éves



NAGY Lászlóné  
(1914. júl. 5.)

80 éves



KUN Béla  
(1919. júl. 2.)



PÁRDY Mihály\*  
(1919. júl. 25.)

\* PÁRDY Mihály a füzet szerkesztési munkálatai idején elhunyt

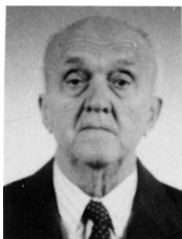
80 éves



VENDL Anna  
(1919. júl. 26.)



KÓKAI István  
(1919. aug. 18.)



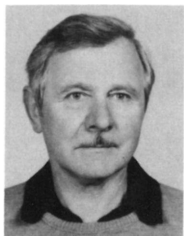
URBANCSEK János  
(1919. okt. 23.)

SZEPESHÁZY Kálmán  
(1919. okt. 25.)

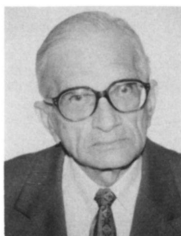


KOTSIS Tivadar  
(1919. dec. 30.)

## 75 éves



KUMMER József  
(1924. júl. 26.)



SZABÓ Nándor  
(1924. aug. 23.)



ÚJHELYI Györgyné  
(1924. okt. 25.)

## 70 éves



DEÁK Margit  
(1929. júl. 18.)



VITÁLIS György  
(1929. okt. 3.)

70 éves



PAPAJSIK Mártonné  
(1929. nov. 11.)



FÁBIÁN Gyula  
(1929. nov. 16.)

## **Pokorni Zoltán oktatási miniszterhez továbbított memorandum**

### **Geológia a köz- (és felső)oktatásban**

A civil szervezetek összefogásával 1998. november 20–22-én Tokajban rendezett „Geológia a közoktatásban” konferencia megtárgyalta a geológiának a közoktatásban elfoglalt helyzetét, a közművelődésben jelenleg betöltött és lehetséges szerepét, és az alábbi következtetésekre jutott.

#### **A múlt**

A Mária Terézia óta (Ratio Educationis 1777) arányosan fejlődő, nemzetközileg is elismert magyar oktatási rendszerben a természettudományok szaknak 1948-ban történt felszámolásával jelentős törés következett be, megszüntetve ezzel a környezetet egységes egészben látó kutatók, pedagógusok, nemzetközi hírű biológusok, geológusok, geográfusok képzésének alapját. Sajnálatos módon, ez egy máig tartó folyamat kezdetének bizonyult, amelynek során a geológia és geofizika – és általában a földtudományok – szerepének és hasznosságátudatának fokozatos csökkenése volt tapasztalható mind a közoktatásban, mind a közismereti szférában.

#### **A jelenlegi helyzet**

A természettudományos világgép formálása, a környezetünket teljességében láttatni kívánó oktatás terén olyan ismereti hiányok képződtek, amelyek következményei már ma is súlyosan éreztetik hatásukat. A földi fejlődést idő-tér dimenzióban és anyagismereti alapjaiban bemutató ismeretek minimumra csökkentése a közoktatásban megváltoztatta a felnövő generációk természethez fűződő értékrendjét. Az élettelen környezet ma nem az élet forrásaként, az életet hordozó, védő, beágyazó közegeként jelenik meg az alapműveltség szintjén – ahol a természet mindinkább a növény- és állatvilág színvonalává szűkült – hanem többnyire csak mint nyersanyagforrás kerül említésre, leglényegesebb alkotóinak bemutatása nélkül. Az emberi tevékenységgel összefüggő természeti környezetbe történő beavatkozások várható következményeinek társadalmi méretű megértése feltételezi a földtudományi alapismereteket. Hiánya alapvetően csökkenti a természet- és környezetvédelmi, a környezetgazdálkodási és az ésszerű környezethasznosítási törekvések hatásfokát. Bár a geokörnyezet érzékenysége kisebb, folyamatai lassúbbak, mint az élővilágé, károsodása tartósan visszahat arra.

#### **A geológiai, illetve földtudományi ismeretek bővítésének jelentősége**

– Lényegi ismereti hiányok következtében sem a „társadalom”, sem a döntéshozók nem láthatják a geológia területeinek és egyéb földtudományoknak



(geofizika, geokémia, talajtan, alkalmazott-, műszaki- és környezetföldtan stb.) valós szerepét, s ezért nem képesek felhasználói igényt sem támasztani velük szemben.

– Az előbbiekből adódóan elvi és gyakorlati szinten egyaránt teret hódít és visszaélésekhez vezet az áltudományosság.

– Az emberek életminőségének javításához a földtudományok tágabb körét is érintő földtani kutatás számos, gazdaságilag mérhető eredménnyel járul hozzá: természeti folyamatok felismerése, nyersanyagok felkutatása, környezeti károk elhárítása, katasztrófák elkerülése stb. Energiaforrásaink 80%-a épített környezetünk 75%-a létfontosságú tápanyagaink jelentős része (víz, só, nyomelemek stb.) ásványi eredetűek. A jövő egyik ígéretes környezetbarát energiaforrása a geotermikus energia, amelynek hasznosítására jó adottságaink vannak.

– Az Univerzum legalaposabban tanulmányozott része a Föld, amely egy térben és időben egyaránt változó dinamikus egyensúlyi rendszer. Ennek az egyensúlynak a megbomlása (megbontása) az élővilág jelentős részének, köztük az embernek a megsemmisüléséhez is vezethet. Az egyensúlymegbomlás elkerülése tehát az emberiség alapvető érdeke. Az élő és az élettelen természeti környezet evolúciójának, tér- és időbeli fejlődésének és kölcsönhatásának folyamatait leginkább a geológia képes megismerni és rekonstruálni.

– A természeti környezet és a benne élő társadalom kölcsönkapcsolataiban érvényesülő törvényszerűségek feltárásához elsősorban a földtudományok ezen belül is leginkább a geológia, a földrajz, a geofizika, a meteorológia (klimatológia), a talajtan, a hidrogeológia stb., – a biológiával közösen – tud legeredményesebben és leghatékonyabban hozzájárulni. Egyik fontos hozzájárulás lehet a kölcsönkapcsolatok ismeretének felhasználása az ún. környezeti nevelésben, amely a NAT egyik kiemelt célja. Ez egyébként a fejlett világ trendje is.

– A genetikai alapon megfogalmazott biodiverzitás ismerete, védelme, fenntartása megkívánja a geodiverzitási rendszer alapműveltségi szintű ismeretét és védelmét.

### Javaslat

A jövő nemzedék természettudományos alapműveltségének és környezeti kultúrájának fejlesztése érdekében a „Geológia a közoktatásban” konferencia résztvevői felkérlik a Magyar Köztársaság oktatási kormányzatát, hogy a földrajzoktatás jelenlegi szintjének megtartása és minőségi fejlesztése mellett:

a) a Nemzeti Alaptanterv korrekciója során – követve hagyományainkat és a fejlett országok gyakorlatát – önálló tantárgyként építse be a geológiát a közoktatásba,

b) tegye lehetővé, hogy a jelenlegi pedagógusok közül a geológia oktatására alkalmas és vállalkozó földrajz, biológia vagy kémia szakos tanárok olyan mérvű továbbképzésben részesülhessenek, amely alkalmassá teszi őket a geológia tantárgy oktatására,

c) teremtsen meg a geológia szakos tanárok képzésének lehetőségét az egyetemeken és főiskolákon második (földrajz–geológia, biológia–geológia vagy kémia–geológia stb.), vagy harmadik szakként.

## A javaslatot támogató társadalmi szervezetek

- Magyarhoni Földtani Társulat  
Dr. BÉRCZI István elnök
- Csongrád Megyei Kereskedelmi és Iparkamara  
Dr. SZERI István elnök
- Csongrád Megyei Mérnöki Kamara  
MÉDGYESI Pál elnök
- “Koch Sándor” Csongrád Megyei Tudományos  
Ismeretterjesztő Társulat  
Dr. KANYÓ Zoltánné üv. igazgató
- Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület  
Dr. ZETTNER Tamás elnök
- Magyar Építőipari szövetség  
Dr. SZABÓ Miklós elnök
- Magyar Földmérési, Térképészeti és  
Távérzékelési Társaság  
DETREKŐI Ákos az MTA r. tagja elnök
- Szülékátipari Tudományos Egyesület  
VIGH Jenő elnök
- Természet- és Környezetvédő Tanárok Egyesülete  
Dr. TÓTH Albert elnök
- TIT Magyar Természettudományi Társaság  
Dr. DANK Viktor elnök
- Csongrád Megyei Közgyűlés  
OTT József alelnök
- Eötvös Loránd Tudományegyetem Természet-  
tudományi Kar Geológiai Tanszékcsoport  
Dr. MONOSTORI Miklós tanszékcsoportvezető  
egyetemi tanár
- József Attila Tudományegyetem Természet-  
tudományi Kar  
Dr. VARGA Károly dékán
- Magyar Állami Földtani Intézet  
BREZSNYÁNSZKY Károly igazgató
- Magyar Geológiai Szolgálat  
Dr. FARKAS István főigazgató
- Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet  
Dr. BODOKY Tamás igazgató
- Magyar Tudományos Akadémia X. Földtudományok  
Osztálya
- Magyar Tudományos Akadémia Földtudományi  
Kutatóközpont  
PANTÓ György az MTA r. tagja főigazgató
- Földtani Örökségünk Egyesület  
DOMOKOS Sándor elnök
- Magyar Agrártudományi Egyesület Talajtani  
Társaság  
HORN Péter az MTA r. tagja elnök
- Magyar Biológiai Társaság  
Dr. JUHÁSZ-NAGY Sándor elnök
- Magyar Energetikai Társaság  
Dr. PETZ Ernő elnök
- Magyar Geofizikusok Egyesülete  
ROMÁNNÉ HEGYBÍRÓ Zsuzsanna elnök
- Magyar Hidrológiai Társaság  
Dr. STAROSOLSZKY Ödön elnök
- Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat  
Dr. HEVESI Attila elnök
- Magyar PB Gáz Egyesület  
DÉNES János elnök
- Országos Magyar Bányászati és Kohászati  
Egyesület  
Dr. TARDY Pál elnök
- Alsó-Tisza-Vidéki Környezetvédelmi  
Felügyelőség  
Dr. MAJOR Tibor igazgató
- Alsó-Tisza-Vidéki Vízügyi Igazgatóság  
Dr. KOVÁCS Gábor igazgató
- Dr. Földi János Általános és Művészeti  
Iskola  
FILEP Miklós igazgató
- Juhász Gyula Tanárképző Főiskola  
Természettudományi Intézet  
Dr. NÉMET József igazgató
- Károli Gáspár Református Egyetem  
Tanítóképző Főiskolai Kar  
Dr. NAGY István főigazgató
- Kossuth Lajos Tudományegyetem  
Természettudományi Kar Ásvány- és  
Földtani Tanszék  
Dr. SZŐÖR Gyula tanszékvezető  
egyetemi tanár
- Magyar Tudományos Akadémia SZAB Föld-  
és Környezettudományi Szakbizottsága  
Dr. MEZŐSI Gábor elnök
- Miskolci Egyetem Bányamérnöki Kar  
Földtani Geofizikai Intézete  
Dr. SOMFAI Attila Intézetigazgató  
tanszékvezető egyetemi tanár
- Szeged MJ Város Polgármesteri Hivatal  
Közművelődési és Közművelődési Iroda  
SZIGENI Károly irodavezető

Békési 1. sz. Általános Iskola Békés  
 FARKAS Lászlóné igazgató  
 Angyalföldtéri Általános Iskola Debrecen  
 PUSZTAI Mártonné igazgató  
 Geokomplex Kft.  
 DEÁK János ügyvezető  
 Eötvös Loránd Tudományegyetem Természet-  
 tudományi Kar Geofizikai Tanszék  
 Dr. MESKÓ Attila tanszékvezető  
 egyetemi tanár  
 GEOteam Kutatási és Vállalkozási Kft.  
 CENE János ügyvezető  
 BIO-GEN Alkalmazott Talajbiológiai Kutató Kft.  
 SÁRY Lajos ügyvezető

Mendikás Mérnöki Vállalkozási Kft.  
 SZEPESSY András ügyvezető  
 Mecsek Érc Környezetvédelmi Rt.  
 BENKOVICS István vezérigazgató  
 Bakonyi Bauxitbánya Kft.  
 KOVACSICS Árpád igazgató h.  
 Magyar Természettudományi Múzeum  
 Dr. KECSKEMÉTI Tibor főigazgató h.

Magyar Olajipari Múzeum Alapítvány  
 TÓTH János igazgató

## LEZSÁK Sándor országgyűlési felszólalása

Dr. ÁDER János úrnak  
 az Országgyűlés elnökének

*Tisztelt Elnök Úr!*

A Házaszabály 118. §-a és a Magyar Köztársaság Alkotmányának 27. §-a alapján bejelentem, hogy kérdést kívánok feltenni POKORNI Zoltán miniszter úrnak

“Lát-e arra lehetőséget, hogy a geológia tanítása meghonosodjon a magyar közoktatás rendszerében?” címmel.

A kérdésre írásban kérek választ.

*Tisztelt Miniszter Úr!*

Az elmúlt fél évszázadban olyan nagy mértékben fejlődtek általában a földtudományok – elsősorban a geológia és a geofizika – hogy túlfeszítették a hagyományos tantárgyakba szorított kereteiket. Ma részben a kémia, részben a földrajz, részben a biológia tantárgyak keretében tanulnak a diákok – impliciten – geológiát, de ezek az ismeret-részek ritkán állnak össze egységes tudássá. Más szempontból oktatják a földrajz keretében a kontinensek vándorlásának közetformáló hatását, más szempontból a biológiában a szerves eredetű kőolajnak vagy a mészkő-hegységeknek a keletkezését és más indíttatásból egyes ásványok kinézetét és vegyi összetételét a kémia tanításában.

Míg a Magyar Tudományos Akadémia a tudományok önálló csoportjának, azaz önálló tudományos osztálynak tekinti a földtudományokat – függetlenül ezeket a tudományágakat például a kémiai tudományoktól – addig a közoktatás megszokáson alapuló tantervei nem követték a tudományos élet fejlődésének

ilyen értelmű módosulását. Más országok oktatási gyakorlatától eltérően nálunk a geológia még fakultatív tantárgyként sem kap szerepet a közoktatásban, ezért is hiányosak a lakosság földtani ismeretei. Az ilyen jellegű tudatlanságot és képzetlenséget kihasználva adtak el a közelmúltban építkezőknek időjárás viszonyokra érzékeny falazóanyagokat, beszéltek rá kisvállalkozókat – köznyelvben a „gilisztásokat” – humusz „létrehozására” (bármely talajtani könyv szerint ez lehetetlen vállalkozás), és mindennaposak a „földsugárzást” elkerülő fekhelyek meghatározására, mágneses „erőtérgecok”, föld alatti vízfolyások kijelölésére vonatkozó áltudományos, sarlatán szolgáltatások hirdetései. A hagyományos tudományágak szétválása és egyre specifikusabb ismeretanyagaik miatt ezen az interdiszciplinális területen az idők folyamán egyre nagyobb ismeret-hézag keletkezett, amit valószínűleg már csak egy új tantárgy, a geológia közoktatásban történő megjelenítésével lehet megfelelő tudással kitölteni.

A közelmúltban megtartott „Geológia a közoktatásban” című konferencián részt vevő akadémikusok, egyetemi tanárok, tudományos és ismeretterjesztő egyesületek résztvevői Miniszter Úrhoz is elküldték javaslatukat, melyek szerint a Nemzeti Alaptanterv korrekciója folytán – átvéve a fejlett országok gyakorlatát – önálló tantárgyként kerüljön be a geológia oktatása a közoktatásba.

Ezúton is felkérem Miniszter Urat, hogy fejtsé ki álláspontját a geológiának a közoktatásban önálló tantárgyként történő bevezetésének lehetőségéről.

Budapest, 1999. május 28.

LEZSÁK Sándor  
országgyűlési képviselő  
MDF

### **POKORNI Zoltán válasza Lezsák Sándornak**

**Dr. ÁDER János úrnak  
az Országgyűlés elnökének**

*Tisztelt Elnök Úr!*

A Hárszabály 118. §-a és a Magyar Köztársaság Alkotmányának 27. §-a alapján, a LEZSÁK Sándor országgyűlési képviselő úr által feltett – „Lát-e arra lehetőséget, hogy a geológia tanítása meghonosodjon a magyar közoktatás rendszerében?” – kérdésre (K/1310/1), a következőket válaszolom.

*Tisztelt Képviselő Úr!*

A magyar közoktatásban a természetismeret oktatása, a természettudományos tárgyak ismeretátadó szerepe, valamint ezeknek az eredményessége határainkon túl is elismert, vitathatatlan.

Képviselő úr a kérdésében olyan problémakört vázolt fel, amelynek keretében a geológiát, illetve a földtudományokat érintő megoldási javaslattal él.

A jelenleg érvényben lévő NAT előkészítő munkálatai során, hosszú szakmai viták eredményeként létrejött a Földünk és környezetünk műveltségterület. Ezt akkor széles körben, szakmai fórumokon egyeztették a szakértők. A NAT története során az egyes tantárgyak képviselői között konszenzus alakult ki abban, hogy melyik műveltségterületbe mely tantárgyi ismeretek kerüljenek. Tehát az Ember és természet műveltségterület, amely a fizika, kémia, biológia és egészségnevelés tantárgyak ismeretanyagait tartalmazza, valamint a Földünk és környezetünk műveltségterület között feladatmegosztás történt abban, hogy szigorú logikai elvek alapján az élő és élettelen természethez kapcsolható ismereteket hogyan rendezzék el.

Ebben a rendszerben a természet megjelenítése úgy történik, hogy széleskörű alapozó ismeretekre épülve, több tantárgy keretén belül, logikus, komplex ismeretek kerülnek a tanulók számára átadásra.

Míndezzel szemben a beadvány olyan javaslatot fogalmazott meg, amely véleményem szerint nem felel meg a közoktatás eddigi rendszerének, nem támaszkodik sem a hazai, sem a nemzetközi gyakorlatra, és alapvetően átalakítaná a köz- és felsőoktatás rendszerét.

A képviselő úr első kérése az, hogy épüljenek be a geológiai ismeretek a közoktatás rendszerébe önálló tantárgy – a geológia – keretében.

Ismert, hogy az iskolákban – elsősorban a földrajz tantárgy keretében – oktatják ennek a műveltségterületnek az ismeretanyagát az eredeti elképzelésekkel, az európai gyakorlattal, valamint a hazai tradíciókkal összhangban. De a témában a kémia, fizika, valamint a biológia tantárgyak szerepe a továbbiakban is jelentős maradt.

Az iskolákban a helyi tantervek alapján – elsősorban tehát a földrajz tantárgy keretében – jelentős mennyiségű geológiai ismeret átadására kerül sor. A közzettantól az őslénytanig, a lemeztektonikai ismeretektől a Föld belső szerkezetéig, a földrengésekkel kapcsolatos tananyagtól a vulkánosságig és az üledékgyűjtő medencék szerepéig nagyon hosszú a lista. Ezen ismeretek a földrajz tantervekben részben önálló tantervi fejezetekként – A kőzetburok, A Föld története – részben integrált ismeretként – Az energiahordozók, A Föld bányászata – kerülnek a tanulók számára átadásra. Mindezek mellett fontos hangsúlyozni, hogy az egyes tantervi fejezeteken belül bizonyos témák – az ásványok összetétele, a kőzetek tulajdonságai, szerepük a társadalom életében, a lemeztektonika, a kőzetek keletkezése stb. – részletes kifejtésre kerülnek mind az általános, mind a középfokú oktatási intézményekben.

Mindezek mellett a biológia és a földrajz tantárgy külön-külön is, alaposan elemzi a Földtörténet nagy időszakait, az egyes korokban élt nevezetes élőlények földtani, biológiai szerepével együtt.

A kémia tantárgy keretén belül az ásványok kémiai összetétele, a fizika tantárgy keretén belül pedig a radioaktív kormeghatározás kerül többek között megtanításra.

A geológiai ismeretek oktatása az ezen ismeretek átadására felkészítő pedagógusképzésben szintén nem okoz problémát. Egyfelől az egyetemi, illetve főiskolai földrajz szakos tanárképzésben jelenleg is hangsúlyosan megjelennek a geológiai ismeretek. Másrészt a biológia, a földrajz, valamint a kémia szakos

tanárok számára a pedagógus továbbképzési rendszer jelenleg is lehetővé teszi azt, hogy a továbbképzési kínálatban nagy számban megtalálható geológiai irányultságú továbbképzési programból válasszanak.

A képviselő úr által felvetett javaslat egyébként érintené az egyetemeken illetve a főiskolákon a geológia–földrajz, geológia–biológia, geológia–kémia szakos tanárképzés megindítását is, ami véleményem szerint nem indokolt. Ez azonkívül, hogy a hazai természettudományos pedagógusképzés (biológia földrajz, biológia–kémia, kémia–fizika) átstrukturálását jelentené, a közoktatásban az egyes tantárgyak között kialakult egyensúlyt is megbontaná.

Azon sajnálatos események, amelyek az egyes állampolgárok tájékoztat-lanságából fakadóan – biogiliszta tenyésztés, rossz minőségű falazóanyagok megjelenése az építőiparban – anyagi kárhoz vezettek, véleményem szerint nem a geológiai ismeretek hiányosságából, hanem a piacon jelenlévő vállalkozások ellenőrzésének a hiányából, valamint az emberek hiszékenységből következtek.

A fent említett érveim alapján a képviselő úr beadványában foglaltakat nem támogatom.

Tisztelettel:

Budapest, 1999. június 14.

POKORNI Zoltán  
oktatási miniszter

Hasonló tartalmú levelet küldött KÖRNYEI László az Oktatási Minisztérium helyettes államtitkára CSÁSZÁR Géza főtitkárnak 1999. április 8-án.

