

# **SZEMELVÉNYEK A MISKOLCI EGYETEM HIDROGEOLOGIAI- MÉRNÖKGEOLÓGIAI TANSZÉKE FELSZÍN ALATTI VIZEKKEL KAPCSOLATOS MUNKÁI KÖZÜL**

**Faur Krisztina<sup>1</sup> – Kovács Balázs<sup>1</sup> – Lénárt László<sup>1</sup> – Madarász Tamás<sup>1</sup> – Szűcs Péter<sup>1</sup>**

A Miskolci Egyetem Hidrogeológiai - Mérnökgeológiai Tanszéke 1987-ben alakult meg a Földtan –Teleptan Tanszék korábbi oktatóiból. Létrejötté után a tanszék a főbb kutatási területei, a mérnökgeológia különböző területei mellett a vízbányászat, a vízbeszerzés, a vízkészletgazdálkodás, a vízháztartási vizsgálatok, a bányavízvédelem, a karszthidrogeológia, a kútépítés és a védőidomkijelölés voltak. E tématerületek művelésében nagy szerepet játszottak a különböző bánya- és iparvállalatok, melyek jelentős kutatási megbízásokkal látták el a tanszéket. A kilencvenes évek közepe után azonban, elsősorban a megváltozott igényeknek megfelelően, részben új kutatási területekre tevődött át a hangsúly. Új és ösztönző elemként említhető meg a megváltozott kutatási finanszírozás is, melynek jelentős részét képezik az EU és a NATO által finanszírozott nemzetközi léptékű kutatási projektek. A megváltozott követelményeknek és a kihívásoknak megfelelően a tradicionális kutatási vonalak mellett a tanszék jelenleg a környezetvédelem, a vízminőségvédelem, a vízbázisvédelem, a hidrodinamikai és transzportmodellezés, a szennyezett területek állapotértékelése és kármentesítése, a kockázatelemzés, a hulladékelhelyezés, illetve a hulladéklerakók létesítése területén ér el jelentős hazai és nemzetközi eredményeket. A tanszéken oktató és kutató munkatársak mellett külön említést érdemelnek a doktorandusz hallgatók, akik az oktatás és a kutatás területén is jelentősen kiveszik a részüket a feladatokból. Jelen összeállításban szereplő hidrogeológiai kutatási szemelvények is reprezentálják azt a sokszínűséget, amely napjainkban a Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszék kutatási tevékenységére jellemző.

## **A bükki karsztvízszint észlelő rendszer**

A bükki karsztvízszint-észlelő rendszert a Miskolci Egyetem 1992-ben indította be az ÉVIZIG kezdeményezésére, 4 vízmű megbízása alapján, egy magánszemély támogatásával.

---

<sup>1</sup> Miskolci Egyetem, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszék

Máig összesen 33 helyen történt hosszabb-rövidebb ideig mérés. Pillanatnyilag 25 helyen történik adatrögzítés 30 percenként (forrásokban, termelő kutakban), vagy óránként (megfigyelő kutakban) DATAQUA mérőműszerekkel. ([1. ábra](#)) A rendszerből 3 kút az országos karsztvízszint-észlelő hálózat része. Az anyagilag vagy adatokkal támogató megbízók száma 6, a recski kialakított mérőrendszerrel a kapcsolat pillanatnyilag nem tisztázott.

A bükki karsztvízszint-észlelő rendszerben történt mérések eredményei:

- átlagosan 7 évi folyamatos mérési adatsor, ennek egy része a VITUKI által kiadott Vízrajzi Évkönyvben folyamatosan publikálásra kerül,
- a tetőhelyzetben lévő Nv-17 (= Nv-8) megfigyelőfúrásból 1992 októbere óta gyakorlatilag folyamatos karsztvízszint-adatsor, ebből folyamatos karsztvízkészlet meghatározás történik a Bükk egészére,
- a 2002.04.13-12.22 közötti összefüggő, eddig észlelt, a csapadéktól igen kis mértékben befolyásolt legnagyobb vízszintcsökkenés kimérése, mely alapján a karsztvízszint csökkenését 30-60 napra prognosztizálni lehet,
- a hatékony csapadékcsoportok (az egymás utáni napokon eső formájában hulló csapadékok, ha az összegük az 50 mm-t eléri) karsztvízszint-emelő hatásának megállapítása, a várható karsztvízszint magasságának prognosztizálása 15-30 napra.

### **A Bükk barlangjainak csoportosítása a vízminőség veszélyeztetése szerint**

1998 februárjában barlangkutatók a Balla-völgyi (Békás)-víznyelőben műanyag zsákokban állati tetemekre bukkantak. Az ÉRV Rt 1998 március végén azt kérdezte, hogy a víznyelőben elhelyezett tetemektől a kácsi és sályi vízműforrások vize szennyeződhetett-e?