# A magyar földtani irodalom repertórium 1999\*

Összeállította : PIROS Olga

- ANDRÁSSY L., FÖLDESSY J., VIHAR L. & ZELENKA T. 1999: A LIPS2 hordozható lézer-indukált spektrométerrel recskalahócai fúrómagmintákon végzett vizsgálatok eddigi eredményei. – *Magyar Geofizika* 38/1, 44–58.
- ÁRKAI, P. & LELKES-FELVÁRI, Gy. 1998: Metamorphic evolution paths in a detached fragment of the Variscan crust (the Tisza unit in the Pannonian Basin): theories, data and questions. – *Acta Univ. Carolinae, Geol.* (Prága) 42/2, 205–206.
- ÁRKAI, P. 1999: The basement of the Carpathian Basin. In: PÉCSI, M. (ed.): Landform evolution studies in Hungary. 13–28. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- ÁRKAI, P. 1999: Chlorite as an indicator of grade in incipient metamorphic conditions: an X-ray diffractometric approach. *MinWien*; 1999 Aug 31 – Sept 1; Wien. Stuttgart. – *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft. Beihefte zum European Journal of Mineralogy* 11, p. 21.
- ÁRKAI, P., BALOGH, K., DEMÉNY, A., FÓRIZS, I., MÁTHÉ, Z. & NAGY, G. 1999: Study of composition, diagenetic and post-diagenetic alterations of the Boda Albitic Claystone Formation. – *The Geology of Today for Tomorrow* Hungarian Geological Society – A Satellite Conference of the World Conference on Science; 21–22 Jun 1999. Budapest, Hungarian Geological Society, Programme and Abstracts p. 34.
- ÁRKAI, P., FREY, M. & SUCHY, V. 1999: The effect of tectonic shear on illite-muscovite: a case study from the Kandersteg area, Helvetic Alps, Switzerland. – *EUROCLAY 1999*. – Conference of the European Clay Groups Association; 5–9 September 1999, Kraków. Program with Abstracts, Pracownia AA, p. 57.
- ÁRKAI, P., MÁTA, P. M., GIORGETTI, G., PEACOR, D. R. & TÓTH, M. 1999: Comparison of diagenetic and incipient metamorphic evolution of chlorite in associated pelitic sedimentary and basic igneous rocks: an integrated XRD and TEM study. – *EUROCLAY 1999* – Conference of the European Clay Groups Association; 5–9 September 1999; Kraków. Program with Abstracts, Pracownia AA, p. 57.
- ÁRPÁSI, M., KRÁLJ, P. & LORBERER, Á. 1998: Geothermieprojekt Lenti (A Lenti városi geotermikus energiahasznosítási tervet. – *5th Geothermal Conference Straubing* 12–15 May 1998, p. 9.
- ÁRPÁSI, M. & LORBERER Á. 1998: Thermomineral water management and utilization of geothermal energy in Hungary. – *IAH International Symposium on mineral and Thermal Groundwater* 24–27. June 1998, Miercurea Ciuc, Romania Proceedings, p. 7.
- ÁRPÁSI, M., GYENESE, I. & MEGYERY, M. 1999: Geotermikus energiát termelő kútpár hidrodinamikai vizsgálata. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 129–131.
- ÁRPÁSI, M. & LORBERER, Á. 1999: A zalai mélykarszt geotermális adottságai és a hasznosítás lehetőségei. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 112–114.
- BALASSA I., DANKÓ I., FELFÖLDI L., FLÓRIÁN M., HÁLA J., KISBÁN E. & TÁTRAI Zs. 1999: Robert Townson néprajzi megfigyelései Magyarországon. – *Néprajzi Látóhatár* 7/3–4, 1–17.

\* Kiegészítésekkel az 1998-as évből. A hasonló késések elkerülése végett a jövőben a következő év 2. füzetében jelenik meg az irodalom

- BALÁZS F. 1999: Kis- és középmagas löszfalak megtámasztása Baranyában. – *Földtani Kutatás* 36/3, 34–35.
- BALLA Z. 1999: Tektonikai problémák a radioaktív hulladék elhelyezésében. – *Földtani Kutatás* 36/2, 47–51.
- BALLA Z. 1999: Van-e bizonyíték negyedidőszaki tektonizmusra Paks környékén? („A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága” kötet megjelenése kapcsán). – *Földtani Közönlöny* 129/1, 97–107.
- BALLA, Z. 1999: Geological exploration for low and intermediate level radioactive waste disposal in Hungary. – In: SCHAREK, P. (ed.): Programme and abstracts. „The Geology of Today for Tomorrow”. 21–22 June, 1999, Budapest, Hungary, A satellite conference of the World Conference on Science. Hungarian Geological Society, Budapest p. 29.
- BALLA, Z. 1999: Is there any proof for Quaternary tectonism in the Paks area? (in connection with publication of the volume „Seismic safety of the Paks nuclear power plant”). – *Acta Geologica Hungarica* 42/3, 309–326.
- BALLA, Z. 1999: Lineaments of Hungary. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary* 1992–1993/2, 15–20.
- BALLA, Z. 1999: On the tectonic subdivisions of Hungary. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary* 1992–1993/2, 9–14.
- BALLA, Z. 1999: Stop 1. The Üveghuta Site for low- and intermediate-level radioactive waste disposal. – In: MAROS, Gy. (ed.): Excursion Guide Book. 23–24 June, 1999, Hungary. „The Geology of Today for Tomorrow”. 21–22 June, 1999, Budapest, Hungary, A satellite conference of the World Conference on Science. Hungarian Geological Society, Budapest, 19–34.
- BALLA Z. 1999: Radioaktív hulladék elhelyezési lehetőségei a Kiscelli Agyagban. – *Földtani Kutatás* 36/4, 15–20.
- BALLA Z., GYALOG L., HORVÁTH I., MAROS GY., TÓTH GY., MEZŐ GY., SZILÁGYI G., PRÓNAY Zs., ZILAHÍ-SEBESS L., SZÜCS I., MOLNÁR P., PERLAKY F., TUNGLI GY., MAJOROS GY. & VERBÓCZI J. 1999: Megalapozottak-e a tudományos kételemek Üveghuta alkalmasságával kapcsolatban? – *Térségi Krónikás* 1999/3, 3–5.
- BALOG, A., READ, J. F. & HAAS, J. 1999: Climate-controlled early dolomite, Late Triassic cyclic platform carbonates, Hungary. – *Journal of Sedimentary Research* 69/1, 267–282.
- BALOGH, K., KOROKNAI, B. & HORVÁTH, P. 1999: New K/Ar and Ar/Ar ages on the Veporic crystalline basement in Northern Hungary. – *CBGA Commission on Metamorphism, II. Field Meeting*; 1999. May 31– Jun 5; Herlany. Kosice: Technical University of Kosice p. 195.
- BARÁTOSI K. 1999: A határ- és védőpillérekről, valamint térképi ábrázolásokról. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/6, 466–470.
- BARON-SZABÓ, P., HRADECKA, L., LOBITZER, H., OTTNER, F., SACHSENHOFER, R., SCHLAGINTWEIT, F., SIEGL-FARKAS, Á., SVABENICKA, L., SZENTE, I. & ZORN, I. 1998: Fazies und Biostratigraphie der Weissenbachalm Gosau bei Bad Aussee Vorläufige Ergebnisse 3. – *Österr. Sediment. Workshop, Seewalchen am Attersee*. Abstracts p. 2.
- BARTA Z., BAUER N., BÉKÁSSY G. & FUTÓ J. 1998: Badacsonyi tanösvény. Veszprém, 31 p. (angol nyelven is)
- BARTHA A., CSALAGOVITS I., HORVÁTH I., SIEWERS U. & STUMMEYER J. 1999: A Békés megyei arzénis rétegvizek arzénfajtái. – *A 42. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés kiadványa*, Veszprém, 16–19.
- BÁLDI, K. 1999: Taxonomic notes on benthic foraminifera from SW-Hungary, Middle Miocene (Badenian) Paratethys. – *Acta Geologica Hungarica* 42/2, 193–236.
- BÁNKI J. 1999: A HK-6 típusú hányóképzőgép kihordógémjén végzett geodéziai mérések Visonta külfejtésben. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/4, 261–267.
- BÁRDOSY Gy. 1998: A hazai radioaktív hulladékelhelyezés helyzete. – MTA



- Stratégiai kutatások „Zöld Belépő” 58, 30 p.
- BÁRDOSSY Gy. 1998: A radioaktív hulladékok elhelyezésének helyzete hazánkban. In: KERÉKES S. (szerk.): Magyarország az ezredfordulón. Műhelytanulmányok. „Szigorodó környezetpolitika.” MTA Kiadvány 65–81.
- BÁRDOSSY Gy. 1998: A laterit és karsztbauxitképződés tudományos és gyakorlati vonatkozásai. (Akadémiai Székfoglaló, 1993. nov. 1.) Akadémiai Kiadó 48 p.
- BÁRDOSSY, Gy. 1998: On the problem of Bauxite Geochemistry. – *Acta Geologica. Academia Scientiarum et Artium Croatica* 25/2, 57–68.
- BÁRDOSSY Gy. 1999: A hazai radioaktív hulladékok elhelyezésének helyzete. – *Ezredforduló* 6, 12–15.
- BÁRDOSSY Gy. 1999: Hegységképződés és lemeztektonika. Akadémiai Műhely. Közgylési előadások 1998. évben 2. kötet 581–594.
- BÁRDOSSY Gy. 1999: A hazai radioaktív hulladékok elhelyezésének helyzete. Akadémiai Műhely. Székfoglalók II. kötet 1–31.
- BÁRDOSSY Gy., JANKOVICS B. & R. SZABÓ I. 1999: A szöci Szárhegy I. bauxittelep megkutatásának és bányászatának tapasztalatai. – *Bányászati és Kohászati Lapok–Bányászat* 132/5, 381–391.
- BÁRDOSSY Gy., PATAKI A. & TISZAY J. 1998: A halimbai bauxittelep földtani megismerésének és megkutatásának története. – *Földtani Kutatás* 35/1, 3–7.
- BÁRDOSSY Gy., PATAKI A. & TISZAY J. 1998: A halimbai bauxittelep rétegtani, teleptani és tektonikai értékelése. – *Földtani Kutatás* 35/4, 1–6.
- BÁRDOSSY Gy. & PIERRE-JEAN COMBES 1999: Karst bauxites, interfingering of deposition and palaeoweathering. – In: THIRY, M. & SIMON-COINCON, R. (eds.): Palaeoweathering, palaeosurfaces and Related Continental deposits. – Special Publication No. 27 of the International Association of Sedimentologists 189–206.
- BENKOVICS, I. 1998: A mecseki uránércbányászat felhagyásának programja. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/6, 558–559.
- BÉRÉNYI-ÜVEGES, J., NÉMETH, T., HORVÁTH, Z. & SIMON, B. 1999: Reconstruction of soil forming environments based on mineralogical analysis. – *PhD hallgatók II. Nemzetközi Konferenciája* Miskolc kiadványkötete, 1–9.
- BÉRCZI Sz., DETRE Cs., DON Gy., SOLT P. & UZONYI I. 1999: Olivine spherules and droplets from the Pannonian basalt of Szentbékállá. – *Papers presented to the TECOS Workshop, Castelnovo ne’ Monti, Italy*, 4–5.
- BÉRCZI, Sz., DETRE, Cs., DON, Gy., GÁL-SÓLYMOS, K., JÓZSA, S., KUBOVICS, I., LUKÁCS, B., NAGY, M., SOLT, P., PUSKÁS, Z., SZABÓ, A. & SZAKMÁNY, Gy. 1998: Meteorites from Hungary: Poster summary. – *Annual Meeting of IGCP 384, 1998, Budapest Abstracts*, 4–5.
- BÉRCZI, Sz., DETRE, Cs. & DON, Gy. 1998: Solar System Spherule Stratigraphy: Sketch. – *Annual Meeting of IGCP 384, 1998, Budapest Abstracts*, 6–8.
- BÉRCZI, Sz., DON, Gy., GÁL-SÓLYMOS, K., KUBOVICS, I., LUKÁCS, B., MARTINÁS, K., NAGY, B., PUSKÁS, Z. & SOLT, P. 1998: Foliated Kaba CV3 Chondrite. Antarctic Meteorites 23. – *Symposium, National Institute of Polar Research, Tokyo* p. 14.
- BÉRCZI, Sz., DIÓSY, T. & TÓTH, Sz. 1998: Construction of hunveyor, a planetary lander probe to study planetary science and technology (robotics) connections in education: how to collect spherules? – *Annual Meeting of IGCP 384, 1998, Budapest Abstracts*, 9–11.
- BÉRCZI, Sz., HOLBA, A. & LUKÁCS, B. 1998: Some notes on Permian and Triassic mammalogenes. – *Annual Meeting of IGCP 384, 1998, Budapest Abstracts*, 11–15.
- BÉRCZI, Sz. & LUKÁCS, B. 1999: Cosmic spherulite in the Solar System. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eotvos Nominata. Sectio Geophysica et Meteorologica* 12, 7–12.

- BERECZNÉ HORVÁTH E. & ANDÓ J. 1999: A geokémiai csapdák és gátak környezet-geokémiai szerepe és térképi ábrázolási lehetőségek bemutatása a Naszály térségi mintaterületen. – *Földtani Közlöny* 129/1, 61–81.
- BERNOR, R. L., KAISER, T. M., KORDOS, L. & SCOTT, R. S. 1999: Stratigraphic Context, Systematic Position and Paleoecology of Hippotherium sümegense KRETZOI, 1984 from MN10 (Late Vallesian of the Pannonian Basin). – *Mitt. Bayer. Staatsslg. Palaont. hist. geol.* 39, 1–35.
- BERTALAN É., BARTHA A., BALLÓK I.-NÉ & VARGÁNÉ BARNA Zs. 1999: Laboratóriumi módszerek harmonizációjának szükségessége talaj és üledékminták kioldható elemtartalmának meghatározásánál. – *A 42. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés kiadványa* 125–129. Veszprém
- BERTA Zs. & VÁRHEGYI A. 1998: Geofizikai monitoring a hazai urániparban. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/6, 596–602.
- BIDLÓ G. 1999: A három VENDL testvér: A XX. századi magyar földtani tudományok kiemelkedő képviselői. – *Földtani Közlöny* 129/1, 83–94.
- BIDLÓ G. & BREZSNYÁNSZKY, K. 1999: BÖCKH, Hugó (1874-1931). In: PÉCSI, M. (ed.): Landform evolution studies in Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1999. *Studies in geography in Hungary*, 30. 123–124.
- BIDLÓ, G. & BREZSNYÁNSZKY, K. 1999: BÖCKH, János (1840-1909). In: PÉCSI, M. (ed.): Landform evolution studies in Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1999. *Studies in geography in Hungary*, 30. 124–125.
- BÍRÓ J. & ORSZÁG I. 1998: Befejezi működését az utolsó mecseki földalatti szénbánya, a komlózi Zobák akna. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/6, 560–565.
- BÍRÓ, Z., PÁPAY, J. & GOMBOS, Z. 1999: Practical results of CO<sub>2</sub> flooding in Hungary. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/4, 65–71.
- BÍRÓ Z. & TISZAI Gy. 1999: A nem elegyedő szén-dioxidos olajkiszorítási eljárás hatásfokának növelése a Lovászi mező Alsó-Rátka rétegeiben. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/6–7, 133–137.
- BODA E., DIÓSZEGI S., ARADI L. & FEKETE I. 1999: Új mélyművelésű bauxitbánya a Bakonyalján. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/5, 358–363.
- BODROGI, I., FOGARASI, A., YAZYKOVA, A. E., SZTANÓ, O. & BÁLDI-BEKE, M. 1998: Upper Cretaceous of the Bakony Mts. (Hungary): sedimentology, biostratigraphy, correlation. – *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* 1/11–12, 1179–1194.
- BODROGI, I. 1998: Deep sea deposits SW Hungary (Bóly B-1 borehole, Upper Albian-Lower Cenomanian). – *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*. 1/11–12, 1163–1178.
- BODROGI, I. 1998: The stratigraphic and plate tectonic position of the Harsányhegy Bauxite Formation (Villány Mts., Hungary). – *12<sup>th</sup> International Symposium of ICSOBA*, 16–19 September 1998, Abstracts, 2 p. (oldalszámozás nélkül), Delphi.
- BODROGI, I. 1998: The stratigraphic and plate tectonic position of the Harsányhegy Bauxite Formation (Villány Mts., Hungary). – *Travaux, 12<sup>th</sup> International Symposium of ICSOBA*, 26/30, 221–222. Athens
- BODROGI, I. 1999: Urgonian Limestone of inverse position in the SE Foreland of the Villány Mts., Transdanubia, Hungary. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 27–52.
- BODROGI, I. & FOGARASI, A. 1998: Accretional sequences of the Tethys suture (Lower Cretaceous, Gerecse Mts., Hungary). – *Carpathian-Balkan Geological Association 16. Congress* August 30 to September 2<sup>nd</sup>, 1998 Vienna, Austria, Abstracts p. 77.
- BODROGI, I., FOGARASI, A. & BÁLDI-BEKE, M. 1998: Spherulites and micrtektites from the Alcapa Unit (Hungary, Austria). – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998

- September 28–October 2, Budapest, Abstracts, p. 16.
- BODROGI, I. & BÁLDI-BEKE, M. 1999: Correlation of Late Cretaceous sequences: Gubbio (Italy) and Bakony Mts. (Hungary). – *EUG 10 European Union of Geosciences* 28 March–1 April, 1999 Strasbourg (France), p. 734.
- BOHN P.-NÉ, SELMECZI I. & LANTOS M. 1999: A DNy-i Bakony pteropodái, lito-, bio- és magnetosztratigráfiai korreláció (Somló-vásárhely–1. számú fúrás). – *2. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Noszvaj*, 1999. máj. 7–8. Abstracts, p. 5.
- BOHN, P., GYURICZA, Gy. 1999: Establishment of the ENVIROGEOLOGICAL computerised data base on environmental geology in the Geological Institute of Hungary. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 139–144.
- BOLDIZSÁR I. 1999: A Nyugat-magyarországi Területi Földtani Szolgálat 1974–1992. – *Földtani Kutatás* 36/4, p. 12.
- BOLFORD G. 1999: A biatorbágyi Cszigey-árok gerinctelen faunája és paleoökológiája. – *2. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Noszvaj* 1999. május 7–8. p. 5.
- BOROS D., ÚLRICH J. 1998: Dudar bányája jelene és jövője. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/5, 477–480.
- BÖRÖCZKY T. & VARGA G. 1999: A bauxitkutatás szerkezeti átalakulása és a kutatás újabb eredményei. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/5, 348–357.
- BRESS G. 1999: A geotermikus energia felhasználásával kapcsolatos magyar szabadalmak. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 132/5, 132–133.
- BREZSNYÁNSZKY K. 1999: A földtani környezet és az ember kapcsolata. – *Földtani Kutatás* 36/3, p. 7.
- BREZSNYÁNSZKY K. 1999: A földtani régiókutatások időszzerűsége. – *Földtani Kutatás* 36/4, p. 7.
- BREZSNYÁNSZKY K. 1999: „Világító Ásványok”. – *Földtani Kutatás* 36/4, p. 31.
- BREZSNYÁNSZKY K. 1999: Búcsú dr. KONDA Józseftől (1929–1995) – *Földtani Közöny* 129/2, 305–308.
- BREZSNYÁNSZKY K. 1999: Búcsú NAGY Elemértől (1934–1998). – *Földtani Közöny* 129/3, 445–450.
- BREZSNYÁNSZKY K. 1999: Előszó. In: BUDAI T. & CSILLAG G. (szerk.): A Balaton-felvidék földtana. Magyarázó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50 000. = Geology of the Balaton Highland. Explanation to the Geological Map of the Balaton Highland, 1:50 000. Budapest, 5–6.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 1999: Fülöp, József (1927–1944). – In: PÉCSI, M.(ed.): Landform evolution studies in Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1999. – *Studies in geography in Hungary*, 30, 128–129.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 1999: Introduction. – *Geologica Hungarica. ser. Geologica*. 24, 17–18.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 1999: SCHMIDT, Eligius Robert (1902–1973). – In: PÉCSI, M.(ed.): Landform evolution studies in Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1999. – *Studies in geography in Hungary*, 30, p. 146.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 1999: SZENTES, Ferenc (1907–1982). – In: PÉCSI, M.(ed.): Landform evolution studies in Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1999. – *Studies in geography in Hungary*, 30, p. 151.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 1999: VITÁLIS, István (1871–1947). – In: PÉCSI, M.(ed.): Landform evolution studies in Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1999. – *Studies in geography in Hungary*, 30, p. 155.
- BREZSNYÁNSZKY, K. 1999: ZSIGMONDY, Vilmos (1871–1947). – In: PÉCSI, M.(ed.): Landform evolution studies in Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1999. – *Studies in geography in Hungary*, 30, p. 157.
- BREZSNYÁNSZKY, K., DUDICH, E. & SCHEDL, A. 1999: Ungarn. – In: Die Geologische Bundesanstalt in Wien. 150 Jahre Geo-

- logie im Dienste Österreichs (1849–1999).
- BREZSNYÁNSZKY, K. & KÖRÖSI, L. 1999: NOSZKY, Jenő sen. (1880–1951). – In: PÉCSI, M.(ed.): Landform evolution studies in Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1999. – *Studies in geography in Hungary*, 30, 141–142.
- BREZSNYÁNSZKY, K. & KÖRÖSI, L. 1999: WEIN, György (1912–1976). – In: PÉCSI, M.(ed.): Landform evolution studies in Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1999. – *Studies in geography in Hungary*, 30, 156–157.
- BREZSNYÁNSZKY, K. & PÉCSI, M. 1999: SZABÓ, József (1822–1894). – In: PÉCSI, M.(ed.): Landform evolution studies in Hungary. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1999. – *Studies in geography in Hungary*, 30, 147–148.
- BRUKNER-WEIN A., SAJGÓ Cs. & HETÉNYI M. 1998: Origin and preservation of organic matter in a Pliocene twin crater. – *Mineralogical Magazine* 62, 248–249.
- BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., DUDKO A., KOLOSZÁR L. & MAJOROS Gy. 1999: A Balaton-felvidék földtana. Magyarázó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50 000. – A Magyar Állami Földtani Intézet 197. Alkalmi kiadványa, Budapest, 310 p.
- BUDAI T., CSILLAG G., DUDKO A. & KOLOSZÁR L. (szerk.) 1999: A Balaton-felvidék földtani térképe. M=1:50 000. – A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa
- BUKOVANSKA, M., DOBOSI, G., BRANDSTÄTTER, F. & KURAT, G. 1999: Dar al Gani 400 petrology and geochemistry of some major lithologies. – *Meteoritics and Planetary Sciences* 34, Suppl. A, p. 46.
- CHIKÁN, G. 1999: The Role of Geological Mapping in Radioactive Waste Disposal in Hungary. Abstracts. „*The Geology of Today for Tomorrow*”. Satellite Conference of The World Conference on Science. 21–22 June, 1999, Budapest, Hungary p. 35.
- CHIKÁN, G. & DRASKOVITS, P. 1999: Integrated geological mapping in South Transdanubia. – A Magyar Geológiai Szolgálat 1996. évi beszámolója. Budapest, 38–40.
- CZIFRA D. 1999: Adatok a bükk permokarbon üledékek öslénytani vizsgálatához. – 2. Magyar Öslénytani Vándorgyűlés, Noszvaj 1999. május 7–8. p. 6.
- CSALAGOVITS, I. 1999: Arsenic-bearing artesian waters of Hungary. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 85–92.
- CSAPÓ, G. 1999: Effect of vertical gradient on the accuracy of gravimeter measurements based on Hungarian data. – *Geophysical Transactions* 42/1–2, 67–81.
- CSAPÓ, G., GAZSÓ, M. & KENYERES, A. 1999: Relationship between reliability of the Hungarian part of the geoid and the spatial distribution of gravity data. – *Geophysical Transactions* 42/1, 83–103.
- CSATH B. 1998: Zsigmondy Béla születése 150. évfordulójára emlékezünk. – *Hidrológiai Tájékoztató* június, 6–7.
- CSATH, B. 1999: Magyarország nyugat-dunántúli régiója hévízfeltárásának története. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 99–102.
- CSÁSZÁR, G. 1999: Vestiges of new type Cretaceous atolls from the Mecsek Mountains, Hungary. – *Journal of Conference, 11<sup>th</sup> Bathurst Meeting Cambridge Publications, Cambridge, Abstracts* 4/2, p. 910.
- CSÁSZÁR G. 1999: Főtitkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 1998. évi közhasznú tevékenységéről. – *Földtani Közlemények* 129/1, 5–21.
- CSÁSZÁR G. & LELKESNÉ FELVÁRI Gy. 1999: Balatoni Fillit Formációcsoport. In: BUDAI T. & CSILLAG G. (szerk.) 1999: A Balaton-felvidék földtana. Magyarázó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50 000. – A Magyar Állami Földtani Intézet 197. Alkalmi kiadványa, Budapest, 15–23.
- CSÁSZÁR, G. (ed. in chief), PISTOTNIK, J., SCHAREK, P., KAISER, M., DARIDA-TICHY, M., NAGY, E., SZURKOS, G., SÍKHEGYI, F., BUDAI, T., MARSJ, I., GYALOG, L., IVÁNCSECS, J., PRISTAŠ, J. HORNIŠ, J. HALOUZKA, R., ELECKO, M., KONECNY, V., LEXA, J. NAGY,

- A., VASS, D. & VOZÁR, J. 1999: Surface Geological Map 1:100 000. Danube Region Environmental Geology Programme, Budapest
- CSÁSZÁR, G. (ed. in chief), WESSELY, G., KRÖLL, A., DUDKO, A., NAGY, A., VOZÁR, J. & PERESZLÉNYI, M. 1999: Geological profiles 1:200 000. Danube Region Environmental Geology Programme, Budapest
- CSEPIN SZKY, B., JAKAB, G., DITRÓI-PUSKÁS, Z. 1998: Talajérzítő vizsgálata esőszimulátorral. – 12. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok, 132–140.
- CSEERNY T. 1999: A Balaton üledékeinek környezetföldtani célú vizsgálata. In: ANDA A. (szerk.): A „Víz alatti talajok szerepe a tavak környezetvédelmében” tudományos konferencia kötete KGI, VEAB és PATE közös kiadványa, Keszthely, 47–72.
- CSEERNY T. 1999: Limnogeológia. In: BUDAI T. & CSILLAG G. (szerk.): A Balaton-felvidék földtana. Magyarázó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50 000. MÁFI 197. Alkalmi Kiadványa, 162–165.
- CSEERNY, T. 1999: Environmental geological investigations of Lake Balaton (Hungary). – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 131–137.
- CSICSÁK, J. & SZAKMÁNY, Gy. 1998: A Jakabhegyi Homokkő Formáció legfelső, „átmeneti” rétegei közettani–geokémiai vizsgálatának eredményei. – *Földtani Közlöny 128/4*, 535–553.
- CSIRIK, Gy., ÓDOR, L., KISS, J., CSEERNY, T., HERTELENDI, E. & TARJÁN, S. 1999: Isotope–geochemical studies and their results in the geological investigations of Lake Balaton. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary. 1992–1993/2*, 69–84.
- CSIRIK, Gy., ÓDOR, L., KISS, J. & KOVÁCSVÖLGYI, S. 1999: Regional geological, geophysical, and geochemical data used in the assessment of undiscovered deposits in the Mátra, Börzsöny and Visegrád Mountains, Northern Hungary. – In: ÓDOR, L. & MCCAMMON, R. B., (eds.): Deposit Modeling and Mining-induced Environmental Risks. – *Geologica Hungarica series Geologica 24*, 55–62.
- CSOMA A. & MOLNÁR F. 1999: A komlóskai karbonáttelér genetikája ásványtani, folyadékszárvány és stabilizotópos vizsgálatok alapján. – *Földtani Közlöny 129/1*, 41–60.
- CSONGRÁDI J. & PEREGI Zs. 1999: A Mongóliai Nemzetközi Földtani Expedíció 13. csoportja (1979–1980) tevékenységének összefoglalása. – *Földtani Kutatás 36/4*, p. 21.
- CSONGRÁDI J. & PEREGI Zs. 1999: A Mongóliai Nemzetközi Földtani Expedíció 32. csoportja (1983–1985) tevékenységének összefoglalása. – *Földtani Kutatás 36/4*, p. 22.
- CSÓVÁRI M. 1998: A mecseki uránércbányászat és -feldolgozás legfontosabb anyagmérlegadatai. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat 131/6*, 571–575.
- DELI, T., SÜMEGLI, P. 1999: Biogeographical characterisation of Szatmár–Bereg Plain based on the Mollusc fauna. In: HAMAR, J., SÁRKÁNY-KISS, A. (eds.): The Upper Tisa Valley. Tiscia Monograph Series, Szeged, 471–477.
- DETRE ,Cs., TÓTH, I., DON, Gy., KISS, Á.Z., UZONYI, I., BODÓ, P. & SCHLÉDER, Zs. 1999: The Permian–Triassic supernova impact. – Papers presented to the *TECOS Workshop*, Castelnovo ne’ Monti, Italy, 8–10.
- DETRE, Cs., TÓTH, I., DON, Gy., SOLT, P., GUCSIK, A., KISS, Á.Z. & UZONYI, I. 1999: The Permo–Triassic mass extinction caused by a supernova explosion – *Workshop on Geological and Biological Evidence for Global Catastrophes (Espérazo/Quillan, Aude, France)* Abstracts, 25–26.
- DETRE Cs. & TÓTH I. 1999: Közeli szupernóva-robbanások földtörténeti hatásai – *Fizikai Szemle 8/2*, 33–39.
- DETRE, Cs. H., DON, Gy. & DOSZTÁLY, L. 1998: New list of spherule occurrences in the Carpathian Basin. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts, 29–30.

- DETRE, Cs. H., TÓTH, I. & DON, Gy. 1998: A nearby supernova explosion at the Permo-Triassic transition period. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts, 32–33.
- DETRE, Cs. 1999: Biostratigraphic evidences of the Triassic/Jurassic boundary in the Mesozoic horst near Csővár. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 21–25.
- DETRE, Cs., DON, Gy., SOLT, P. 1998: Small magnetic spherules from the Triassic-Jurassic Boundary zone of Csővár, N Hungary – A preliminary report. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts p. 31.
- DETRE, Cs., TÓTH, I., DON, Gy., KISS, Á. Z., UZONYI, I., BODÓ, P., SCHLÉDER, Zs. 1999: The Permian-Triassic supernova event – Antarctic Meteorites XXIV., papers presented to the 24<sup>th</sup> Symposium on Antarctic Meteorites, Nat. Inst. Polar Research, Tokyo, June 1–3, 1999, 15–17.
- DIMITRIEVIC, N.M., DIMITRIEVIC, D.M., KARAMATA, S., SUDAR, M., KOVÁCS, S., DOSZTÁLY, L., GULÁCSI, Z., PELIKÁN, P. 1999: Olistostrome/mélanges in Yugoslavia and Hungary: an overview of the problems and preliminary comparison. – *Geologica Carpathica* 50, 147–149.
- DOBOSI, G., JENNER, G. A. & EMBEY-ISZTIN A. 1998: Clinopyroxene/orthopyroxene trace element partition coefficients in spinel peridotite xenoliths. – *Mineral. Magazine* (London) 62A, 393–394.
- DOBOSI, G. & JENNER, G.A. 1999: Petrologic implications of trace element variation in clinopyroxene megacrysts from the Nógrád volcanic province, north Hungary: a study by laser ablation microprobe – inductively coupled plasma – mass spectrometry. – *Lithos* 46, 731–749.
- DOBOSI, G., KURAT, G., JENNER, G.A. & BRANDSTÄTTER, F. 1999: Cryptic metasomatism in the upper mantle beneath Southeastern Austria: a Laser Ablation Microprobe-ICP-MS study. – *Mineralogy and Petrology* 67, 143–161.
- DOBOSI, G., BJERG, E., KURAT, G. & NTAFLÓS, T. 1999: The upper mantle beneath Patagonia: a LAM-ICP-MS study. – *European Journal of Mineralogy* 11, p. 59.
- DOBOSI, G. 1998: Emlékezés dr. Emszt Kálmán hidrológiai munkásságára születése 125. évfordulóján. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1998, 7–9.
- DOBOSI, G. 1998: A 150 éves Magyarhoni Földtani Társulat köszöntése. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1998, p. 12.
- DOBOSI, G. 1998: 10 címszó a Magyar Nagylexikon 6., 7. kötetében Magyar Nagylexikon Kiadó.
- DON, Gy., DETRE, Cs. & SOLT, P. 1999: Black, magnetic spherules from the Devonian-Carboniferous boundary (Montagne Noire, France) – A preliminary report – Papers presented to the *TECOS Workshop*, Castelnovo ne' Monti, Italy, 10–12.
- DOSZTÁLY L. 1998: Jura radiolaritok a Dunantúli-középhegységben. – *Földtani Közlemények* 128/2, 273–295.
- DOSZTÁLY, L., KOLLÁNYI, K. & LELKES, Gy. 1999: A Sümeg–17. sz. fúrás felső jura–alsó kréta képződményeinek újra-vizsgálata. – In: Pálffy J. (szerk.): Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető. – 2. Magyar Őslénytani Vándor-gyűlés, Noszvaj p. 7.
- DREW, L. J., BERGER, B. R., BAVIEC, W. J., SUTPHIN, D. M., CSIRIK, Gy., KORPÁS, L., VETŐ-ÁKOS, É., ÓDOR, L. & KISS, J. 1999: Mineral-resource assessment of the Mátra and Börzsöny-Visegrád Mountains, North Hungary. In: ÓDOR, L. & MCCAMMON, R. B. (eds.): Deposit Modeling and Mining-induced Environmental Risks. – *Geologica Hungarica series Geologica* 24, 79–97.
- DUDICH E., HÁLA J. 1999: Búcsú Kiss Árpádtól. Farewell to Árpád Kiss. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 5–8.
- DULAI A. 1999: A korai-jura brachiopodák újjáéledése a triász végi kihalás után. Összefoglalás – Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető. – 2. Magyar

- Öslénytani Vándorgyűlés, 1999. május 7–8. Noszvaj p. 7.
- DULAI A. 1999: Középső-miocén (bádeni) Polyplacophora maradványok a Börzsönyből. Összefoglalás – Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető. – 2. Magyar Öslénytani Vándorgyűlés, 1999. május 7–8. Noszvaj p. 8.
- EBLI, O., VETŐ, I., LOBITZER, H., SAJGÓ, Cs., DEMÉNY, A. & HETÉNYI, M. 1998: Primary productivity and early diagenesis in the Toarcian Tethys on the example of the Mn-rich black shales of the Sachrang Formation, Northern Calcareous Alps. – *Organic Geochemistry* 29, 1635–1647.
- EBNER, F., KOVÁCS, S. & SCHÖNLAUB, H. P. 1998: Stratigraphic and facial correlation of the Szendrő-Uppony Paleozoic (NE Hungary) with the Carnic Alps–South Karawanken Mts and Graz Paleozoic (Southern Alps and Central Eastern Alps); some paleogeographic implications. – *Acta Geologica Hungarica* 41/4, 355–388.
- ECSEDY I. 1998: Az ásványbányászat és a féművegyés korai kezdetei a Mecsek vidékén. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/6, 533–538.
- EDELÉNYI E. 1999: A geológiai felépítés vízármlásokat megszabó szerepe a Dunántúli-középhegység DNY-i részén. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 107–109.
- EMBEY–ISZTIN, A., DOBOSI, G. & ALTHERR, R. 1999: Thermal evolution of the lithosphere beneath the western Pannonian Basin: evidence from deep-seated xenoliths. – *European Journal of Mineralogy* 11, p. 64.
- ÉRDI–KRAUSZ G. & HARSÁNYI L. 1999: Adatok és gondolatok a nyugat-mecseki uránércvagyorról. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/4, 279–282.
- FÁBIÁN T., UNGER J. & PÁL MOLNÁR E. 1998: Az Andok vonzásában – Argentína 2. – *A földrajz tanítása* 6/1–2, 3–13.
- FÁBIÁN T., UNGER J. & PÁL MOLNÁR E. 1998: Az Andok vonzásában – Argentína 3. – *A földrajz tanítása* 6/3–4, 3–22.
- FÁBIÁN T., UNGER J. & PÁL MOLNÁR E. 1998: Az Andok vonzásában – Argentína 4. – *A földrajz tanítása*, 6/5, 3–13.
- FARKAS I. 1999: A Magyar Geológiai Szolgálat 1998. évi tevékenysége. – *Földtani Kutatás* 36/1, 34–37.
- FARKAS I. 1999: Az állami földtani hatóság feladatai és lehetőségei a felszínmozgások vizsgálatában. – *Földtani Kutatás* 36/3, 1–4.
- FARKAS, J., SZABÓ, Z. & POLGÁRI, M. 1999: Environmental effects of Toarcian manganese ores, Úrkút, Hungary. – *Proceedings of the 5<sup>th</sup> biennial SGA Meeting and the 10<sup>th</sup> Quadrennial IAGOD Meeting* (London) United Kingdom, 22–25 August 1999, Mineral Deposits: Processes to Processing, STANLEY et al. (eds.), Balkeema, Rotterdam, 227–230.
- FARKAS S-né 1999: A nyirádi vízfelengedés tapasztalatai, a Hévízi-tó, valamint a tapolcai Tavasbarlang és Malomtó. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/5, 364–369.
- FAZEKAS J. 1999: A magyar bauxitbányászat az ezredfordulón. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/5, 341–347.
- FEHÉR E. 1998: A Lencsehegyi Szénbánya Kft. jelene és jövője. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/5, 455–461.
- FEJÉR L. 1999: 50 éve lett önálló tudományos szervezet a Magyar Hidrológiai Társaság. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1999. p. 11.
- FEKETE I., LEGEZA M. & PODÁNYI T. 1999: Szintomlasztásos bauxitfejtés vastagpadós mészkő fedő alatt. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/5, 370–380.
- FODOR B. 1998: Tájékoztató a Szénbányászati Geológusok Fórumáról. – *Földtani Kutatás* 35/1, p. 38.
- FODOR B. 1998: A szénbányászat szerepe és lehetséges távlati Magyarország energiaellátásában a szénvagyon figyelembevételével. – *Földtani Kutatás* 35/3, 24–29.

- FODOR B. 1998: Az Egyesült Nemzetek szervezete szilárd energiahordozókra és ásványi nyersanyagokra vonatkozó Klasszifikációs Keret-Rendszerének előzményei. – *Földtani Kutatás* 35/4, 28–30.
- FODOR B. 1999: Az Egyesült Nemzetek szervezete ásványi nyersanyagokra vonatkozó Klasszifikációs Keret-Rendszere. – *Földtani Kutatás* 36/1, 14–18.
- FODOR, B. 1999: Private Enterprise and National System of Mineral Resources ENSZ EGB, Genf 1999. november 9–11. ENERGY/1999/8 (Submitted by the Government of Hungary) 29 p.
- FÓRISZ, I., NAGY, G., TÓTH, M. & PÁSZTOR, A. 1999: Mineralogical investigations of archaeological glass objects: Results and interpretations, MinWien, 10–14 May, 19–20. Sept 1, Wien. Stuttgart: Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft. *Beihefte zum European Journal of Mineralogy* 11, p. 74.
- FÓRISZ, I., BEREZCZ, T. & DEÁK, J. 1999: Origin and quality of bank filtered groundwater near Budapest: an evaluation of isotope data. In: *Isotope Techniques in Water Resources Development and Management. Proceedings of a Symposium, Vienna, 10–14 May, 19–20.*
- FÓRISZ I., TÓTH M., NAGY G. & PÁSZTOR A. 1999: Avar kori üvegyöngyök röntgendiffrakciós és elektron-mikroszkopos vizsgálata, alapadatok az üvegyöngyök genetikájához. IV. – *A Népvándorlások Kutatóinak 10. Konferenciája, Domaszék, 1999. szeptember 27–30.* p. 2.
- FÖLDI, T., EZER, R., ZAGYVAL, P., MOLNÁR, F. & DETRE, Cs. H. 1998: Creation of quasi-spherules from molecular matter using electric fields (inverse EGF effect). – *Annual Meeting of IGCP 384, 1998, Budapest Abstracts*, 34–35.
- FÖLDI, T., KUBOVICS, I., BÉRCZI, Sz., DETRE, Cs. & DON, Gy. 1998: Iron spherule in Kaposfüred iron meteorite from Hungary. – *Annual Meeting of IGCP 384, 1998, Budapest Abstracts*, 35–36.
- FÖLDVÁRI, M. 1998: The use of corrected thermal decomposition temperature in the geological interpretation. – *7th European Symposium on Thermal Analysis and Calorimetry. Balatonfüred 1998. Abstracts* p. 314.
- FÖLDVÁRI, M., KOVÁCS-PÁLFFY P., NAGY, N. M., KÓNYA, J. 1998: Use of the second derivative of thermogravimetric curves for investigation of the exchanged interlayer cation in montmorillonite. – *Journal of Thermal Analysis, Dordrecht-Budapest*, 53, 547–558.
- FÖLDVÁRI, M. 1999: The use of corrected thermal decomposition temperature in the geological interpretation. – *Journal of Thermal Analysis* 56, 909–916.
- FRISCH, W., BRÜGEL, A., DUNKL, I., KUHELMANN, J. & SATIR, M. 1999: Post-collisional large-scale extension and mountain uplift in the Eastern Alps, Padova. – *Mem. Sciences Geol.* 51/1, 3–23.
- FUTÓ J., BARTA Z., BAUER N. & BÉKÁSSY G. 1998: Badacsony, tanösvény. – Balatonfelvidéki Nemzeti Park Igazgatóság, Veszprém, 31 p.
- FUTÓ J. 1999: A Csatár-hegyi-barlang üledékei. I. – *A Bakonyi Természet-tudományi Múzeum Közleményei* 14, 7–19.
- FUTÓ J. 1999: A füredi kő (Balatonfüred és Balatonarács története). – *A Veszprém Megyei Levéltár Kiadványai* 14, 8–30.
- FÜGEDI, U. 1999: The incorrect calculation of rank correlation by some statistical programs. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 111–115.
- GALÁ CZ, A. 1998: Arabian influence in the Middle Jurassic ammonite fauna of Western Sicily. – *Atti del 79 Congresso Nazionale, Societa Geologica Italiana C*, 782–785.
- GALBÁCS G., GALBÁCS Z., MOLNÁR B., KASZALA R. & KISS L. 1999: Forgalmass közlekedési útvonalak melletti talajok és sós tavakból származó karbonátos üledékek fémanalízise. – *42. Magyar spektrokémiai vándorgyűlés 1999. június 28–30. Veszprém*, 81–82.
- GATTER, I., MOLNÁR, F., FÖLDESSY, J., ZELENKA, T., KISS, J. & SZEBÉNYI, G. 1999: High- and low-sulfidation epithermal



- mineralization of the Mátra Mountains, Northeastern Hungary. – In: MOLNÁR, F., LEXA, J. & HEDENQUIST, J. W. (eds.): Epithermal Mineralizations of the Western Carpathians. *Guidebook prepared for the Society of Economic Geologists Field Conference* 4–13 September 1999, 155–179.
- GÁLÓS M. & PINTYÓKE G. 1999: Független teherbíró kőszervek Székesfehérvár belvörösében. – *Földtani Kutatás* 36/2, 12–14.
- GÁL-SÓLYMOS, K., BÉRCZI, Sz., DON, Gy., DETRE, Cs., KISS, A., KUBOVICS, I., LUKÁCS, B., NAGY, M., PUSKÁS, Z., SOLT, P. & UZONYI, I. 1998: Overview of studies on Kaba, CV3 chondrite. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts, 36–38.
- GÉCZY, B. 1999: Extinctions and Astroblemes. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eotvos Nominata. Sectio Geophysica et Meteorologica* 12, 13–16.
- GÉCZY, B. & GALÁCS, A. 1998: Bathonian ammonites from the classic Middle Jurassic locality of Villány, South Hungary. – *Revue de Paléobiologie* 17/2, 479–511.
- GÉCZY, B. & GALÁCS, A. 1999: Bath ammonites Villányból. – *Földtani Közlemény* 129/2, 191–211.
- GELLAI M. 1998: Készítsünk földtani tanösvényt. In: GULYÁS P.-né (szerk.): A környezetvédelmi oktatás szakértői tevékenység elméleti és gyakorlati megvalósítása. – *Természet- és Környezetvédő Tanárok Egyesülete kiadványa*, 133–148.
- GELLÉRT, B., BUZOGÁNY, P. & WEISZBURG, T. 1998: Melonit (NiTe<sub>2</sub>) a recki Lahóca Cu–Sb–As–Au epitermás ércesedéséből. – *Földtani Közlemény* 128/4, 585–606.
- GERHARDT J. 1999: Visszatekintés Fejér megye bauxitbányászatára. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/5, 392–396.
- GHERDÁN, K., SZAKMÁNY, Gy., WEISZBURG, T. & ILON, G. 1999: Petrological investigation of basaltic Bronze and Iron Age Ceramics from Northwest Hungary. Abstract of 77. Jahrestagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft im Rahmen der MinWien vom 28. August bis 1. September 1999. Wien. Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, Beihefte zum *European Journal of Mineralogy* 11, p. 225.
- GHERDÁN, K., SZAKMÁNY, Gy., WEISZBURG, T. & ILON, G. 1999: Petrological and geochemical investigation of Bronze and Iron Age Ceramics from West Hungary: Vaskeresztes, Velem, Sé, Gőr. – *Abstract of 5<sup>th</sup> European Meeting on Ancient Ceramics* 18–20. October 1999. Veszprém p. 34.
- GLUSKOTER, H. J., LANDIS, E. R., ROHRBACHER, T. J., FODOR, B., GOMBÁR, G. & SEBESTYÉN, I. 1999: Quality of selected coals of Hungary. – *16<sup>th</sup> Annual International Coal Conference*, Pittsburg, 11–15 October 1999.
- GREEN, A. W., WORTHINGTON, E. W., PLYASOVA–BAKOUNINA, T. A., KÖRMENDI, A., HEGYMEGI, L., GOEDECKE, W. & VÖRÖS, Z. 1999: Field line resonance studies in North America and Central Europe. – *Geophysical Transactions* 42/3–4, 181–193.
- GULYÁS S. 1999: A Congeria rhomboidea M. HÖRNES filogenetikája és biosztratigráfiai, paleobiogeográfiai szerepe. – *2. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés*, 1999. május 7–8. Noszvaj p. 10.
- új. GULYÁS S. 1998: A Pannon-tó ősföldrajza a Congeria rhomboidea rétegek lerakódása idején. – *Az MFT jubileumi Vándorgyűlése, Nyíregyháza*, 1998. október 1–3. Abstract p. 11.
- GYURICZA, Gy., MÜLLER, T. & VALKAI, L. 1999: Development of the Sagus program system and its potential uses in applied geology. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 145–157.
- HAAS, J. 1999: Geological setting and an outline of the geohistory of Hungary. In: MAROS, Gy. (ed.): *The Geology of Today for Tomorrow. Excursion Guide Book*, Budapest, MÁFI, 5–18.
- HAAS, J. 1999: Triassic carbonate slopes in the Transdanubian Range (Hungary). – *Geologica Carpathica* 50 (Special issue), 29–30.