Megállapítottuk, hogy a jelzett barlang a védőidom határain kívül található. De ha egy barlangban lehet olyan szennyező-forrásokat találni, amilyeneket most felfedeztek, akkor nagy a valószínűsége annak, hogy más barlangokban is előfordulhat hasonló. Javasoltuk egy olyan vizsgálat elvégzését, mely meghatározná azon barlangok körét, amelyekből szennyezés kerülhet a források vizébe, ill. meghatározná a barlangokkal kapcsolatos vízvédelmi teendőket.

Végül vizsgálatainkat a három nagy bükki vízmű védőidomán végeztük el. Irodalmi adatok, a Barlangtani Osztály adatlapjai, személyes tapasztalatok és terepi bejárások alapján a barlangokat két fő kategóriába soroltuk:

A vízművekben megjelenő vízre elhanyagolható veszélyt jelentő barlangok közé azokat soroltuk, melyek kicsik, mélységük jelentéktelen, a forrásoktól és a karsztvízszinttől távol vannak, agyagos jellegű feltöltésük (kitöltésük) az oda bekerülő szennyeződés áthaladását megakadályozza vagy döntő mértékben lecsökkenti.

A vízművekben megjelenő vízre el nem hanyagolható veszélyt jelentő (potenciálisan veszélyes) barlangok közé soroltuk:

1. a vízmű-forrásokban (védőterületen) lévő forrásbarlangokat,
2. a karsztvízszinten lévő, vagy azt erősen megközelítő járatokat tartalmazó barlangokat,
3. a jelentősebb aktív víznyelőbarlangokat,
4. a lakott területhez közel lévő nyitott zsombolyokat,
5. az utak közvetlen közelében lévő barlangokat,
6. a nagyon látogatott barlangokat, valamint
7. az eldugott helyen lévő mély zsombolyokat és aknákat.

*A potenciálisan veszélyes barlangokat terepi vizsgálatuk után három kategóriába soroltuk:*

1. komolyabb műszaki beavatkozás és/vagy évenkénti ellenőrző vizsgálat javasolt,
2. 2-3 évenkénti ellenőrző vizsgálat javasolt, valamint
3. 4-5 évenkénti ellenőrző vizsgálat javasolt.

*A barlangok ellenőrzése során a következőket végeztük el:*

1. bejártuk a vízműforrásokra leginkább veszélyes barlangokat,
2. a barlangban talált hulladékot (ha az akkora mennyiségű volt, amit az ellenőrök ki tudtak hozni) kihoztuk, azt hivatalos hulladéklerakó helyre szállítottuk,
3. a vizsgálat eredményéről egységes adatlap sorozatot készítettünk,

4. jeleztük a szükséges teendőket, ill. a beavatkozás sürgősségét, ha a vizsgált barlangban a hulladék olyan mennyiségű volt, amit az ellenőrök nem tudtak hozni.

### **Hidrodinamikai modellezéssel kapcsolatos kutatási feladatok**

A tanszéken folyamatosan folynak számítógépes térmodellezési feladatok. A feladatok egy része nagyobb térségek vízháztartásának vizsgálatára irányult, pl. a Medves, a Szamos vízgyűjtőjének vagy a Gyöngyösi-félmedencének a vizsgálata, ahol a gyöngyösvisontai lignit-külfejtés víztelenítésének a környező vízművekre gyakorolt hatását vizsgáltuk. Az elmúlt öt évben a sérülékeny földtani környezetben üzemelő ivóvízbázisok diagnosztikai programjában oktatóink alvállalkozóként vettek részt. Közreműködésünkkel készült el mintegy harminc vízmű előzetes és részletes hidrogeológiai védőidoma és további több, mint tíz vízbázis vizsgálata folyik jelenleg is. Ezen munkák során a hatályos jogi szabályozásnak megfelelően alkalmazunk számítógépes szimulációs modelleket, elsősorban a pleisztocén és pannóniai üledékes összletek vizsgálata során (Tokaji Vízmű, TÁTI VISCOSA Vízbázis, Gyöngyös-Atkári Vízmű, Eger É-i és D-i Vízmű, Elek Városi Vízmű, Izsáki Vízmű, stb.), de a törvényi előírások miatt karsztos környezetre is (Bogácsi Strandfürdő, Nagyharsány-Kistapolca Vízmű, stb.). Speciális feladatot jelent Medves térségben, a bazalt hasadékvízirtó összleteiből fakadó forrásokra telepített vízművek vizsgálata (Somoskő, Magyarbánya-forrás, Salgóbánya, István-tárói forrás). Kapcsolódva a gyakorlati problémák vizsgálatához foglalkoztunk a jogszabály által előírt biztonsági tényező alkalmazásának korlátaival, az általa okozott hibák elemzésével.