- HAAS, J. 1999: Genesis of Late Cretaceous toe-of-slope breccias in the Bakony Mts, Hungary. – *Sedimentary Geology* **128**, 51–66.
- HAAS, J. 1999: Late Cretaceous isolated platform evolution in the Bakony Mountains (Hungary). – *Geologica Carpathica* **50/3**, 241–256.
- HAAS J., MIOC, P., PAMIC, J., TOMLJENOVIC, B., ÁRKAI, P., BÉRCZI-MAKK, A., KOVÁCS, S., RÁLISCH-FELGENHAUER, E. & KOROKNAY, B. 1999: Continuation of the Periadriatic Lineament, Alpin and NW Dinaridic Units in the Pannonian Basin. – *Geologica Carpathica* **50** (Special Issue), Abstracts, 150–151.
- HAAS, J. & BUDAI, T. 1999: Triassic sequence stratigraphy of the Transdanubian Range, Hungary. – *Geologica Carpathica* **50/6**, 1–17.
- HAAS, J., HÁMOR, G. & KÖRPÁS, L. 1999: Geological setting and tectonic evolution of Hungary. – *Geologica Hungarica series Geologica*, **24**, 179–196.
- HABLY, L. & ERDEI, B. 1999: Szárnyas termések és ökológiai vonatkozásaik a Tardi Agyag Formáció flórájában. Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető. – *2. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés* p. 11.
- HABLY, L., KVACEK, Z. & MANCHESTER, S. R. 1999: Shared taxa in the Oligocene of Europe and North America. – 16th International Botanical Congress, St. Louis, Abstracts Addendum p. 13.
- HADNAGY, A., MIURA, Y. & THERY, J.M. 1998: Spherules from Mocs and Mezomadaras meteor shower. – *Annual Meeting of IGCP* **384**, 1998, Budapest Abstracts, 45–46.
- HAJDU Gy. 1999: A geotermikus energia használata hőszivattyúval. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* **32/10–11**, 211–214.
- HALUPKA G. 1999: A gánti középső–eocén üledékek paleoökológiai helyzetéről, foraminiferák tanulmányozása nyomán. – *Földtani Közlemények* **129/1**, 23–39.
- HARANGI, SZ., KÖRPÁS, L. & WEISZBURG, T. 1999: Miocene calc-alkaline volcanism of the Visegrád Mts., Northern Pannonian Basin. – *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft* **2**, Beihefte zum *European Journal of Mineralogy* **11**, 7–21.
- HARGITAI R. 1999: Az országos differenciális GPS-szolgálat. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* **132/4**, 272–278.
- HARTMAN L. 1999: Beszámoló a Magyar Hidrológiai Társaság Szegedi Területi Szervezete 1998. évi tanulmányútjáról. – *Hidrológiai Tájékoztató* **1999**, 56–58.
- HAVASI I. 1999: Globális helymeghatározó rendszerek és alkalmazhatóságuk a bányamérésben. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* **132/3**, 204–210.
- HAVELDA, T. & ORLOVITS, E. 1999: Az endogén bányatüzek eredményes felderítése hőkamra segítségével a Vértesi Erőmű Rt. Márkushegyi bányáüzemében. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* **132/2**, 116–121.
- HÁLA J. 1998: Utószó. In: CSÁKI K. (szerk.): Honti arcképcsarnok. Jeles szülöttek kisportréi. Dunaszerdahely, 155–156.
- HÁLA J. 1999: Boldog Kinga és Szent Miklós tisztelete a sóbányászok körében. In: KÜLLÖS I. (szerk.): Vallási néprajz. 10. kötet. Tanulmányok DANKÓ Imre tiszteletére. Budapest 139–152.
- HÁLA J. 1999: Kőbányászat és kőfaragás Dunabogdányban. In: PAPP Gábor (szerk.): A dunabogdányi Csódi-hegy ásványai. – *Topographia Mineralogica Hungariae* **6**, 15–38.
- HÁLA J. 1999: Konferencia Robert Towson "Travels in Hungary" című könyve megjelenésének kétszázadik évfordulója alkalmából. – *Néprajzi Hírek* **26/1–4**, 79–84.
- HÁLA J. 1999: Könyvismertetés. BÁRTH János: Szállások, falvak, városok. – *Etnographia*, 1998.
- HÁLA, J. 1999: LAMBRECHT, Kálmán: a researcher and protector of Hungarian mills. In: BALÁZS, Gy. (ed.): LAMBRECHT, Kálmán: The Hungarian windmill. The International Molinological Society, Budapest 49–57.
- HÁLA J. 1999: Százéves a Magyar Állami Földtani Intézet épülete. – *Hidrológiai Tájékoztató* **1999**, 9–10.

- HÁLA J., BALASSA I., DANKÓ I., FELFÖLDI L., FLÓRIÁN M., KISBÁN E. & TÁTRAI Zs. 1999: Robert Townson néprajzi megfigyelései Magyarországon. – In: RÓZSA P. (szerk.): Robert TOWNSON magyarországi utazásai. Az 1997. szeptember 26-án tartott „TOWNSON emlékülés” előadásai. 117–141. (angolul is)
- HÁLA J. & HADOBÁS S. 1999: Válogatás a Townson-irodalomból. – In: RÓZSA P. (szerk.): Robert TOWNSON magyarországi utazásai. Az 1997. szeptember 26-án tartott „Townson emlékülés” előadásai. 209–216. (angolul is)
- HÁLA J. & BALASSA I. 1998: Adalékok az agyagpala magyarországi hasznosításához. – In: SZENDE K. & KÜCSÁN J. (szerk.): „Isten áldja a tisztas ipart”. Tanulmányok DOMONKOS Ottó tiszteletére. Sopron 267–302.
- HÁLA J. & MÉSZÁROS B. 1999: A budafoki barlanglakások. – *Ház és Ember* 1998/12, 131–158.
- HÁLA J., NÉMETH T. & TERBÓCS A. 1999: ZAY Sámuel élete és munkássága. – *Földtani Közlöny* 128/4, 629–646.
- HÁMOR G. 1999: Közép-és Kelet-Európa ősföldrajzi képe a miocén idején (M=1:25 mill.) – Magyarország Atlasza, Cartographia Kft., Budapest, 1999. p. 24
- Hámor G. 1999: A Kárpát-medence neogén ősföldrajzi térképei (M=1:7,5 mill.) – Magyarország Atlasza, Cartographia Kft. Budapest, 1999. p. 24.
- Hámor, G. & Bérczi, I. 1999: Common issues of Neogene palaeogeographic models and petroleum systems. – *Working of 2. International Symposium on Petroeum Geology Zagreb* 1999. 125–133.
- HÁMOR T. 1999: Jogharmozáció, csatlakozás, földtani kutatás. – *Földtani Kutatás* 36/3, p. 44.
- HÁMOR-VIDÓ M., HUFNAGEL, H. & HETÉNYI M. 1998: Organic petrology and Rock-Eval pyrolysis of Triassic source rocks from the Transdanubian Region, Hungary. First description of organic constituents in sedimentary matter. – 50<sup>th</sup> ICCP (International Committee for Coal and Organic Petrology) Meeting, Porto, Portugal 2–26 September, Abstract volume 19–20.
- HÁMORNÉ VIDÓ M. & KNEIFEL F. 1999: Beszámoló az 1999. októberében a Német Földtani szolgálatnál (BGR) tett tanulmányútról. – *Földtani Kutatás* 36/4, 24–29.
- HÁMORNÉ VIDÓ M. & KUTI L. 1999: A magyarországi tőzegek földtani jellemzése és a készletváltozás okai, jellemzői. – PATE Georgikon Napok, 1999. szeptember 23–24. Keszthely, Különkiadvány
- HETÉNYI, M., BRUKNER-WEIN, A. & SAJGÓ, Cs. 1999: Organic facies in the Late Triassic black shales of the Kössen Formation, Hungary, 2. – Abstracts Part I. 19<sup>th</sup> International Meeting on Organic Geochemistry 6–10 Sept. 1999, Istanbul, Tübitak PA10, 185–186.
- HETÉNYI, M. 1998 Oxygen index as an indicator of early organic maturity. – *Organic Geochemistry* 29, 63–77.
- HIPS, K. 1998: Lower Triassic storm-dominated ramp sequence in northern Hungary – an example of evolution from homoclinal through distally steepened ramp to Middle Triassic flat-topped platform. In: WRIGHT, V. P. & BURCHETTE, T. P. (eds.): *Carbonate Ramps*. Geological Society, London Spec. Publ. 149, 315–338.
- HIPS, K. 1998: Facies types of Anisian „Gutenstein” Formation in northern Hungary. – 15<sup>th</sup> International Sedimentological Congress, Alicante, Spain, Abstracts
- HIR, J. 1998: A critécids (Rodentia, Mammalia) of the Early Pleistocene vertebrate fauna os Somssich-hegy 2. (Southern Hungary, Villány Mountains). – *Annales Historico-naturales Musei Nationalis Hungarici* 90, 57–89.
- HIR, J. 1998: Revised investigation of the Allophaiomys pliocenicus type-population from Betfia II. – *Folia Naturae Bihariae (NYMPHAEA)* 26, 163–178.
- HIR, J. 1998: The Allophaiomys type-material in the Hungarian collections. – *Paludicola (Scientific Contributions of the*

- Rochester Institute of Vertebrate Paleontology) 2/1, 28–36.
- HIR, J. & VENCZEL, M. 1998: The Allophaiomys populations of Betfia IX/B and IX/c, Bihar County Romania. – *Mededelingen Nederlands Instituut voor Teogepaste Geowetenschappen TNO*, 60, 305–312.
- HIR, J. & VENCZEL, M. 1998: The Allophaiomys material from Betfia IX (Romania, Bihar County). – *Paludicola (Scientific Contributions of the Rochester Institute of Vertebrate Paleontology)* 2/1, 37–49.
- HOFSTRA, A. H., KORPÁS, L., CSALAGOVITS, I., JOHNSON, C. A. & CHRISTIANSEN, W. D. 1999: Stable isotopic study of the Rudabánya iron mine. A carbonate-hosted siderite, barite, base-metal sulfide replacement deposit. – *Geologica Hungarica series Geologica* 24, 295–302.
- HORVÁTH E. 1998: A mecseki külfejtéses szénbányászat fejlesztése. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/6, 565–571.
- HORVÁTH, I., FÜGEDI, U., GRILL, J., ÓDOR, L. & TUNGLI, Gy. 1999: A detailed soil-geochemical survey for gold concentrations in the area between Füzérkajata and Vilyvitány, The Tokaj Range, NE Hungary. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 93–102.
- HORVÁTH, P. & ÁRKAI, P. 1999: Well-preserved prograde P–T path from the Variscan basement of Tisza Unit, Pannonian Basin, Hungary. – *European Union of Geosciences EUG 10; 1999 Mar 28 – Apr 1; Strasbourg, Cambridge, Terra Abstracts* 11, p. 706.
- HORVÁTH, P. 1999: Petrography and metamorphic evolution of the Bódva Valley ophiolite complex, NE Hungary. – *CBGA Commission on Metamorphism, 2. Field Meeting; 1999. May 31–Jun 5; Herlany, Kosice: Technical University of Kosice*, p. 201.
- HORVÁTH, P. & ÁRKAI, P. 1999: Well-preserved prograde P–T path from the Variscan basement of the Tisza Unit, Pannonian Basin, Hungary. – *EUG 10. Congress, 1999. Mar 28–Apr 1, Strasbourg, Cambridge, Cambridge Publications* p. 706.
- HORVÁTH Z. A. & TÓTH M. 1999: A templom és a szobrok kőanyagának pusztulása. Jelenségek, okok és a helyreállítás elvi vázolata – In: SZENTESI E. (ed.): *A jáki apostelfiguren von Ják. Budapest, Balassi Kiadó, 272–288.*
- HORVÁTH Z., LORBERER A. F., RÓZSA E. 1998: Miocén tengerparti fáciesek Hetvehely környékén (Nyugat-Mecsek). – *Földtani Közlöny* 128/4, 573–584.
- HOXHA, J., CARA, F., SOLI, P. & DON, Gy. 1998: Spherule Research Possibility in Permian–Triassic, Triassic–Jurassic and Cretaceous–Tertiary Boundary in Albanides. – *Annual Meeting of IGCP 384, 1998, Budapest Abstracts*, 46–48.
- HRABOVSKZI, E. & VARSÁNYI, I. 1998: Main and trace elements in groundwater from the Quaternary sediments in southern Great Plain, Hungary. – *Acta Universitatis Szegediensis – Acta Mineralogica-Petrographica* 39, 151–167.
- HRADECKA, L., LOBITZER, H., OTTNER, F., SACHSENHOFER, R., SCHLAGINTWEIT, F., SIEGL–FARKAS, Á., SVABENICKA, L. & ZORN, I. 1999: Biostratigraphy and Palaeo-environment of the marly marine transgression of Weissenbachalm, Lower Gosau Subgroup (Upper Turonian–Lower Santonian, Grabenbach Formation, North Calcareous Alps, Styria). – *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 56/2,
- HUM L. 1998: A délkelet-dunántúli lösz-paleotalaj sorozatok keletkezésének rekonstrukciója üledéktani, geokémiai és öslénytani vizsgálatok alapján. – Ph.D. értekezés tézisei, Szeged JATEPress 12. p.
- HUM, L. 1998: Geochemical investigations of the Dunaszekcső loess-paleosoil sequence, SE Transdanubia, Hungary. – *Acta Universitatis Szegediensis – Acta Mineralogica–Petrographica* 39, 139–150.
- HUM L. 1999: Délkelet-dunántúli lösz-paleotalaj sorozatok keletkezésének

- rekonstrukciója kvartermalacológiai vizsgálatok alapján. – 2. *Magyar Őslénytani Vándorgyűlés*, 1999. május 7–8. Noszvaj, p. 11.
- HUM L. 1999: Moháctól délre fekvő fiatal löszszelvények paleoökológiai vizsgálatai. – *Malacológiai Tájékoztató* 17, 37–52.
- HUM, L. 1999: Reconstruction of the development of loess–paleosol series in south–east Transdanubia (Hungary) on the basis sedimentological, geochemical and malacolological investigations. – *Loessfest '99. Loess: Characterization, Stratigraphy, Climate and Societal Significance*, Bonn – Heidelberg 113–118.
- JASKÓ T. 1999: Posewitz Guido gát Venezuelában. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1999, 54–55.
- JÁMBOR Á. 1999: A lösz összletek "borjadzásának" geológiai okai. – *Földtani Kutatás* 36/3, 20–21.
- JOCHA–EDELÉNYI, E. 1999: Geological conditions around the cone of depression arising from pumping of mine waters in the Nyírád region, Western Hungary. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 117–122.
- JOCHA–EDELÉNYI, E. 1999: The connection between karstwater level and geological factors of the Transdanubian Central Mountains in Hungary. – *Geology of Today for Tomorrow*, Budapest, Abstract, p. 78.
- JOCHÁNÉ EDELÉNYI E. 1999: A geológiai felépítés és a karsztvízszint kapcsolata a Dunántúli–középhegységben. – *MGE–MFT Vándorgyűlés*. Bányászati Körkép'99 – Zalakaros. Abstract, 23–24
- JOCHÁNÉ EDELÉNYI E. 1999: Hidrogeológia. A Keszthelyi–hegység és a Tapolcai medence. – In: BUDAI T. & CSILLAG G. (szerk.): A Balaton–felvidék földtana. Magyarázó a Balaton–felvidék földtani térképéhez, 1:50 000. MÁFI *Alkalmi Kiadvány* 197, 157–162.
- JORDÁN, G. & SZÜCS A. 1999. Environmental Mapping of Geochemical Systems. – Environmental geochemical baseline mapping in Europe, Vilnius, Abstracts, p. 17.
- JÓZSA, S., SZAKMÁNY, Gy. & ÁRVA–SÓS, E. 1998: K/Ar data of special pebbles from Lower Miocene conglomerate in Mecsek Mts., South Hungary. – *Abstract of Carpathian–Balkan Geological Association 16. Congress*, August 30<sup>th</sup> to September 2<sup>nd</sup>, 1998. Vienna, p. 257.
- JÓZSA, S., V. SZABÓ, G. & SZAKMÁNY, Gy. 1999: A Hódmezővásárhely–Kopáncs 2. sírból előkerült „fajansz” gyöngyök spektrográfiai vizsgálatáról. – *Ősrégészeti Levelek* 1, 22–23.
- JUDIK, K., T. BIRÓ, K. & SZAKMÁNY, Gy. 1999: Further studies on the Lengyel Culture Polished stone axes from Aszód, Papi földek (N Hungary). – *Abstract of Archeological Conference on the Research of the Lengyel Culture*, 11–13 October 1999. Veszprém, 25–26.
- JUHÁSZ A. 1999: A borsodi medence barnaköszén telepei kutatásának földtani alapjai. – *Földtani Kutatás* 36/1, 7–10.
- JUHÁSZ Á. 1999: A klimatikus hatások szerepe a magaspartonk fejlődésében. – *Földtani Kutatás* 36/3, 14–19.
- JUHÁSZ, E., PHILLIPS, L., MÜLLER, P., RICKETTS, B., TÓTH–MAKK, Á., LANTOS, M. & Ó. KOVÁCS, L. 1999: Late Neogene sedimentary facies and sequences in the Pannonian basin, Hungary. – In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F. & SÉRANNE, M. (eds.): *The Mediterranean basins: Tertiary extension within the Alpine orogen*. *Geol. Soc., London, Spec. Publ.* 156, 335–356.
- KALMÁR, J., SZENDREI–KÖREN, E. 1999: Sedimentology of loose sediments in the Gödöllő Arborétum: differential pore space measurements. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 123–130.
- KARÁTSÓN, D., HARANGI, Sz., SZAKMÁNY, Gy., PÉCSKAY, Z., MÁRTON, E., BALOGH, Kad., JÓZSA, S. & KOVÁCSVÖLGYI, S. 1999: 1:50 000 scale volcanological map of the Börzsöny Mts. North Hungary. – *Abstract of EÜG 10<sup>th</sup> Conference*, March 28 – April 1, 1999. Strasbourg, France p. 320.