### **Transzportmodellezéssel kapcsolatos kutatási feladatok**

Tanszékünk a hidrodinamikai modellezés mellett foglalkozott a talajvizek szerves és szerves szennyezéseinek szimulációjával, a szennyezett területek kárelhárítására tervezett létesítmények hatékonyságának vizsgálatával, a szennyeződések talajvízre gyakorolt hatásának értékelésével (Kazincbarcika, Tiszaújváros, stb.). E munkák elvégzéséhez elkészítettük a vizsgált területek földtani-vízföldtani viszonyainak értékelését, hidrodinamikai modelljét és a különböző mentesítési variánsok szimulációját.

Részt vettünk az Országos Kármentesítési Programban a hidrodinamikai modellekhez kapcsolt transzportmodellezési feladatok elvégzésével. Ezek közül jelentősebb az ELFÉM

kállósemjéni, a Mechanikai Művek törökbálinti, az Electro-Corr pécsi és a Csepel Autógyár szigetszentmiklósi telephelyeinek vizsgálata.

Transzportmodelleket használtunk új bánya nyitásának hatására történő szennyezett talajvíztest kimozdulásának szimulációjára, hátrahagyott szennyezések hatóterületeinek vizsgálatára is. A transzportmodellek alkalmazásának speciális lehetőségét jelenti hulladéklerakók aljzatszigetelésének, illetve általánosságban a szigetelő gátak egyenértékűségi vizsgálata.

### **Inverziós módszerek bevezetése és alkalmazása a hidrogeológiában**

A hidrogeológia legkülönbözőbb területein egyre inkább előtérbe kerülnek a különböző inverziós eljárások. A hidrogeológiai inverz probléma megoldása során általában a különböző mérési adatok és a (rendszerint közelítő) válaszgyenletek ismeretében a hidrogeológiai modell paramétereit (petrofizikai, vízföldtani és geometriai jellemzőit) határozzuk meg. Az inverzió matematikai megfogalmazása a mért és a modell-paramétereiből számított adatok hibavektor normájának a minimalizálásán alapul. Jelenleg a gyakorlatban elsősorban olyan grafikus és gradiens módszereken alapuló eljárások terjedtek el, melyek legtöbbször nem képesek az inverziós feladat globális optimumhelyének a meghatározására. A tanszéken folyó kutatás keretében olyan globális optimalizáción alapuló inverziós algoritmusok kerültek kifejlesztésre a kúthidraulika, a geohidrologia és a hidrodinamikai modellezés területén, melyek lehetővé teszik mérési anyagaink minőségellenőrzött értékelését ([4. ábra](#)). A globális optimalizációs módszerek közül elsősorban a mérnöki alkalmazásokban leginkább elterjedt Simulated Annealing (SA) alkalmazása és hidrogeológiai adaptálása jött szóba. A normarendszer megválasztásában pedig a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karán kidolgozott, mind robusztusnak és rezisztensnek tekinthető leggyakoribb értékek elvén alapuló geostatistikai módszer tűnt a legmegfelelőbbnek.

Ehhez a kutatási területhez kapcsolódik a felszín alatti vízáramlási rendszerek vizsgálata inverziós módszerekkel és hidrodinamikai modellezéssel is. E résztema keretében regionális és lokális léptékű, újszerű hidrodinamikai vizsgálatokat végzünk az Alföld különböző területeire. A hidraulikus emelkedési magasság 3 különböző típusú térképezése során az ún. diagnosztikus potenciáltér-anomáliák segítségével a felszín alatti vízáramrendszerek tulajdonságait határozhatjuk meg. A korábbi nagynevű hazai kutatók eredményei és a jelenleg

is végzett hidrodinamikai vizsgálatok arra hívták a figyelmet, hogy a Pannon-medencében egy felső gravitációs és egy alsó túlnyomásos vízárantér található. E komplex hidrogeológiai rendszer jobb megismerése azonban csak nagyobb felbontású, lokális területekre is kiterjedő vizsgálatok alapján lehetséges. Az Alföld hidrogeológiai viszonyainak komplex megismerése céljából 2000-től egy Tóth József által vezetett széleskörű tudományos projektben veszünk részt, számos hazai szakemberrel együtt.