- KASSAI M. 1999: Visszatekintés a Területi Földtani Szolgálatok 30. évére. – *Földtani Kutatás* 36/4, 1–5.
- KASZTOVSZKY, Zs. & SZAKMÁNY, Gy. 1999: Prompt gamma activation analysis of Neolithic greenschist polished stone tools. – *Abstract of Archeological Conference on the Research of the Lengyel Culture*, 11–13. October 1999. Veszprém, 30–31.
- KATONA, G. & FODOR, B. 1998: Introduction of the Mining Royalty System in Hungary. – *Nonrenewable Resources* 7/1, 3–5.
- KAZÁR, E. & KORDOS, L. 1999: Neogene Cetacean Fauna of the Carpathian Basin: A Review. – *Proc. 12<sup>th</sup> Ann. Congr. of the European Cetacean Society*, Monaco, 313–317.
- KÁKAY SZABÓ O. 1999: Kiállítás a Magyar Természettudományi Múzeumban. Világító ásványok. – *Geomatika* 1999/6, p. 30.
- KÁKAY SZABÓ O. 1999: Miért világíthatnak (fluoreszkálhatnak) az ásványok? – *Földtani Kutatás* 36/4, p. 30.
- KÁKAY SZABÓ, O. 1999: Morphogenetic and chemical differences between extra-terrestrial and terrestrial glassy drops. – *Eur. J. Mineral. Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft. Beihefte zum European Journal of Mineralogy* 11, p. 116.
- KÁRPÁTI L. 1998: A Putnok Bánya Kft. jelenlegi helyzete és működtetési lehetőségei. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/5, 468–476.
- KÁRPÁTI, Z., SAJGÓ, Cs., VETŐ, I., KLOPP, G. & HORVÁTH, I. 1999: Organic matter in thermal waters of the Pannonian Basin. A preliminary report on aromatic compounds. – *Organic Geochemistry* 30, 701–712
- KÁZMÉR, M. 1998: Pygopid brachiopods and Late Jurassic palaeorelief in the Gerecse Mts., Hungary. – *Földtani Közlöny* 128/2, 265–272.
- KÁZMÉR, M., SZAKMÁNY, Gy., ALTMANN, J. & TÖRÖK, K. 1998: From palaeolithic tools to Medieval statues – precise identification of origin by microfacies analysis of limestone. – *Abstract of 31<sup>st</sup> International Symposium on Archeometry*, 27 April 1 May 1998. Budapest, p. 88.
- KEDVES, M., BAKOS, J. G. & DJOTYAN, G. P. 1998: Development of Nano- and Femtosecond Laser Ablation and Ionization Mass Spectrometric Methods for the Elemental Analysis of Spherules. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts p. 50.
- KEDVES, M., SZÓNOKY, M. & GULYÁS, S. 1999: Combined investigations on hungarian neogene lignites – *Plant Cell Biology and Development* 11, 79–98.
- KERTÉSZ P. 1999: Az európai szabványok a díszítőkö-íparban. – *Földtani Kutatás* 36/2, 9–11.
- KERTÉSZ R. & SÜMEGI P. 1999: Teóriák, kritika és egy modell: Miért állt meg a Körös-Starcevo kultúra terjedése a Kárpát-medence centrumában? – *Tisicum* 10, 9–22.
- KERTÉSZ R. & SÜMEGI P. 1999: Az Északi-középhegység negyedidőszak végi östörténete. – *Nógrád Megyei Múzeumok Évkönyve* 23, 66–93.
- KÉRI J. 1999: Néhány gondolat a Területi Földtani szolgálatok 30. éves évfordulójához. – *Földtani Kutatás* 36/4, 7–8.
- KIRÁLY, P. & WOLFENDALE, W. 1998: Present and Past Variability of Particle Fluxes in the Heliosphere Solar, Heliospheric, and Galactic Events and their Terrestrial Effects. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts, 56–57.
- KIS, I. K., AGOCS, W. B. & MEYERHOFF, A. A. 1999: Magnetic sources from vertical magnetic anomalies. – *Geophysical Transactions* 42/3–4, 133–157.
- KISS, A. Z., KOLTAY, E., BORBÉLY-KISS, I. & UZONYI, I. 1998: The study of spherules and aerosols. What is common in two research fields? – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts, 57–58.
- KISS Cs., FODOR B. & KONTSEK T. 1999: A magyar ipari szénvagyon ésszerű hasznosításához szükséges felülvizsgálat és újraértékelés indokainak, valamint gazdaságossági alapkérdéseinek tény-

- leges elemzése. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/6, 426–442.
- KISS Cs., FODOR B. & KONTEK T. 1999: A magyar ipari szénvagyon felülvizsgálata és újraértékelése. – *Magyar Energetika* 1999/június, 22–32.
- KISS J. 1999: Partfalveszély elhárítás az önkormányzat szemszögéből. – *Földtani Kutatás* 36/3, 40–41.
- KLEB B. 1999: Vulkáni tufafalak mérnökgeológiai vizsgálata. – *Földtani Kutatás* 36/3, 24–26.
- KLESPLITZ J. Bányaföldtani tapasztalatok a sóskúti mészkőbányában. – *Építőanyag* 51/3, 87–92.
- KNEIFEL F. 1998: A Magyar Geológiai Szolgálat Középdunántúli Területi Hivatal szakhatósági tevékenységének bemutatása. – *Földtani Kutatás* 35/3, 30–31.
- KNEIFEL F. 1998: A meddőhányókon történő hulladéklerakás lehetőségei és gyakorlata. – *Földtani Kutatás* 35/4, 18–21.
- KNEIFEL F. 1999: Gondolatok az I. Díszítőkő Konferenciához. – *Földtani Kutatás* 36/2, 1–2.
- KNEIFEL F. 1999: A díszítőkő fogalma, hazai problémák, lehetőségek. – *Földtani Kutatás* 36/2, 3–4.
- KNEIFEL F. 1999: A balatoni magaspartok és a közművek. – *Földtani Kutatás* 36/3, 36–37.
- KNEIFEL F. 1999: Díszítőkövek hazai kőzetből. – *Kő (A Magyar Köszövétség hivatalos lapja)* 1999/1, p. 6.
- KOLOSZÁR L. & MARSI I.: Az Üveghuta melletti dombvidék (Mórággyi-rög K-i része) negyedidőszaki képződményei. – *Földtani Közöny* 129/4, 521–540.
- KONTEK T. 1999: Az ásványvagyongazdálkodás és kapcsolata a fejtési technológiákkal. – *Földtani Kutatás* 36/1, 18–21.
- KORCSMÁR I. 1999: A kivitelező szemével: Bölske, Lomb utca. – *Földtani Kutatás* 36/3, p. 40.
- KORDOS, L. 1999: Systematic and Functional Morphology of Sirenavus (Sirenia) from the Eocene of the Carpathian Basin. – *Secondary Adaptation to Life in Water, Copenhagen*, p. 27. (abstract)
- KORDOS, L. & BEGUN, D. R. 1999: Femora of Anapithecus from Rudabánya. – *Am. J. Phys. Anthropol. Suppl.* 28, p. 173. (abstract)
- KORDOS, L. 1999: Vertebrate Communities and Late Quaternary Biochronology. – *Internat. Congr. „The Krapina Neandertals and Human Evolution in Central Europe”, Zagreb* p. 27. (abstract)
- KOROKNAI, B. & HORVÁTH, P. 1999: New petrological data on the metamorphic evolution of the Veporic crystalline basement, Northern Hungary. – *CBGA Commission on Metamorphism, 2. Field Meeting; 1999. May 31–Jun 5; Herlany. Kosice: Technical University of Kosice, 1999*, p. 207.
- KOROKNAI, B., HORVÁTH, P., BALOGH, K., DUNKL, I. 1999: Alpine metamorphic evolution and cooling history of the Veporic crystalline basement in Northern Hungary: new petrological and geochronological constraints. – *4<sup>th</sup> Workshop On Alpine Geological Studies 1999. Sep 21–24, Tübingen. Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, 1999*, p. 23.
- KORPÁS L. (ed.), CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY E., HÁMOR G., ÓDOR L., HORVÁTH I., FÜGEDI U. & HARANGI Sz. 1998: Magyarázó a Börzsöny és a Visegrádi-hegység földtani térképéhez. – *A Magyar Állami Földtani Intézet térképmagyarázói* 11–179.
- KORPÁS L. 1999: Középső triász. 235 millió éves paleodolina a Balaton-felvidéken (Litér, Hajmáskér). – *Karsztfelődés* 3., Szombathely 93–118.
- KORPÁS L. & CSILLAGNÉ TEPLÁNSZKY E. 1999: A Börzsöny–Visegrádi-hegység és környezetének fedetlen földtani térképe. M=1:50 000. A Magyar Állami Földtani Intézet Kiadványa
- KORPÁS L. 1999: A Dunabogdányi Csódi-hegy földtana. – In: PAPP G. (szerk.): *Topographia Mineralogica Hungariae* 6, 39–58.
- KORPÁS, L. 1999: The Visegrád Mountains. – In: KARÁTSÓN D. (ed.): *The Pannon Encyclopaedia. The land that is*

- Hungary. CD-ROM, Publisher Kertek 2000
- KORPÁS, L. & HOFSTRA, A. H. 1999: Potential for Carlin-type gold deposit in Hungary. – *Geologica Hungarica series Geologica* **24**, 133–135.
- KORPÁS, L., HOFSTRA, A. H., ÓDOR, L., HORVÁTH, I., HAAS, J. & LEVENTHAL, J. 1999: The Carlin gold projekt in Hungary (1995–98). – *Geologica Hungarica series Geologica* **24**, 151–166.
- KORPÁS, L., HOFSTRA, A. H., ÓDOR, L., HORVÁTH, I., HAAS, J. & ZELENKA, T. 1999: Evaluation of the prospected areas and formations. – *Geologica Hungarica series Geologica* **24**, 197–289.
- KORPÁS, L., LANTOS, M. & NAGYMAROSY, A. 1999: Timing and genesis of early marine caymanites in the hydrothermal palaeo-karst system of Buda Hills, Hungary. – *Sedimentary Geology* **123**, 9–29.
- KORPÁS, L., ÓDOR, L., HORVÁTH, I. & HOFSTRA, A. H. 1999: Evaluation of Carlin-type gold mineralization in Hungary. – *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft. Beihefte zum European Journal of Mineralogy* **11**, p. 134.
- KORPÁS, L. & VETŐ, I. 1999: Olajképződés, migráció és csapdázódás a nagylengyeli paleokarst rendszerben. – *Magyar Geofizikusok Egyesülete és a Magyarhoni Földtani Társulat 1999. évi vándorgyűlése, Zalakaros, Abstracts* p. 24.
- KOVÁCS F. 1999: A barnaszénrőmüvekben keletkező maradékanyagok jellemzői és hasznosításuk. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* **132/3**, 190–198.
- KOVÁCS E, MECSEI J. & MOLNÁR J. 1999: Az erőműi salak és pernye bekeverésének hatása a Visontai bányá hányóanyagának mechanikai jellemzőire. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* **132/2**, 109–115.
- KOVÁCS, G. & PÁL MOLNÁR, E. 1998: Petrographical characteristics of Ditró (Orotva) granites, Eastern Carpatians, Transylvania (Romania): a preliminary description. – *Acta Universitatis Szegediensis – Acta Mineralogica–Petrographica* **39**, 35–48.
- KOVÁCS, P. & KÖRMENDI, A. 1999: Geomagnetic repeat station survey in Hungary during 1994–1995 and secular variation of the field between 1950 and 1995. – *Geophysical Transactions* **42/3–4**, 107–132.
- KOVÁCS, P. G. 1998: A Hálózat használata a földtudományok területén. – *Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési Program, Információs Füzetek* **1/12.9**. 65 p.
- KOVÁCS, P. G. 1999: Methods and results of the regional geochemical survey in the Guantanamo polygon, north-eastern Cuba. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 65–68.
- KOVÁCS–PÁLFFY P. 1999: Mit tudunk az agyagásványokról? – *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság. Bányász–Kohász–Földtan Konferencia Szózatfűrdő, Program*, 11 p.
- KOVÁCS, S., SZEDERKÉNYI, T., ÁRKAI, P., BUDA, Gy., LELKES–FELVÁRI, Gy. & NAGYMAROSI, A. 1999: Explanation to the terrane map of Hungary. – *Annales Géologiques des Pays Helléniques* **1996–97**, **37**, 271–330.
- KOVÁCSVOLGYI, S. 1999: Országos geofizikai adathálózatok statisztikai elemzése. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Közlaj és Földgáz* **32/1–2**, 21–24.
- KOWALEWSKI, M., DULAI, A. & FÜRSICH, F. 1999: A fossil record full of holes: The Phanerozoic history of drilling prediction: Replay. – *Geology* **27/10**, 959–960.
- KOZÁK M., PÜSPÖKI Z., CSATHÓ B., KOVÁCS–PÁLFFY P, PETŐ A. & CSÁMER Á. 1998: Miocén medenceüledékek települése az Upponyi paleozóos felszínre Lázberc környékén. (Status of the miocene basin sediments on the palaeozoic surface of the Uppony mountains, around Lázberc). – *Acta Geographica ad Geologica et Meteorologica Debrecina* **34**, 253–280,
- KÖBOR, B. & PÁL MOLNÁR, E. 1998: Chalcostibite: a new mineral from Felsőbánya (Baia Sprie, Romania). – *Acta Universitatis Szegediensis – Acta Mineralogica–Petrographica* **39**, 13–20.



- KÓBOR, B., PÁL MOLNÁR, E., TÖRÖCSIK, I. & SZENTPÉTERI, M. 1999: Ásványtani barangolások egy rézkanálón. – *A földrajz tanítása* 7/3, 13–18.
- KÓROSI, Z. & BAGOTAI, I. 1999: Korszerű irányítási és felügyeleti rendszer megvalósítása a MOL Rt. termékvezeték-hálózatán. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/1–2, 1–4.
- KRAFT J. 1999: Néhány 1999. évi déldunántúli felszínmozgás rövid bemutatása a problémakör felismeréséhez és szakszerű kezeléséhez. – *Földtani Kutatás* 36/3, 27–33.
- KUBOVICS, I., BÉRCZI, SZ., LUKÁCS, B. & SOLT, P. 1999: Plan for observing densities along the orbit of a meteor shower. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eotvos Nominata. Sectio Geophysica et Meteorologica* 12, 17–20.
- KUBOVICS, I., GÁL-SÓLYMOS, K., BÉRCZI, SZ., HOLBA, Á., LUKÁCS, B., DITRŐI-PUSKÁS, Z., SZAKMÁNY, GY. & TÖRÖK, K. 1999: Experimental investigations on ALHA 77005, 105–3 Shergottite sample from Antarctica, NIPR Collection, Japan. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eotvos Nominata. Sectio Geophysica et Meteorologica* 12, 21–28.
- KUBOVICS, I., GÁL-SÓLYMOS, K., BÉRCZI, SZ., DITRŐI-PUSKÁS, Z. & NAGY, B. 1998: KABA CV3 Chondrite: Oriented overall texture and refractory spherule in a new, large surface thin section. – 29<sup>th</sup> Lunar and Planetary Science Conference p. 1120.
- KUHLEMANN, J., SPIEGEL, C., DUNKL, I. & FRISCH, W. 1999: A contribution to the middle Oligocene paleogeography of central Europe: New evidence from fission track ages of the southern Rhine–Graben. – *N. Jb. Geol. Paläont.* 214/3, 415–432.
- KURAT, G., DOBOSI, G. & BRANDSTÄTTER, F. 1999: Diamondite: a fluid-born upper mantle rock. – *European Journal of Mineralogy* 11, p. 140.
- KURUCZ I. 1999: Szénhidrogénnel együtt termelt rétegvizek elhelyezésének környezetvédelmi szempontjai. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/3, 38–41.
- KUTI, L., TÓTH, T. PÁSZTOR, L. & FÜGEDI, U. 1999: Analysis of Regional Soil Salinization by GIS. – *Proceedings of the International Symposium on sustainable management of salt affected soils ecosystem.* Cairo, Egypt 106–122.
- KUTI L., TÓTH T. PÁSZTOR L. & FÜGEDI U. 1999: Az agrogeológiai térképek adatainak és a szikesedés elterjedésének kapcsolata az Alföldön. – *Agrokémia és Talajtan* 48/3–4, 501–517.
- KUTI, L. & TULLNER, T. 1999: Distribution of nutrient elements in soils of the Szarvas pilot area. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary* 1992–1993/2, 103–109.
- KVACEK, Z. & HABLY, L. 1998: New plant elements in the Tard Clay Formation from Eger–Kiseged. – *Acta Palaeobotanica* 38/1, 5–23.
- LAFFERTON Gy. 1998: Vagyonghasznosítási tevékenység a Mecseki Bányavagyonghasznosító Részvénytársaságnál. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/6, 576–581.
- LELKES-FELVÁRI, GY., LOBITZER, H. & MOSHAMMER, B. 1999: Beiträge zur Petrologie, Geochemie und Weißmetrik des Sölker und Gumpeneck Marmors (Niedere Tauern, Steiermark). – *Abhandlungen Geologische Bundesanstalt* 56/1. Geologie ohne Grenzen, Festschrift 150 Jahre Geologische Bundesanstalt, 213–228.
- LENDVAINÉ KOLESZÁR, ZS., HIDEG, J. 1998: A megszünt uránércbányászat rekultivációs feladatai. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/6, 582–587.
- LENNERT, J., SZÖNOKY, M., SZUROMI-KORECZ, A., GULYÁS, S., SHATILOVA, I. I., SÜTŐ-SZENTAI, M., GEARY, D. H. & MAGYAR, I. 1999: The lake Pannon fossils of the Bátaszék brickyard. – *Acta Geologica Hungarica* 42/1, 67–88.
- LESS, GY. 1999: The Upper Priabonian (SB 20) and Upper Chattian (SB 23) Larger Foraminiferal assemblages of the Bükk

- Mountains (NE Hungary). – *Revista Española de Micropaleontología* 31/3, 51–60.
- LESS, GY., KOVÁCS, S., FODOR, L., PÉRO, CS. & HIPS, K. 1998: Geological cross sections through the Aggtelek–Rudabánya Mts., NE Hungary. – *CBGA 16<sup>th</sup> Congress* Wien, Austria, Abstracts
- LICSKÓ, I., LOIS, L. & SZEBÉNYI, G. 1999: Tailing as a source of Environmental pollution. – *Water Science & Technology* 39/10–11, 333–336.
- LI, G., PEACOR, D. R., BUSECK, P. & ÁRKAI, P. 1999: Modification of: illite–muscovite crystallite–size distributions by sample preparation for powder XRD analysis. – *The Canadian Mineralogist* 36, 1435–1451.
- LORBERER Á. 1998: Óbuda a vizek városa (is). „Óbuda–Békásmegyer egyedi tájértékei (természeti, régészeti, építészeti, történeti értékek)”. – Konferencia, Budapest 1998. október 1. Előadások anyaga 7–12.
- LORBERER, Á. 1998: The caves its environmental problems in Óbuda–Békásmegyer (Budapest–NW). *Subcity '98 „Caves under cities and urban areas”* – International Conference 5–9. October, Budapest, Abstracts p. 16.
- LOVAS K. 1998: Feketevölgy Bánya Kft. jelene és jövője. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/5, 462–467.
- LUKÁCS, B. & BÉRCZI, SZ. 1998: On the H<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>O competition/cooperation in carbonaceous chondrites. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts, 58–60.
- LUKÁCS, B., BÉRCZI, SZ., JÓZSA, S., SZAKMÁNY, Gy. & PAPP, É. 1999: Thermal transformations in the meteorites parent bodies II. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eotvos Nominata. Sectio Geophysica et Meteorologica* 12, 29–32.
- MADAI I. & SZOKOLAI Gy. 1999: Az Észak-magyarországi lignitkutatások múltja, jelene és jövője. – *Földtani Kutatás* 36/1, 1–6.
- MAGYAR, I., GEARY, D. H. & MÜLLER, P. 1999: Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 147/3–4, 151–167.
- MAGYAR, I., GEARY, D. H., SÜTŐ-SZENTAI, M., LANTOS, M. & MÜLLER, P. 1999: Integrated biostratigraphic, magnetostratigraphic and chronostratigraphic correlations of the Late Miocene Lake Pannon deposits. – *Acta Geologica Hungarica* 42/1, 5–31.
- MAGYARI Á. 1998: Törökugrató: késő-eocén szinszediment pozitív virágszerkezet a Budai-hegység DNY-i peremén. – *Földtani Közlöny* 128/4, 555–572.
- MAGYARI, É., JAKAB, G., RUDNER, E. & SÜMEGI, P. 1999: Palynological and plant microfossil data on late pleistocen short term climatic oscillations in north-east Hungary. – *Acta Palaeobotanica, supplement*
- MAGYARI, E., SÜMEGI, P., JAKAB, G. & BRAUN, M. 1999: Relationship between terrestrial vegetation development mire succession and peat geochemistry with special regard to the possible early human impact the vegetation. – 15<sup>th</sup> INQUA Congress, South Africa Durban
- MALIK, P.-F., SCHUBERT, G., JOCHA-EDELÉNYI, E. & ZSÁMBOK, I., et al. 1999: DANREG Hydrogeological Map. M=1:200 000 Budapest
- MARINI, F., DOSZTÁLY, L., DON, G. & DETRE, Cs. 1998: Glassy spatters in mid-Triassic limestones from Aszfó (Hungary): tektites from Anisian impact, or Pele's pranks when opening Tethys. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts, 63–65.
- MAROS, Gy. & PALOTÁS, K. 1999: Tectonic evaluation of Mórág Granite with ImaGeo Mobile Corescan System. – *Fluids and Fractures in the Lithosphere*, 1999. March 26–27, Nancy, France, p. 92.
- MAROS, Gy., PALOTÁS, K. & RÁLISCH-FELGENHAUER, E. 1999: Tectonic evaluation of the Mórág Granite with the ImaGeo Mobile Corescan System. – In: SCHAREK, P. (ed.): *Programme and abstracts. „The Geology of Today for Tomorrow”*. 21–22 June, 1999, Budapest, Hungary, A satellite conference of the

- World Conference on Science. Hungarian Geological Society, Budapest, p. 31.
- MÁTURA, A. (ed.-in-chief), WESSELY, G., KRÖLL, A., CSÁSZÁR G. & VOZÁR, J. 1999: Map of the Pre-Tertiary basement (including Palaeogene in the Austroalpine-Carpatian belt). 1:200 000. Danube Region Environmental Geology Programme, Budapest
- MÁDAI F. 1999: Az építőanyag-bányászat szabályozásának keretei Nyugat-Európában és Magyarországon. – *Földtani Kutatás* 36/2, 28–31.
- MÁDL-SZÓNYI, J. & FÜLE, L. 1998: Groundwater vulnerability assesment of the SW Transdanubian Central Range, Hungary. – *Environmental Geology* 35/1, 9–18.
- MÁRTON, P. 1999: Making acquaintance with meteorite magnetism. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eotvos Nominata. Sectio Geophysica et Meteorologica* 12, 33–50.
- MÁRTON, E. & MÁRTON, P. 1999: Tectonic aspects of a paleomagnetic study on the Neogene of the Mecsek Mountains. – *Geophysical Transactions* 42/3–4, 159–180.
- MÁRTON, E. & PÉCSKAY, Z. 1998: Complex evaluation of paleomagnetic and K/Ar isotope data of the Miocene ignimbritic volcanics in the Bükk Foreland, Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* 41/4, 467–476.
- MÁRTON, P. 1999: Making acquaintance with meteorite magnetism. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominata. Sectio Geophysica et Meteorologica* 12, 33–49.
- MÁTRAI A. 1999: Vágatképződések biztosításának méretezése. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/4, 268–271.
- MEGYERY M., GYENESE I. & EL-KHATIB K. 1999: Vízsintes kutak hidrodinamikai vizsgálatainak tapasztalatai. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/12, 237–240.
- MENYHÉRT B. 1999: A nyugat-dunántúli régió hőbányászatának helyzete a geotermikus adottságok tükrében. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 109–112.
- MEZŐ, A., SZÓNOKY, M., GEARY, D. H. & MAGYAR, I. 1999: Mass occurrence of *Congeria balatonica* in the C. rhomboidea Zone of southern Hungary: mollusk fauna of the Hird sand pit (Mecsek Hills). – *Acta Geologica Hungarica* 42/1, 57–65.
- MÉSZÁROS, E., PANTÓ, GY., MESKÓ, A., HAAS, J., SCHWEITZER, F., VARGA, P. & HERCZEG, Gy. 1998: Földtudományi kutatások a hazai környezet megismerése és megóvása érdekében. – *Ezredforduló* 1998/5, 31–34.
- MÉSZÁROS, GY., SVÁB, E., BEREGLI, J. & TÓTH, M. 1999: Rietveld refinement for yttrium-aluminum borates from neutron- and X-ray diffraction. – *2<sup>nd</sup> European Conference on Neutron Scattering* 1–4 September 1999 Pesti Vigadó-Budapest, Hungary, Abstracts p. 84.
- MÉSZÁROS L. 1999: Néhány tafonómiai megfigyelés magyarországi felső-miocén Soricidae (Mammalia) maradványokon. – *Földtani Közlöny* 129/2, 159–178.
- MINDSZENTY A. & DEÁK F. J. 1999: Karbonátos paleotalajok a gerecsei felső-triászban. – *Földtani Közlöny* 129/2, 213–248.
- MIZERA, F. & HORVÁTH, G. 1998: On the ultraviolet paradox of polarization vision in Hymenoptera and Diptera: could the Permian/Triassic transition resolve the UV-POL paradox. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts, 81–83.
- MOHAI, I., SZÉPVÖLGYI, J. & TÓTH, M. 1999: Kohászati hulladékok feldolgozása termikus plazmában. – *A környezetvédelem helyzete és feladatai a bányászatban és a kohászatban Konferencia és kiállítás* 1999. október 4–6. Balatonfüred. Abstract, 155–161.
- MOLNÁR B. 1998: A Nagyalföld 150 éves földtani kutatástörténete. – *Az MFT Jubileumi Vándorgyűlése, Nyíregyháza* 1998. október 1–3. Abstract p. 25.

- MOLNÁR, B. 1999: A szikesedés és a víz kapcsolata a Duna-Tisza közén. – *Agrokémia és Talajtani Közlemények* **48/3–4**, 469–478.
- MOLNÁR, B. 1999: Protected Geological Objects in Kiskunság National Park, Hungary. – *Geographica Pannonica* **2**, 5–11. International Scientific Journal, Novi Sad
- MOLNÁR, B. 1999: Protected Sand Dunes at Kiskunság National Park in Hungary. – In: *Naturschutz im Pannonischen Raum, Sanddünen als Lebensraum*, Conference Papers 25, Umweltbundesamt, Wien 13–18.
- MOLNÁR, B., SZÓNOKY, M. & HUM, L. 1998: Research results of the geological and palaeontological department of the JATE in 1995–97. JATE TTK kiadása, Szeged p. 5.
- MOLNÁR, J. 1998: Hungary – *Mining Annual Review* **1998**. London, 234–235.
- MOLNÁR, J. 1999: Hungary – *Mining Annual Review* **1999**. London, p. 47.
- MOLNÁR, J. 1998: Hydrocarbon drilling in Hungary – *GeoDrilling International* **6/9**, 14–19.
- MOLNÁR, L. 1999: Brennbergbánya a harmadik évezredben. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* **132/2**, 134–139.
- MOLNÁR S–NÉ KISS Á. 1998: Szeged ivóvízellátása az 1989–től 1996–ig terjedő időszakban. – *Hidrológiai Közönlöny* **78/4**, 193–196.
- MORVAI, G. 1999: History of the Carpathian–Balkan Geological Association. – *Acta Geologica Hungarica* **42/2**, 109–125.
- MÜLLER, P. 1998: Catalogus Fossilium Austriae. Ein systematisches Verzeichnis aller auf Österreichischen Gebiet festgestellten Fossilien, 5–55.
- MÜLLER, P. 1998: Decapode Crustacea aus dem Karpat des Korneuburger Beckens (Unter-Miozän, Niederösterreich). – *Beiträge zur Paläontologie* **23**, 273–281.
- MÜLLER, P., GEARY, D. H. & MAGYAR, I. 1999: The endemic molluscs of the Late Miocene Lake Pannonian: their origin, evolution and family-level taxonomy. – *Lethaia* **32**, 47–60.
- NAGY, A., (ed.-in-chief) HERRMANN, P. & PEREGI, Zs. with contribution by CSÁSZÁR, G. 1999: Lithofacies and Thickness Map of the Pannonian. 1:200 000. Danube Region Environmental Geology Programme, Budapest
- NAGY, A., (ed.-in-chief) HERRMANN, P. & PEREGI, Zs. with contribution by CSÁSZÁR, G. 1999: Lithofacies and Thickness Map of the Pontian and Pliocene. 1:200 000. Danube Region Environmental Geology Programme, Geological Institute of Hungary, Budapest
- NAGY, B. 1998: K-rich rocks in the Mátra Mountains and their relation to mineralization. – *Studia Universitatis Babes–Bolyai* **40/1**, 103–112.
- NAGY, E. 1999: Palynological correlation of the Neogene of the Central Paratethys. *MÁFI Alkalmi kiadványa* **196**, 126 p.
- NAGY, G. & ÁRKAI, P. 1999: Monacit a Soproni-hegység metamorf képződményeiben. – *Földtani Közönlöny* **129**, 267–303.
- NAGY, G. & DRAGANITS, E. 1999: REE minerals in the metamorphic rocks of the Sopron Hills, Eastern Alps. – *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft. Beihefte zum European Journal of Mineralogy* **11**, p.163.
- NAGY, Zs. R. 1999: Platform–basin transition and depositional models for the Upper Triassic (Carnian) Sándorhegy Limestone, Balaton Highland, Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **42/3**, 267–300.
- NÁDOR, A., JÁMBOR, Á., LANTOS, M., MÜLLER, P., THAMÓ–BOZSÓ, E. & TÓTH–MAKK, Á. 1999: Climatically driven Plio-Pleistocene sedimentary cycles in the Pannonian Basin, Hungary. – *IAS 19<sup>th</sup> Regional European Meeting of Sedimentology*, Copenhagen. Abstracts, 172–173.
- NÁDOR, A., TÓTH–MAKK, Á., MÜLLER, P., LANTOS, M., Ó KOVÁCS, L., THAMÓ–BOZSÓ, E. & JÁMBOR, Á. 1999: Quaternary alluvial sedimentation on the SE-ern part of the Pannonian basin: an interplay of climate and sediment supply control on the sedimentary cycles. – *Meeting on the "Knowledge and*

- protection of plain areas", November 8–11, 1999, Ferrara, Abstracts, p. 22.
- NAGYNÉ BODOR E. & JÁRAINÉ KOMLÓDI M. 1999: Palinológiai vizsgálatok a Tapolcai-medencében I. Vizi és mocsári növények a holocén és későglaciális időkben. – *Hidrológiai Közlöny* 6, 332–333.
- NÉMETH G. 1999: Nagy entalpiájú geotermikus rezervoár a pretercier medencealjzatban, a Pannon-medencerendszer dél-zalai almedencéjében. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 102–107.
- NÉMETH I. 1999: A vasvári termálvíz-termelés és -felhasználás tapasztalatai. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 120–122.
- NÉMETH, K., MARTIN, U., PHILIPPE, M. 1999: Eroded porous-media aquifer controlled hydrovolcanic centers in the South Lake Balaton Region, Hungary: The Boglár Volcano. – *Acta Geologica Hungarica* 42/3, 251–266.
- NÉMETH, T., BERÉNYI-ÜVEGES, J., TÓTH, T., MICHÉLI, E. & DEMÉNY, A. 1999: Climate induced transformation of illite to smectite in paleosols in North Central Hungary. – *Euroclay 1999 Conference*, Krakkó, 1999. szeptember 5–9. Program with Abstracts p. 116.
- NIKL, A., SZAKMÁNY, GY. & T. BIRÓ, K. 1998: Archeometrical studies of Neolithic stone tools from Tolna county, Hungary. – *Abstract of 31<sup>st</sup> International Symposium on Archeometry*, Budapest 27 April – 1 May 1998. p. 104.
- ODIN, G. S., ANTONESCU, E., CARON, M., FOUCHER, J.-C., MELITNTE, M. C. & SIEGL-FARKAS, Á. 1998: La Passage Campanian–Maastrichtien á Tercis–Les-Bains (S–O France). – *Libro Guía*, 24. Coll. Europeo de Micropaleontologia Bilbao, Ed.: LAMOLDA, M. A., 81–85
- ÓDOR, L., CSALAGOVITS, I. & HORVÁTH, I. 1999: Relationship between geological setting and toxic element enrichments of natural origin in Hungary. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 53–56.
- ÓDOR, L., MCCAMMON, R., KORPÁS, L. & HOFSTRA, A. H. (eds.) 1999: Deposit modeling and environmental risks. Potential for Carlin-type gold deposit in Hungary. – *Geologica Hungarica series Geologica* 24, 331 p.
- ÓDOR, L., WANTY, R. B., HORVÁTH, I. & FÜGEDI, U. 1999: Environmental signatures of mineral deposits and areas of regional hydrothermal alteration in Northeastern Hungary. – *Geologica Hungarica series Geologica* 24, 107–120.
- ORBÁN A. 1999: Geodéziai műszerek kalibrálása a Magyar Tudományos Akadémia soproni Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetében. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/6, 458–462.
- OSZVALD T. 1999: Partfal és felszínmozgások 1999-ben. – *Földtani Kutatás* 36/3, 5–6.
- PANKRATZ, L. W., SAUTER, E. A., KÖRMENDI, A. & HEGYMEGI, L. 1999: The US–Hungarian Delta I – Delta D(DIDD) Quasi-absolute Spherical Coil System. Its history, evolution and future. – *Geophysical Transactions* 42/3–4, 195–202.
- PANTÓ, GY. & PÓKA, T. 1999: Hungarian National report on IAVCEI 1995–1998. – *Acta Geodaetica Geophysica Hungarica* 34, 349–365.
- PANTÓ, GY., DEMÉNY, A., NAGY, B., KROUSE, R. & VYTIK, M. 1998:  $\delta^{34}\text{S}$  systematics in polymetallic ore deposits in the Carpathian continental volcanic arc. – *Abstracts 17<sup>th</sup> General Meeting International Mineralogical Association* August 9–14, 1998. Toronto, p. A 124.
- PANTÓ, GY., DEMÉNY, A., NAGY, B. & KROUSE, H. R. 1999:  $\delta^{34}\text{S}$  systematics in polymetallic ore deposits in the Mátra and Börzsöny Mts., Inner Carpathian volcanic arc. – *Acta Geologica Hungarica* 42, 413–425.
- PAPP G., DÓDONY I., LOVAS Gy. & FÖLDVÁRY M. 1999.: A Csódi-hegyi „Hidroantigorit” – *Topographia Mineralogica Hungariae* 6, 127–136.
- PAPP P. 1999: Nemzedékek munkáiból – Erdélyben, 1999-ben. – *Földtani Közönlöny* 129/3, 454–455.

- PAPP, G. 1998: An ardent vulcanist from Hungary. Sketches to the scientific portrait of Johann Ehrenreich von Fichtel (1732–1795). – In: MORELLO, N. (ed.): *Volcanoes and History*. Proceedings of the 20th INHIGEO Symposium. Napoli – Eolie – Catania (Italy). Genova, 505–522.
- PAPP, G. 1998: On the mineral species first described from the Carpathian Region. – *Acta Universitatis Szegediensis – Acta Mineralogica–Petrographica* 38 (Suppl.), 65–75.
- PAPP, G. 1999: Die Mineraliensammlung. In: BARKÓCZI, I (Hrsg.): Von Raffael bis Tiepolo. Italienische Kunst aus der Sammlung des Fürstenhauses Esterházy. Schirn Kunsthalle, Frankfurt, Klinkhardt & Biermann, München, 74–75.
- PAPP, G. 1999: Serpentinite minerals in xenoliths: A case study from Csódy Hill, Dunabogdány, Visegrád Mts., Hungary. – *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft. Beihefte zum European Journal of Mineralogy* 11, p. 173.
- PAPP G., DÓDONY I., FÖLDEVÁRI M. & LOVAS Gy. 1999: A csódi-hegyi "hidroantigorit". – In: PAPP G. (szerk.): A dunabogdányi Csódi-hegy ásványai. – *Topographia Mineralogica Hungariae* 6, 127–136.
- PAPP G., SÁMSON M., JÁNOSI M. & LOVAS Gy. 1998: A megyaszói faopál ásványtani vizsgálata. – In: SZAKÁLL S. (szerk.): A Szerencsi-dombság ásványai. (Minerals of the Szerencs Hills (NE Hungary). – *Topographia Mineralogica Hungariae* 3, 73–83.
- PAPP G. & SZAKÁLL S. 1999: A Csódi-hegyi szerpentinites kőzetzárványok ásványai. – In: FEHÉR B. (szerk.): 17. Miskolci Nemzetközi Ásványfesztivál (programfüzet), 12–15.
- PAPP G. & SZAKÁLL S. 1999: A Csódi-hegyi szerpentinites kőzetzárványok ásványai. – In: PAPP G. (szerk.): A dunabogdányi Csódi-hegy ásványai. – *Topographia Mineralogica Hungariae* 6, 103–125.
- PAPP G., SZAKÁLL S., WEISZBURG T. & FEHÉR, B. 1999: Bevezetés. – In: PAPP G. (szerk.): A dunabogdányi Csódi-hegy ásványai. – *Topographia Mineralogica Hungariae*. 6, 9–14.
- PATAKI N. 1998: A vízkutatás és kútépítés területén alkalmazott berendezések és technológiák Magyarországon. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1998, 20–23.
- PATAKI N. 1999: Hévízfeltárás és -hasznosítás, különös tekintettel a Dunántúlra. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 116–120.
- PÁLFY J. 1999: A Közép-dunántúli Területi Földtani szolgálat tevékenysége 1971. október és 1979. december 31. között. – *Földtani Kutatás* 36/4, p. 14.
- PÁL MOLNÁR, E. & KÓBOR, B. 1999: A chalcostibit új, felsőbányai előfordulása. – *Geoda* 26, 3–5.
- PÁL MOLNÁR, E., ZACHAR, J. & SZENTPÉTERI, M. 1999: Vulkanikus veszélyzóna-térképezés az Etnán, Európa legmagasabb aktív vulkánján. – *A földrajz tanítása* 7/1–2, 19–27.
- PÁPAY, L. 1998: Varieties of sulphur in the alginite sequence of Kössen facies from the borehole Rezi Rzt-1 (W Hungary). – *Oil Shale* 15/3, 221–231.
- PELIKÁN P. 1999: A Felsőtárkány–7. sz. fúrás (Bükk hg.) és környezetének triász–jura képződményei. – *Földtani Közlöny* 129/4, 593–609.
- PELIKÁN P. 1999: Díszítőkö feltárási lehetőségek a Bükk-hegység körzetében. – *Földtani Kutatás* 36/2, p. 4.
- PENTELENYI L. 1999: A IV. Magyar–Mongol Földtani térképező Expedíció 1973–1975. – *Földtani Kutatás* 36/1, 22–26.
- PENTELENYI L. 1999: A mongóliai Nemzetközi Földtani Expedíció 1. sz. csoportja (1976–1978). – *Földtani Kutatás* 36/2, 22–27.
- PEREGI, Zs. 1999: The allochthonous basement sequence of north-eastern Cuba. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary 1992–1993/2*, 57–63.
- PEREGI, Zs., PETRO, L., SCHAFFER, G., et al. 1999: Lithofacies and thickness map of the Pontian and Pliocene, scale 1:100 000 (DANREG Danube Region Environmental Geology Programme). – *Geological Institute of Hungary, Budapest*

- PETŐ, A., KOZÁK, M., GYURICZA, Gy., KOVÁCS-PÁLFFY, P., BRAUN, M. & KISS, B. 1998: Indicative role of placers, dried surfaces and hiatuses in the reconstruction of the miocene paleo-environments of the Bükk-Uppony Mountains and their surrounding. – *Carpathian-Balkan Geological Association 16<sup>th</sup> Congress 1998*, Abstracts p. 500.
- PETŐ, A., KOZÁK, M., HORVÁTH, T., KOVÁCS-PÁLFFY, P. & BARTA, I. 1998: Reconstruction petrological research of the Bronze age stone cultures source of raw materials. – *Carpathian-Balkan Geological Association 16<sup>th</sup> Congress 1998*, Abstracts p. 467.
- PETŐ, A., KOZÁK, M., KOVÁCS-PÁLFFY, P. & SZŐÖR, Gy. 1998: Formation of hypergene bentonite deposits in the Borsod basin (NE-Hungary). – *Carpathian-Balkan Geological Association 16<sup>th</sup> Congress 1998*, Abstracts p. 499.
- PETŐ, A., KOZÁK, M., PÜSKI, I. & KOVÁCS-PÁLFFY, P. 1998: Morphogenetical structuro-reconstruction in a SW model area of the Bükk Mountains. – *Carpathian-Balkan Geological Association 16<sup>th</sup> Congress 1998*, Abstracts p. 498.
- PETRO, L., SCHAFFER, G., PEREGI, Zs., BUDINSZKYNÉ-SZENTPÉTERY, I., DARIDATICHY, M., NAGY, E., SCHAREK, P., SPISÁK, Z., POLACINOVÁ, E., KLUKANOVÁ, A. & KOVÁCIKOVÁ, M. 1999: Map of Environmental Geohazards, scale 1:100 000 (DANREG Danube Region Environmental Geology Programme). – Geological Institute of Hungary, Budapest
- POGÁCSÁS, Gy., M'RABET, A., HAAS, J., SAMU, L., VAKARCS, G., KHOCHTALI, T., RUMPLER, J., SZABÓ, N., PÁKOZDI, G., ACHECHE, H. M., OUAHCHI, A., KONCZ, I., BARTHA, A. & BEN GACHA, A. 1998: Paleozoic-Mesozoic facies evolution and related hydrocarbon system of the Kebili Area (Central Tunisia). – *ETAP Memoire 12*, 285–308.
- POGÁCSÁS, Gy., M'RABET, A., HAAS, J., SAMU, L., VAKARCS, G., KHOCHTALI, T., RUMPLER, J., SZABÓ, N., PÁKOZDI, G., ACHECHE, H. M., OUAHCHI, A., KONCZ, I., BARTHA, A. & BEN GACHA, A. 1998: Paleozoic-Mesozoic facies evolution and related hydrocarbon system of the Kebili Area (Central Tunisia). – *Abstracts of the 6<sup>th</sup> Tunisian Petroleum Exploration&Production Conference*, May 5–9. Tunis p. 58.
- POGÁCSÁS, Gy., SZALAY, Á., KONCZ, I., SAMU, L., SZABÓ, N., BARTHA, A., PÁKOZDI, G., VAKARCS, G., RABET, A. M. & KHOCHTALI, T. 1999: Petroleum Systems of the North Sahara Platform, Kebili Area, Central Tunisia. – *Extended Abstract Volume of 61<sup>st</sup> European Association of Petroleum Geoscientists & Engineers Conference 7–11 June, 1999*. Helsinki, 542–546.
- POGÁCSÁS Gy., RABET A. M., SAMU L., SZABÓ N., KHOCHTALI, T. & VAKARCS G. 1999: Új olajmező felfedezése 3D szeizmikus koherenciára alapozott irányított ferde fúrással a MOL Kebili Permitjében Tunéziában. – *Montan-Press Kiadó 24. Nemzetközi Olajipari Konferencia és Kiállítás* (Tihany 1999. október 18–20.) Előadások A/6, 1–12.
- POLGÁRI, M. 1999: Contribution of Volcanic Vireous (tuff) Material? New Aspect of Genesis of the Black Shale Hosted Jurassic Mn-carbonate Ore Formation, Úrkút Basin, Hungary. – *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft. Beihefte zum European Journal of Mineralogy 11*. Abstract volume of MinWien 99 Conference, 28 August–1 September, 1999.
- POSCHER, G. & LELKES-FELVÁRI, Gy. 1999: Lithofazielle und genetische Aspekte der Schwermineralführung alpiner Lockersedimente (Inntal, Tirol). – *Abhandlungen Geologische Bundesanstalt. 56/1, Geologie ohne Grenzen, Festschrift 150 Jahre Geologische Bundesanstalt*, 407–414.
- PÓSFAL, M., CSIKÓS-HARTYÁNI, Zs., SZABÓ, S. 1999: Transmission electron microscopy of characteristic minerals in the Steinbach meteorite. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eotvos Nominate. Sectio Geophysica et Meteorologica 12*, 51–58.

- PUSKÁS, Z., NAGY-BALOGH, J., KUBOVICS, I., NAGY, B., HOFFMANN, L. 1998: Rare alkali elements in the Hungarian geological formations: a comprehensive study. – *Acta Universitatis Szegediensis – Acta Mineralogica-Petrographica* **39**, 77–86.
- RADÓCZ GY., BOHN P.-NÉ, SZEGŐ É. & LANTOS M. 1999: A Sáta–75. sz. fúrás (Ny-Borsod) bádeni öszszletének szerkezetföldtani, őslénytani és magnetosztatográfiai vizsgálata. – *2. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Noszvaj, 1999. máj. 7–8. Abstracts*, p. 17.
- RANAZZO, A. F., MÜLLER, P., LELKES, Gy., JUHÁSZ, E. & HÁMOR, T. 1999: Cool-water limestones of the Pannonian basinal system, Middle Miocene, Hungary. – *Journal of Sedimentary Research* **69/1**, 283–293.
- RAUCSIK, B., SZABÓ, Gy. & BORBÉLY-KISS, J. 1998: Geochemical study on a limestone/marlstone alternation, Bajocian, Mecsek Mountains, Southern Transdanubia, Hungary. – *Acta Universitatis Szegediensis – Acta Mineralogica-Petrographica* **39**, 107–138.
- REMÉNYI K. 1999: A 17. Energia-világkongresszus – USA, Houston. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* **32/8–9**, 165–175.
- RÉTHY K. 1998: Lápos és Misztbánya teleptani viszonyai. – *Földtani Kutatás* **35/4**, 6–12.
- RÉTHY, K. & GÖTZ, E. 1998: Vivianite occurrence at the Nistru Mine (Misztbánya) Romania. – *Acta Geologica Hungarica* **41/1**, 139–145.
- REZESSY A. 1998: A Pisznicai Mész-kő ciklussztratigráfiai vizsgálata gerecsei szelvényeken. – *Földtani Közlöny* **128/2**, 297–320.
- REZESSY G. 1999: Változások a nyersanyag-kutatás szabályozásában. – *Földtani Kutatás* **36/1**, 38–39.
- REZESSY G. 1999: Területi Földtani Szolgálatok. – *Hogyan tovább?* – *Földtani Kutatás* **36/4**, p. 6.
- RÓZSA, P., KÁZMÉR, M. & PAPP, G. 1999: Observations of vulcanist and neptunist natural philosophers in Hungary in the late 18<sup>th</sup> Hungary (Johann Ehrenreich von Fichtel, Robert Townson and Jens Esmark). – *International Symposium „Abraham Gottlob Werner and his times”*, Freiberg. Proceedings: B09.
- RÓZSA E., SALLAY E., VIGASSY T. & SZENTPÉTERI K. 1999: A Telegdi-Roth-vonal környékének szerkezetföldtani kutatása Zirc-Olaszfa térségében geológiai és geofizikai módszerek alapján. – *24. OTDK Természettudományi Szekció I. Debrecen* p. 134.
- SACCHI, M., MAGYAR, I., MÜLLER, P. & HORVÁTH, F. 1998: Problems and progress in establishing a Late Neogene Chronostratigraphy for the Central Paratethys. – *Neogene Newsletter* **4**, 1–9.
- SAJGÓ, Cs., BRUKNER-WEIN, A. & HETÉNYI M. 1998: Comparison of organic facies for two sampling sites within a Miocene lignite seam. – *Abstracts of Min. Chem.* **98**, Siófok
- SAJGÓ, Cs. 1999: Generation Temperatures of crude oils. – In: LAKATOS, I. (ed.): *Progress in Mining and Oilfield Chemistry, Challenges of an Interdisciplinary Science*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 191–198.
- SAJGÓ, Cs., BRUKNER-WEIN, A. & HETÉNYI, M. 1999: Comparisons of two sampling sites within a Miocene Lignite seam. In: LAKATOS, I. (ed.): *Progress in Mining and Oilfield Chemistry, Challenges of an Interdisciplinary Science*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 231–238.
- SAJGÓ, Cs. 1999: Assessment of generation temperatures of crude oils. – *Abstracts Part I. 19<sup>th</sup> International Meeting on Organic Geochemistry*, 6–10 Sept. 1999 Istanbul Tübitak PA38, 241–242.
- SAJGÓ, Cs. & BRUKNER-WEIN, A. 1999: Hazai (és néhány régióbeli) olajpala összehasonlítása pirolízis termékeik és szerves anyaguk elemi összetétele alapján. – *6. Nemzetközi Alginit Szimpózium* 1999 szept. 23–24. Sitke, Abstracts.
- SALAMON M. 1999: A kőzetmechanika fejlődése egyéni szemzőgből. – *Bányászati és*



- Kohászati Lapok – Bányászat 132/2, 102–108.
- SÁSDI L. 1999: Korai-miocén karsztfelszín kimutatása a Déli-Bükkben. – *Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskola Közleményei, Szombathely* 119–124.
- SÁSDI L. 1999: Védett lehetne: az ürömi Csókavár kőfejtő. – *KTM Nem védett természeti területek bemutatása* 18 p.
- SCHUEER Gy. 1998: Európa ismertebb édesvízi mészkövet felhalmozó hévforrásai. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1998, 39–45.
- SCHLÉDER, Zs., T. BIRÓ, K., SZAKMÁNY, Gy. 1998: Petrographical studies of Neolithic stone tools. Hungary. – *Abstract of 31<sup>st</sup> International Symposium on Archeometry, Budapest 27 April 1 May 1998*. 123–124.
- SCHLÉDER, Zs., NIKL, A., T. BIRÓ, K. & SZAKMÁNY, Gy. 1998: Cretaceous volcanic rocks as raw material for polished stone implements in Hungary. – *Abstract of Archeological Conference on the Research of the Lengyel Culture*, 11–13 October 1999. Veszprém p. 52.
- SIEGL-FARKAS Á. 1999: A Pelso és Tisza Egység felső kréta formációinak integrált palynostratigráfiai vizsgálata. – *2. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Noszvaj, Abstracts*, 17–18.
- SIEGL-FARKAS Á. 1999: Palynology and environment of the western part of the Tethys. – *Geologica Carpathica*, 50, 68–69.
- SIEGL-FARKAS, Á. 1999: Comparative palynology of the Senonian formations in the Pelso and Tisza Units (Hungary). – *Acta Palaeobotanica, suppl. 2, Proceedings of the 5 EPPC, Crakow*, p. 162.
- SIEGL-FARKAS, Á. 1999: Integrated palynostratigraphy of the Senonian formations in the Tisza Unit (S Great Hungarian Plain) Hungary – *Acta Geologica Hungarica* 42/2, 161–191.
- SIEGL-FARKAS, Á. 1999: Spherula-contain Senonian formations in Hungary, Review – *Workshop on Geological and Biological Evidence for Global Catastrophes, Esperaza/Quillan (Aude, France)*, p. 69.
- SIEGL-FARKAS, Á. 1999: Spherules and Senonian formations in Hungary. – *Workshop Meeting of the TECOS, Castelnuovo ne' Monti (Italy)*, 28–29.
- SIEGL-FARKAS, Á. 1998: Spherula-contain Senioan formations in Hungary. – *Annual Meeting of IGCP 384, 1998. Budapest Abstracts*, p. 90.
- SIEGL-FARKAS, Á., SVABENICKA, L. & WAGREICH, M. 1998: Integrated palynology (spores, pollen, dinoflagellate) of the Upper Cretaceous formation in the Tisza Unit (Great Hungarian plain) correlated with nannozones. – *16. CBGA Congress, 1998, Viena Abstracts*, p. 557.
- SIEGL-FARKAS, Á. & SUMMESBERGER, H. 1998: Revision of "Pachydiscus neubergicus Hauer 1858" Sümeg, Transdanubian Central range, Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* 41/2, 263–270.
- SIEGL-FARKAS, Á. & SUMMESBERGER, H. 1999: A "Pachydiscus neubergicus Hauer 1858 (Coll. Noszky 1944. Sümeg, Haraszt Városi-kőfejtő)" revíziója. – *2. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Noszvaj, Abstracts* p. 18.
- SÍKHEGYI F. 1999: A felszínmozgások láthatósága. – *Geomatika* 5/8, 13–15.
- SÍKHEGYI F. 1999: A felszínmozgások megjelenése légifényképeken. – *Földtani Kutatás* 36/3, 8–13.
- SIPOSS Z. 1998: A szennyvizekkel és a tárolóközetekkel kapcsolatos néhány probléma a Duna mentén Győr és Esztergom között. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1998, p. 38.
- SIPOSS Z. 1999: A mohácsi 1956. évi jegesarvív utóhatásainak és a károk helyreállításainak néhány vízföldtani tapasztalata. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1999, p. 35.
- SOLT, P. 1999: Different Trends of Spherule Distributions at the Kaba Meteorite Fall Area. – *Lunar Planetary Science Conference* 30., Houston, Abstract no. 1269.
- SOLT, P. 1999: Fieldwork and Distribution of Spherules at the Kaba III ( CV 3 ) Meteorite Fall Area – *PIECE 99 conference, Yamaguchi, Abstracts*, 80–81.
- SOLT, P. 1998: New spherule occurrence near to the Eocene–Oligocene boundary from Pusztaszeri road cut (Buda Mts.,

- Hungary). – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts p. 91.
- SOLT, P. 1998: Numerical territorial distribution of spherules; method for Kaba meteorite fall reconstruction, – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest Abstracts, 92–93.
- SOLT, P., DETRE, Cs., DON, Gy., BÉRCZI, Sz. & UZONYI, I. 1999: Olivin Spherules and Droplets from the Pannonian Basalt of Szentbékakála. – *TECOS Workshop Castelnovo ne' Monti*, Abstracts, 4–5.
- SOMOSI L. 1998: Bemutatkozik a Pécsi Erőmű Rt. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászati* 131/6, 518–521.
- SÓLYMOS, P., SÜMEGI, P. 1999: The shell morpho-thermometer method and its application in palaeoclimatic reconstruction. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestiensis de Rolando Eötvös Nominatae, Sectio Geologica* 32, 137–148.
- STÁHL G., PÁTZAY Gy. & KÁLMÁN E. 1999: A geotermikus energia hasznosítása során fellépő vízképződés vizsgálata. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/10–11, 220–224.
- STEGENA L. 1996: The breakup of meteorites. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestiensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geophysica et Meteorologica* 12, 59–62.
- STULC P. 1999: A domborzat és a hidrogeológia kombinált hatása a föld alatti hőmérsékletre. Következtetések az akvifer permeabilitására és a hőáramlásra. Tanulmány a Cseh Kréta-medencéről. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/1–2, 5–13.
- SÜMEGI, P. 1999: Reconstruction of flora soil and landscape evolution, and human impact on the Bereg Plain from late-glacial up to the present, based on palaeoecological analysis. In: HAMAR, J. & SÁRKÁNY-KISS, A. (eds.): *The Upper Tisa Valley*. Tiscia Monograph Series, Szeged, 173–204.
- SÜMEGI, P., KERTÉSZ, R. & HERTELENDI, E. 1999: Environmental change and human adoption in the Carpathian Basin at the lateglacial/postglacial transition. *British Archeological Report*
- SÜMEGI, P., MAGYARI E., DANIEL P. & HERTELENDI, E. 1999: A kardoskúti Fehér-tó negyedidőszaki fejlődéstörténetének rekonstrukciója. – *Földtani Közlemény* 129/4, 479–519.
- SÜMEGI, P. & RUDNER, E. 1999: In situ charcoal fragments as remains of natural wild fires of Upper Würm in the Carpathian Basin. – *Abstracts of Loessfest, '99 Bonn–Heidelberg* 232–234.
- SÜMEGI, P. & RUDNER, E. 1999: Recurring taiga forrest-steppe-forests in the Carpathian Basin in the Upper Würm. – *Abstracts of Loessfest, '99 Bonn–Heidelberg* 235–236.
- SÜTÓNÉ SZENTAI M. 1998: A hidaspetrei (Szekszárd) feltárás mikroflórájának vizsgálata. – *Folia Comloensis* 7, 25–36.
- SVÁB, E., MÉSZÁROS, Gy., BEREGI, E. & TÓTH, M. 1999: Neutron and X-ray diffraction study of Yttrium–Aluminum Borate. – *13<sup>th</sup> IUCr Congress & General Assembly* 4<sup>th</sup>–13<sup>th</sup> August 1999. Glasgow, Scotland, Abstracts p. 482.
- SZABÓ A. 1999: Kővek és épületek. – *Földtani Kutatás* 36/2, p. 15.
- SZABÓ, Z. & PÁNCICS, Z. 1999: Bouguer anomaly map of Hungary corrected using variable density. – *Geophysical Transactions* 42/1–2, 29–40.
- SZABÓ, Z. & PÁNCICS, Z. 1999: Gravity map of Hungary corrected for basin effect. – *Geophysical Transactions* 42/1–2, 41–54.
- SZABÓ, Z. & PÁNCICS, Z. 1999: Horizontal gravity gradients and earthquake distribution in Hungary. – *Geophysical Transactions* 42/1–2, 55–65.
- SZABÓ, Z. & PÁNCICS, Z. 1999: Rock densities in the Pannonian basin – Hungary. – *Geophysical Transactions* 42/1–2, 5–27.
- SZAKÁCS, A., ZELENKA, T., MÁRTON, E., PÉCSKAY, Z., PÓKA, T. & SEGHEDI, I. 1998: Miocene acidic explosive volcanism in the Bükk Foreland, Hungary: Identifying eruptive sequences and searching for source locations. – *Acta Geologica Hungarica* 41/4, 413–435.

- SZAKMÁNY, Gy. 1998: Insight into the manufacturing technology and the workshops: evidence from petrographic study of ancient ceramics. – *Archeometrical Research in Hungary* 2, 77–83.
- SZAKMÁNY Gy. 1999: Az eklogitok osztályozása, az eklogit fácies (irodalmi áttekintés). – *Földtani Közönlöny* 129/3, 313–326.
- SZAKMÁNY, Gy. & STARNINI, E. 1998: Petrographical analysis of polished stone tools from some Neolithic sites of Hungary. – *Abstract of 31<sup>st</sup> International Symposium on Archeometry*, Budapest 27 April 1 May 1998. 134–135.
- SZAKMÁNY, Gy. & T. BIRÓ, K. 1998: Lithic raw material tour. – In: JEREM, E.(ed.): *Excursion Guide 31<sup>st</sup> International Symposium on Archeolingua*, Budapest 27 April 1 May 1998. 93–152.
- SZAKMÁNY Gy., TÖRÖK K. & GÁL-SÓLYMOS K. 1999: Nagynyomású metamorfit blokkok a kelet-kubai Holguíntól északra húzódó ofiolitos melanzónából. – *Földtani Közönlöny* 129/4, 541–571.
- SZALKAI S., HAVELDA T. & KARDICS I. 1999: Az alsó (II.) telepek művelésbe vonásának tapasztalatai a Márkushegyi bányauzembelen. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/4, 250–260.
- SZEDERKÉNYI, T. 1999: Report of field works at Magyarpolány, where Moldvay suggested an astrobleme: No sign of impact structure. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominata. Sectio Geophysica et Meteorologica* 12, 63–78.
- SZEDERKÉNYI T. 1999: Visszatekintés a területi földtani szolgálatok megalakulására. – *Földtani Kutatás* 36/4, 9–11.
- SZEMENYEI I. 1999: Kőbezárt emberi sorsok. – *Földtani Kutatás* 36/4, 31–32.
- SZEMESY I. 1999: Víztelenítés csápos kutakkal. – *Földtani Kutatás* 36/3, p. 42.
- SZENDREI, G. 1998: Contribution of micro-morphology to characterize water regimes in Hungarian soils. – *16<sup>th</sup> World Congress of Soil Science*. Montpellier, France. Summaries 2, p. 565.
- SZENDREI, G. 1998: Talajtan [Soil Science]. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. 300 p.
- SZENDREI G. 1999: Talajásványtan és mikromorfológia. In: VÁRALLYAY Gy. (szerk.): *A Nemzetközi Talajtani Társaság 16. Kongresszusa* (Montpellier, Franciaország, 1998. augusztus 20–26. – *Agrokémia és Talajtan* 48/1–2, 292–296.
- SZENDREI G. 1999: Hazai szikes talajok mikromorfológiája. – *Agrokémia és Talajtan* 48/3–4, 481–490.
- SZILAJ, R., SZÓNOKY, M., MÜLLER, P., GEARY, D. H. & MAGYAR, I. 1999: Stratigraphy, paleoecology, and paleogeography of the "Congeria unguilacprae beds" (Lymnocardium ponticum Zone) in NW Hungary: study of the Daka outcrop. – *Acta Geologica Hungarica* 42/1, 33–55.
- SZIRTES B. 1998: A mecseki föld alatti szénbányászat aknáí, tárói és más külszínre nyíló bányaterel. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/6, 538–548.
- SZITA G. 1999: A kapuvári geotermikus energiahasznosító rendszer műszaki tapasztalatai. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 114–116.
- SZIVES O. 1999: A Tatai Mészsko Formáció (apti) ammonoideáinak paleobiogeográfiai értékelése. – *Földtani Közönlöny* 129/2, 179–190.
- SZOMOLÁNYI Gy. 1998: A mecseki uránércbányászat rövid története. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 131/6, 555–557.
- SZÓNOKY M. 1998: Motivációs lehetőség a földtan oktatásban: a kultúr- és művészettörténet és a geológia kapcsolata. – *Az MFT Jubileumi Vándorgyűlése*, Nyíregyháza, 1998. október 1–3. Abstract p. 44.
- SZÓNOKY M. 1998: Néhány DK–alföldi középkori templom és kolostor faragott kőanyagának és tégláinak vizsgálata és származása. – *Az MFT Jubileumi Vándorgyűlése*, Nyíregyháza, 1998. október 1–3. Abstract p. 45.
- SZÓNOKY M. 1999: Milyen hatással volt a Mollusca phylum egy subspecies – a Homo Sapiens – mindennapjaira,

- kultúr- és művészettörténetének diverzitására? – 2. *Magyar Őslénytani Vándorgyűlés*, Noszvaj 1999. május 7–8. p. 19.
- SZÓNOKY, M., DOBOS-HORTOBÁGYI E., GULYÁS, S., SZUROMI-KORECZ, A., MÜLLER, P., GEARY, D. H. & MAGYAR, I. 1999: Árpád, a classic locality of Lake Pannon bivalves. – *Acta Geologica Hungarica* **42/1**, 89–108.
- SZÓNOKY M. & PAPP S. 1998: A Hajdúszoboszló–36. fúrás kitörése. – *Az MFT Jubileumi Vándorgyűlése*, Nyíregyháza, 1998. október 1–3. Abstract p. 46.
- SZŐÓR, Gy., RÁLISCH-FELGENHAUER, E., BESZEDA, I., RÓZSA, P. & BRAUN, M. 1999: Origin of the “extremely small spherules” from the Middle Triassic of Mecsek Mts., Hungary. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominata. Sectio Geophysica et Meteorologica* **12**, 79–86.
- SZŐÓR, Gy., RÓZSA, P., BESZEDA, I. & UZONYI, I. 1998: Identification of the extra-terrestrial and terrestrial spherules in Hungary. Addit. 1. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest
- SZŐÓR, Gy., SÜMEGLI, P., MAGYARI, E. & HERTELENDI, E. 1998: The possible correlation between Vela Supernova and palaeoenvironmental change on Pleistocene–Holocene boundary, Hungary. Addit. 2. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998, Budapest
- SZUROMI-KORECZ, A. & NAGY-BODOR, E. 1999: Late glacial and postglacial sporomorph and ostracod records and inferred cyclic climatic changes from Lake Balaton (Hungary) – *European Palaeontological Association, workshop*, Portugal, 126–129.
- SZUROMINÉ KORECZ A. & NAGYNÉ BODOR E. 1999: A Szemesi-medence fejlődéstörténete a Tó–25. sz. mederfúrás ostracoda és sporomorpha vizsgálata alapján. – *Hidrologiai Közlöny* **6**, 383–385.
- SZÜTS H. 1999: A szénbányászat felszámolása Várpalotán. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* **132/2**, 122–133.
- TARI, G., DÖVÉNYI, P., DUNKL, I., HORVÁTH, F., LENKEY, L., STEFANESCU, M., SZAFIÁN, P. & TÓTH, T. 1999: Lithospheric structure of the Pannonian basin derived from seismic, gravity and geothermal data. – In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F. & SÉRANNE, M. (eds.): *The Mediterranean basins: Tertiary extension within the Alpine orogen*, *Geol. Society, London, Spec. Publ.* **156**, 215–250.
- TARNAI, T. 1998: Mineralogical–petrological study on ore vein penetrated by the key borehole Baksa No. 2. SE Transdanubia, Hungary. – *Acta Universitatis Szegediensis – Acta Mineralogica–Petrographica* **39**, 21–34.
- THAMÓ-BOZSÓ, E. 1999: Statistical analysis of the mineral composition of Cenozoic sands and sandstones in Hungary. – *International Association of Sedimentologists 19<sup>th</sup> Regional Meeting*, Copenhagen, Abstracts, 255–256.
- THAMÓ-BOZSÓ, E. 1999: Mineral composition of Cenozoic sands and sandstones based on statistical analysis. – *MinWien 99. Abstract in Beihefte zum European Journal of Mineralogy* **11**, p. 228.
- TOLNAI L. 1999: A Magyar Alumínium Rt. stratégiája. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* **132/5**, 334–340.
- TÓTH Álmos 1999: Bauxiteredésű vasdús kőzetek, hajdani vasbányák és kohók. – *Földtani Kutatás* **36/1**, 29–33.
- TÓTH Álmos 1999: Mumifikálódott 1849-es hősi halottak az elaggott Vízakna sós bányavizében. – *Földtani Kutatás* **36/1**, p. 33.
- TÓTH Álmos 1999: Beauzit, bauxit, wocheinit (a magyarországi bauxit megismerésének korai történetéhez. – *Földtani Kutatás* **36/2**, 16–18.
- TÓTH Álmos 1999: Különös föld ingások. – *Földtani Kutatás* **36/4**, p. 23.
- TÓTH Árpád 1999: A hódmezővásárhelyi téglagyári feltárás faunavizsgálata. – 2. *Magyar Őslénytani Vándorgyűlés*, Noszvaj 1999. május 7–8. p. 19.
- TÓTH Árpád 1999: A szegedi téglagyári feltárások anyagának üledéktani és

- malakológiai összehasonlítása. – *Malakológiai Tájékoztató* 17, 59–67.
- TÓTH, E., PAPP, G., SZALAI, S., SELMECZI, D., NAGY, B. & MARX, G. 1998: Variations of Indoor Radon Year-by-Year. – *Acta Physica Hungarica New Series Heavy Ion Physics* 8/1–2, 13–21.
- TÓTH L. & STEFÁN, M. 1999: A szénhidrogéngőzök visszanyerése a közúti tankautótöltő terminálokon. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/3, 42–47.
- TÓTH M. 1999: Korunk téves világpiaci árelőrejelzésének hatása az energiaipolitikára és a szénbányászatra. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/3, 198–203.
- TÓTH M. 1999: A megújítható és a meg nem újítható természeti erőforrások gazdagságfilozófiája és a globalizálódás valószínűsége. – *Földtani Kutatás* 36/1, 11–13.
- TÓTH M. 1999: Színmaradványok és patina a nyugati kapun. – In: SZENTESI E. (ed.): *A jáki apostolszobrok – Die Apostelfiguren von Jáki*. Budapest, Balassi Kiadó, 289–303.
- TÓTH P., MENYHÉRT B. & BULLA M. 1999: A hőszivattyús technika és a környezetvédelem. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 123–126.
- TÓTH, T. & HORVÁTH, F. 1999: Evidence for Quaternary tectonic activity in the Paks area, Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* 42/3, 327–346.
- TÓTH T. & HORVÁTH F. 1999: Van bizonyíték a negyedidőszaki tektonizmusra Paks környékén. – *Földtani Közlöny* 129/1, 109–124.
- TÓTH T. & KUTI L. 1999: Összefüggés a talaj sótartalma és egyes földtani tényezők között a hortobágyi „Nyírólapos” mintaterületen. I. Általános földtani jellemzés, a felszín alatti rétegek kalcittartalma és pH-értéke. – *Agrokémia és Talajtan* 48/3–4, 431–446.
- TÓTH T. & KUTI L. 1999: Összefüggés a talaj sótartalma és egyes földtani tényezők között a hortobágyi „Nyírólapos” mintaterületen. II. Többszörös összefüggések és a felszín alatti sótartalom becslése. – *Agrokémia és Talajtan* 48/3–4, 447–458.
- TÓTH T. & KUTI L. 1999: Variability of Geological Conditions and Relation to Soil Salinization inside a Small Area. – *Proceedings of the International Symposium on Sustainable Management of Salt Affected Soils Ecosystem*. Cairo, Egypt 123–132.
- TÖRÖK Á. 1999: Siklós környéki diszizitókövek földtani és kőzetfizikai vizsgálata. – *Földtani Kutatás* 36/2, 5–8.
- TÖRÖK, K. 1999: Pre-Alpine development of the andalusite-sillimanite-biotite-schist from the Sopron Mountains (Eastern Alps, Western Hungary). – *Acta Geologica Hungarica* 42/2, 127–160.
- ULRYCH, J., PIVEC, E. & BUDA, Gy. 1998: Na-sanidine megacherts from the Shavarin Caram volcano, Mongolia. – *Acta Universitatis Szegediensis – Acta Mineralogica-Petrographica* 39, 5–12.
- UNK J-né 1999: Magyarország nyugat-dunántúli régiójának területfejlesztési koncepciója és benne a geotermikus erőforrások hasznosításának programjavaslatai. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/12, 241–247.
- VARGA S. 1999: A 17. Energia-világkongresszus – USA, Houston. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/10–11, 202–210.
- VARGA, Z. & CZIGOLA, K. 1999: Termálkutak vízkezelésének tervezési és kivitelezési tapasztalatai. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/5, 127–129.
- VÁGÁS I. 1999: A Tisza 1998. őszi és 1999. tavaszi árvize. – *Hidrologiai Tájékoztató* 1999, 44–50.
- VELLEDITS F. 1999: A triász zátonyok fejlődésének áttekintése. – *Földtani Közlöny* 129/2, 249–265.
- VERA, F. J. V., DETRE, Cs. H. & BIHARI, G. 1998: Preliminary results of the K/T boundary spherule investigations in Albion Island, Belize. – *Annual Meeting of IGCP 384*, 1998. Budapest Abstracts p. 95.
- VETŐ, I. 1999: Triassic sourced oil shows near Budapest. – *Annual Report of the*

- Geological Institute of Hungary 1992–1993/2, 111–115.
- VETŐ, I., HERTELENDI, E., SAJGÓ, Cs. & BRUKNER-WEIN, A. 1999: Upward increase of kerogén 13C in the Peru Margin Upper Oligocene – Possible implications for the Cenozoic evolution of atmospheric CO<sub>2</sub>. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 145, 33–42.
- VETŐ, I., NAGYMAROSY, A., BRUKNER-WEIN, A., HETÉNYI, M. & SAJGÓ, Cs. 1999: Salinity changes control isotopic composition and preservation of the organic matter: the Oligocene Tard Clay, Hungary revisited. – *Abstracts Part I. 19<sup>th</sup> International Meeting on Organic Geochemistry*, 6–10 Sept. 1999 Istanbul Tübitak PB45, 411–412.
- VÉGH S. 1999: A magyar földtani kutatás és bányászat a vállalkozások nemzetközi versenypiacán 1976. és 1990. között. – *Földtani Kutatás* 36/2, 19–21.
- VICZIÁN I. 1998: Teleki Domokos elnöksége a jénai Ásványtani Társulatban – a korabeli levelezés tükrében. (Tätigkeit von Domokos Teleki als Präsident der Jenaer Mineralogischen societät – im Spiegel der zeitgenössischen Korrespondenz). – *Múzeumi Füzetek. Az Erdélyi Múzeum–Egyesület Természettudományi és Matematikai Szakosztályának Közleményei*, Kolozsvár, Új sorozat 7, 3–19.
- VICZIÁN, I., AKANDE, S. O., FÖLDVÁRI, M. & KOVÁCS-PÁLFFY, P. 1998: Clay mineralogy and thermal diagenesis of Cretaceous/Tertiary sediments in Benue Trough, Nigeria. – 15th Czecho-Slovak Conf. Clay Min. Petrol., Brno 1998, *Book of Abstracts. Scripta Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk Brun, Geology* 26, 31–32.
- VICZIÁN, I., FÖLDVÁRI, M., KOVÁCS-PÁLFFY, P. 1998: Mineralogical composition of the Permian/Triassic boundary layers at Gerennavár, Bükk Mts. – *Annual Meeting of the IGCP 384*, Budapest, Hungary 95–96.
- VICZIÁN, I. & KOVÁCS-PÁLFFY, P. 1998: Redeposited ophiolitic material in Lower Cretaceous pelitic rocks of Gerecse Mts., Hungary. – *Carpathian-Balkan Geological Association, 16<sup>th</sup> Congress*, Vienna, 1998. Abstracts p. 620.
- VICZIÁN I., FÖLDVÁRI M. & KOVÁCS-PÁLFFY P. 1999: Középső-triász vörös agyagok ásványtani vizsgálata a Balaton-felvidéken és a Bükk hegységben. – *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság. Bányász Kohász Földtan Konferencia Szovátafüredő* 1999. Konferencia Kiadvány p. 34.
- VICZIÁN I., FÖLDVÁRI M. & KOVÁCS-PÁLFFY P. 1999: The Paleographic significance of clay interbedding in carbonate sequences in the lower to middle triassic of the Transdanubian range and Bükk Mts. (Hungary). – *Conference of the European Clay Groups Association*. Abstracts p. 144.
- VIDA M. 1999: A gázellátás négy évfordulója. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Kőolaj és Földgáz* 32/4, 85–88.
- VITÁLIS Gy. 1998: Emlékezés dr. PAPP Károly hidrológiai munkásságára születése 125. évfordulóján. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1998, 9–11.
- VITÁLIS Gy. 1998: A 150 éves Magyarhoni Földtani Társulat hidrológiai munkássága a kezdettől a Hidrológiai Szakosztály megalakulásáig. I. rész A kezdettől a milleniumig. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1998, 13–16.
- VITÁLIS Gy. 1999: A 150 éves Magyarhoni Földtani Társulat hidrológiai munkássága a kezdettől a Hidrológiai Szakosztály megalakulásáig. II. rész A milleniumtól 1917-ig. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1999, 6–9.
- VITÁLIS Gy. 1999: A 40 éves Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat köszöntése. – *Hidrológiai Tájékoztató* 1999, 13–14.
- VITÁLIS, Gy. 1999: Emlékezés dr. BÖCKH Hugóra születésének 125. évfordulója alkalmából. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/4, 290–294.
- VUKOV, M. & FÖRIZS, I. 1999: Igneous epidote of Zeljin, Yugoslavia. – *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 71, 649–657.

- WAGREICH, M. & SIEGL-FARKAS, Á. 1999: Subsidence analysis of Upper Cretaceous deposits of the Transdanubian Central Range (Hungary). – *Abhandlungen der Geologisches Bundesanstalt* 56/1, 435–438.
- ZELENKA T. 1999: Magyarországi miocén tufatípusok és az azokból képződött partfalak állékonyasága. – *Földtani Kutatás* 36/3, 22–23.
- ZELENKA T. & TRAUER N. 1999: A hollóházai földmozgások földtani okai. – *Földtani Kutatás* 36/3, 27–33.
- ZENTAY T. 1999: A Magyar Állami Földtani intézet Dél-alföldi Területi Földtani szolgálatának az 1972–1994 évek közötti időszakban elért fontosabb eredményei. – *Földtani Kutatás* 36/4, p. 13.
- ZSÁMBOKI, L. 1999: Évezredes kapcsolatok a bányászat, kohászat és erdőszét között. – *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 132/3, 213–215.
- Ismeretterjesztő:**
- BREZSNYÁNSZKY K. 1999: Föld alatt és föld felett. – *Napi Magyarország*, 1999. április 17. p.16.
- CSEMEZ A., LORBERER Á. 1998: Ezüst-hegyi felhagyott (római) kőbánya, Róka-hegyi kőbánya. – In: CSEMEZ A. et al.(szerk.): *Mesél Óbuda földje*. 2.2. fejezet, 218–221, 224, 234, 240, 241.
- DOBOS I. 1998: Sajtóviszhang – Tudósítások a lepencei létesítményekről. – *Visegrádi Hírek* 14/1, p. 5.
- DOBOS I. 1998: Egy régi terv közös hulladéklerakó hely létesítésére. – *Visegrádi Hírek* 14/2, p. 2.
- DOBOS I. 1998: A Lepence-völgy értékeiről – Szemelvények a vízügyi szakirodalomból. – *Visegrádi Hírek* 14/3, p. 2.
- DOBOS I. 1998: Merre folyt az Ósduna? – *Visegrádi Hírek* 14/6, p. 5.
- DOBOS I. 1998: A középkori Duna a török hódoltság térképeken és útleírásokban. – *Visegrádi Hírek* 14/7, p. 2.
- DOBOS I. 1998: "Lázár deák" térképe. – *Visegrádi Hírek* 14/8, p. 2.
- DOBOS I. 1998: A Duna szerepe a török hódoltság alatt. – *Visegrádi Hírek* 14/10, p. 2.
- DOBOS I. 1999: Folyószabályozás és árvízvédelem Visegrád környékén. – *Visegrádi Hírek* 15/1, p. 2.
- DOBOS I. 1999: Tervek a Duna vízenergiájának hasznosítására. – *Visegrádi Hírek* 15/2, p. 2.
- DOBOS I. 1999: Hévízkutatás és -feltárás Harkányfürdőn. – *Balneológia, Gyógyfürdőügy, Gyógyidegenforgalom* 20/1–2, 34–45
- DOBOS I. 1999: Beszámoló a harmadik Duna-medence konferenciáról (Kolozsvár, 1998. szept. 24–27. *Hidrológiai Tájékoztató* 1999. 59–60.
- DOBOS I. 1999: 38 címszó a Magyar Nagylexikon 8. és 9. kötetében. – *Magyar Nagylexikon* Kiadó, 1999
- DULAI A. 1999: Kanyon a tenger alatt. Földrengés előrejelző lehetne? – *Élet és Tudomány* 54/3, 79–81.
- DULAI A. 1999: "Szörny" a Nyos-tóban. Az afrikai Loch Ness. – *Élet és Tudomány* 54/9, p. 275.
- DULAI A. 1999: Mit láttak a dinoszauruszok? – *Élet és Tudomány* 54/30, 943–945.
- DULAI A. 1999: Az állatvilág három útja. Molekuláris törzsfa. – *Élet és Tudomány* 54/39, 1225–1227.
- DULAI A. 1999: Révai Új Lexikona 4. kötet. Bűn–Cyt 40 őslénytan szócikk. Babits Kiadó, Szekszárd
- FARKAS Z. 1998: A szénhidrogének – látogatás a Magyar Olajipari Múzeumban. – *Segédanyag és munkafüzet a Teleki Pál földrajz-földtan versenyhez*, 15 p.
- HIR, J. 1998: 50 millió év üzenete a messeli olajpalában. – *Természet Világa* 129/9, 404–407.
- HIR, J. 1998: A dengelegi homokbánya letűnt élővilága. – *Élet és Tudomány* 53/37, 1164–1166.
- KÁKAY SZABÓ O. 1999: Világító ásványok. – *Természetbúvár* 54/6, p. 39.

- KORDOS L. 1999: "Gabi", az újabb Rudapithecus-koponya. – *História* 20/7, 2–9.
- KORDOS L. 1999: A rudabányai ősmajmok. – *História* 20/9–10, 43–44.
- KORDOS L. 1999: Átalakuló emlősfaunánk. – *Természet* 1999/11–12, 5–7.
- KORDOS L. 1999: Beszélő csontok. – *Természet* 1999/9–10, 11–13.
- KORDOS L. 1999: Sárkánygyíkok. – Szalay Könyvkiadó, Kisújszállás, 64 p.
- KORDOS L. 1999: Ősünk legteljesebb koponyája. – *Élet és Tudomány* 44, 1390–1394.
- KORDOS L. & VERES I. 1999: Ősvilágunk képekben. – Szalay Könyvkiadó, Kisújszállás, 63 p.
- LORBERER Á. 1998: A büki termálkarsztvíz eredete és utánpótlódása. – *Vasi Szemle* 52/2, 224–243., 255.
- LORBERER Á. 1998: Felszíni és felszín alatti vizek. – In: CSEMEZ A. et al. (szerk.): Mesél Óbuda földje. 1. 2. fejezet, 25–42.
- LORBERER Á. 1998: Földtani felépítés és geológiai nevezetességek. – In: CSEMEZ A. et al. (szerk.): Mesél Óbuda földje. 1. 3. fejezet, 43–64.
- SÁSDI L. 1999: Barlangvárosok Kappadókiában. – *Természet* 14–15.
- SÁSDI L. 1999: Esztramos. – *Természet* 12–13.
- SÜMEGI P. 1999: Csigák és kagylók a régészeti kutatásokban. 1. – *Természet Világa* 130/10, 454–457.
- SÜMEGI P. 1999: Csigák és kagylók a régészeti kutatásokban. 2. – *Természet Világa* 130/11, 454–457.
- SZÓNOKY M. 1998: Hogyan segíti a geológia a régészek munkáját? – *Természet Világa* 129/4, 188–190.
- VITÁLIS Gy. 1999: Geológiai kirándulás Magyarországon. – *A Berzsényi Dániel Evangélikus Gimnázium (Liceum) Évkönyve az 1998/99. tanévről az iskola fennállásának 442. évében*, Sopron, 1999, 224–225.
- VITÁLISNÉ ZILAHY L. 1998: Monor földtudományi megismerése. – In: VITÁLISNÉ ZILAHY L. & DOBOS Gy (szerk.): Monori Krónika 1398–1998. Kalangya Kkt. – Monor Helytörténeti Kör kiadása 23–28.



## Útmutató a Földtani Közlöny szerzői számára

A Földtani Közlöny — a Magyarhoni Földtani Társulat hivatalos szakfolyóirata — csak eredeti, új tudományos eredményeket tartalmazó (magyar, ill. idegen nyelven még meg nem jelent) közleményeket fogad el.

Elődleges cél a hazai földdel foglalkozó, vagy ahhoz kapcsolódó tárgyú cikkek megjelentetése. A kézirat lehet: értekezés, rövid közlemény, vitairat, fórum, szemle, rövid hír, könyvismertetés stb. Vitairat a vitatott cikk megjelenésétől számított hat hónapon belül küldhető be. Ez esetben a vitatott cikk szerzője lehetőséget kap arra, hogy válasza a vitázó cikkel együtt jelenjék meg. Az értekezések maximális összesített terjedelme 25 nyomdai oldal (szöveg, ábra, táblázat, fénykép, tábla). Ezt meghaladó értekezés csak abban az esetben közölhető, ha a szerző a töbletoldal költségének 130%-os térítésére kötelezettséget vállal. A tömör fogalmazás és az állításokat alátámasztó adatszolgáltatás alapkövetelmény. A folyóirat nyelve magyar és angol. A közlésre szánt cikk bármelyik nyelven benyújtható, minden esetben magyar és angol nyelvű összefoglalással. Az angol változat vagy összefoglalás elkészítése a szerző feladata. Más idegen nyelven történő megjelentetéséhez a Szerkesztőbizottság hozzájárulása szükséges.

A **kéziratot** (szöveg, ábra, táblázat, fénykép, tábla) **digitális formában** — lemezen vagy hálózaton keresztül — **kell benyújtani**, emellett a **technikai szerkesztőhöz 3 nyomtatott példányt is meg kell küldeni**. Ha a szerző nem tudja biztosítani a digitális formát a kézirat elfogadásáról a Szerkesztőbizottság javaslata alapján a Társulat Elnöksége dönt, tekintettel annak költségvonzatára. Jelenleg IBM-kompatibilis személyi számítógépen bármely szövegszerkesztőből ASCII kódban (DOS Text Only) kimentett változat nyújtható be, de elsősorban a Word változatok használata javasolt (.rtf formátumban).

A Szerkesztőbizottság három lektort jelöl ki. A felkért lektoroknak 3 hét áll rendelkezésre a lektorálásra. A harmadik lektor egy pozitív és egy negatív vélemény, ill. valamelyik lektor visszautasító válasza esetén kapja meg a kéziratot. A szerzőtől a Szerkesztőbizottság lektorálás után 1 hónapon belül várja a javított változatot. Amennyiben a lektor kéri, átdolgozás után újra megtekintheti a cikket, s ha kívánja, pár sorban közzéteheti szakmai észrevételeit a cikkel kapcsolatban. Abban az esetben, ha a szerzői javítás után megkapott cikkel kapcsolatban a lektor 3 héten belül nem nyilvánít véleményt, úgy tekintjük, hogy a cikket abban a formájában elfogadta. **Mindazonáltal a Szerkesztőbizottság fenn-tartja magának a jogot, hogy kisebb változtatás esetén 2 hónapon, nagy átdolgozás esetén 6 hónapon túl beérkező cikkek megjelentetését visszautasítsa.**

A kézirat részei (kötelező, javasolt):

a, Cím

g, A téma kifejtése — megfelelő alcím alatt

h, Diszkusszió

b, Szerző(k), postacím (E-mail cím)

i, Eredmények, következtetések

c, Összefoglalás (angol abstract)

j, Köszönetnyilvánítás

d, Bevezetés, előzmények

k, Hivatkozott irodalom

e, Módszerek

l, Ábra-, táblázat- és fényképmagyarázatok

f, Adatbázis, adatkezelés

m, Ábrák, táblázatok és fényképtáblák

A Közlöny nem alkalmaz az alcímek esetében sem decimális, sem abc-s megjelölést. Az alcímek nem lehetnek három fokozatnál nagyobbak. Lábjegyzetek használata kerülendő, amennyiben mégis elkerülhetetlen, a szöveg végén sorszámozva ún. végjegyzetként jelenik meg.

A cikk szövegében hivatkozások az alábbiak szerint történjenek:

RADÓCZ (1974), ill. (RADÓCZ 1974)

GALÁCZ & VÖRÖS (1972), ill. (GALÁCZ & VÖRÖS 1972)

KUBOVICS et al. (1987), ill. (KUBOVICS et al. 1987)

(GALÁCZ & VÖRÖS 1972; RADÓCZ 1974, 1982; KUBOVICS et al. 1987)

(RADÓCZ 1974, p. 15.)

Az illusztrációs anyagot (ábra, táblázat, fénykép, tábla) a tükörméretbe (130×196) álló, vagy fekvő helyzetben beilleszthető méretben kell elkészíteni. Az illusztrációs anyagon a vonalvastagság ne legyen 0,3 pontnál kisebb, a betűméret ne legyen 6 pontnál kisebb. A digitális ábrákat, táblákat cdr, .tif, .eps, .wmf kiterjesztésekkel, illetve a tördelő programba történő beilleszthetőség miatt az Excel táblázatokat word táblázatokká konvertált formában, az Excel ábrákat CorelDraw formátumban tudjuk elfogadni.

A Földtani Közlöny feltünteteti a cikk beérkezési és elfogadási idejét is. A késedelmes szerzői javítás esetén a második (utolsó) beérkezési is feltüntetésre kerül.

Az előírásoknak meg nem felelő kéziratokat a **technikai szerkesztő a szerzőnek, több szerző esetén az első szerzőnek visszaküldi**.

A kéziratokat a következő címre kérjük beküldeni: Piros Olga 1443 Budapest, Pf. 106.

# Földtani Közlöny

Vol. 130. 2. 2000

## Tartalom – Contents

Császár Géza: Főtitkári jelentés a Magyarhoni Földtani Társulat 1999. évi tevékenységéről . . .	177
Bevezető szavak „A ma geológiája a holnapért” című konferencián elhangzott előadások elé .	193
László Kovács – Gábor Hámos – József Csicsák: Actual state of the site characterisation programme of the Boda Siltstone Formation – A Bodai Aleurolit Formáció telephely-jellemzési programjának jelenlegi állapota . . . . .	197
Wernert Brewitz – Ulrich Noseck: The long-term safety of underground waste repositories – A key issue for research and development – Felszínalatti hulladék tárolók hosszútávú biztonsága – kutatás és fejlesztés . . . . .	207
Mieke De Craen – Dominique Delleuze – Geert Volckaert – Alain Sneyers – Martin Put: U-Th series disequilibrium studies on Boom Clay – A natural analogue of radionuclide migration in argillaceous sediments – A nemegyensúlyi U-Th sorozat tanulmányozása a Boomi Agyagban – a radioaktív elemvándorlás természetes analógiája agyagos üledékekben . . . . .	219
Ion Durdu – Cristian Mărunteanu: Romanian LILW disposal – site selection, characterization and investigation programme – Kis- és közepes radioaktivitású hulladéklerakó Romániában – telephely kiválasztási, jellemzési és kutatási program . . . . .	229
Philippe Lalieux: International co-operation regarding site characterisation and site evaluation for geological repository systems for long-life radioactive waste – Hosszú élettartamú radioaktív hulladékok földtani tárolórendszerének telephely-jellemzésére és értékelésére vonatkozó nemzetközi együttműködés . . . . .	239
Roma Kanopiene – Vytautas Marcinkevičius: Possibilities for developing deep radioactive waste repository in Lithuania – Mélységi radioaktív hulladék tároló telepítésének lehetőségei Litvániában . . . . .	251
Duke U. Ophori: Simulating large scale groundwater flow for waste disposal purposes – Nagyléptékű talajvíz áramlás modellezése hulladék elhelyezési célból . . . . .	263
Grant Sheng – József Tóth: Using the Recharge Area Concept as a strategy for siting underground nuclear waste repositories – Az utánpótlódási terület koncepció (Recharge Area Concept) stratégiai alkalmazása felszín alatti radioaktív hulladék tároló kutatásában . . .	275
Bárdossy György – Fodor János – Molnár Péter – Tunligi Gyula: A bizonytalanság értékelése a földtudományokban – The role and handling of uncertainty in the Earth's sciences . . .	291
Hírek, ismertetések – News and reviews . . . . .	323
A magyar földtani irodalom repertóriuma 1999 Összeállította: Piros Olga – Bibliography of geological publications in Hungary 1999. Compiled by Olga Piros . . . . .	337