### **SQUASH NATO Tudomány a Békéért Kutatási program,**

#### **A Szamos-folyó határon átnyúló alluviális összletének komplex hidrogeológiai vizsgálata**

Tanszékünk a belga Hydrogeology Group of the University of Liege és a román Faculty of Hydraulic Techniques, Technical University of Bucharest kutatóhelyekkel együttműködve egy hároméves tudományos program megvalósításában vesz részt 2001 januárja óta. A program keretében a Szamos-folyó alluviális eredetű vízbázisával foglalkozunk. A Szamos-folyó alluviális üledékösszlete a magyar-román határ mindkét oldalán helyezkedik el. Ez a víztároló mintegy 395 000 romániai és 50 000 magyar lakos számára biztosítja a mindennapos vízellátást. Az alsó-pleisztocén víztározó összlet sekély elhelyezkedése miatt sérülékeny. A határ mindkét oldalán folyó mezőgazdasági és ipari tevékenység, valamint a települések jelentős szennyezési veszélyt jelentenek az ivóvízbázisok részére. A víztároló összlet elszennyeződésének elkerülése, és az ivóvízbázisok hosszú távú fenntarthatóság miatt a határ két oldalán élő szakemberek, politikusok és hatóságok szorosabb együttműködésére lesz szükség a jövőben. Ennek kialakításában nagy szerepet játszhatnak a jelen projekt szakmai és szakmapolitikai eredményei.

A projekt főbb céljai:

- a határ két oldalán elhelyezkedő régió felszín alatti vízbázisának hosszú távú mennyiségi és minőségi fenntarthatóságának biztosításához való hozzájárulás,
- a résztvevő partnerek szoros együttműködése révén nemzetközi színvonalú tudományos eredmények elérése,
- az eredmények járuljanak hozzá, hogy tovább erősödjék a politikai együttműködés Magyarország és Románia között a felszín alatti vizek tekintetében is,

- a projekt keretében valósuljon meg egy hosszú távú kétoldalú monitoring program kidolgozása,
- a tevékenységek felszín alatti vízbázis mennyiségét és minőségét befolyásoló hatásának ismeretében a hosszú távú védekezés főbb irányvonalai megadásának elősegítése.

Az alábbi feladat és ütemterv szerint haladunk.

- A általános adatgyűjtés és közös GIS alapú adatbázis építés és fejlesztés.
- Új és kiegészítő terepi mérések elvégzése a vizsgált területen.
- Regionális léptékű hidrodinamikai modellezés.
- Lokális léptékű transzport modellezés kiválasztott mintaterületeken.
- A kutatási eredmények széleskörű disszeminációja.

Jelenleg a regionális léptékű hidrodinamikai modell kalibrációján dolgozunk.

### **Hulladéklerakók vízháztartási vizsgálata**

Az hulladékelhelyezéssel kapcsolatos újabb magyar jogszabályok nem teszik lehetővé a hulladékok átmeneti tárolását, így a korábban ilyen céllal létesített lerakókat fel kell számolni és a lerakott hulladékok környezetszennyező hatását meg kell szüntetni. A célok megvalósításához környezeti hatástanulmányt kell készíteni, aminek alapját képezik magára a *szennyezőanyagra, a szennyeződés terjedésére, a tároló vízháztartására* vonatkozó vizsgálatok. Ahhoz, hogy a lerakók környezeti hatásának hidrodinamikai modellezését elvégezhessük, ismernünk kell az adott meteorológiai viszonyok, és lerakó kialakítás mellett az altalajba lejutó csurgalékvíz mennyiségét, azaz el kell végeznünk a lerakók *vízháztartási vizsgálatát*. A *Visual HELP* modell a számításokhoz alapadatként meteorológiai adatokat (csapadék, napsugárzás, hőmérséklet), tervezési adatokat (szigetelők, szivárgó- és lefolyó vízgyűjtő rendszerek, a felszín lejtése) és talajjellemzőket (hézagtérfogat, szántóföldi kapacitás, hervadáspon, szivárgási tényező, kezdeti víztartalom) használ.

A példaként bemutatott vízháztartási vizsgálat elsődleges célja az volt, hogy megállapítsuk egy átmeneti lerakóban tárolt hulladékon keresztül szivároghat-e annyi csurgalékvíz, ami már veszélyt jelenthetne a környezetre.

A vizsgálatokat több különböző alesetre bontva végeztük el, figyelembe véve a hulladék felső lezárásának rétegfelépítését, az egyes rétegek lejtését, a talajrétegek, valamint a geomembrán minőségét. A vízháztartási vizsgálat elvégzése után a rendelkezésre álló eredmények közül a mértékadó esetre a következő jellemzőértékeket választottuk ki:

Csapadék [ $\text{m}^3/\text{év}$ ];

Evapotranspiráció [ $\text{m}^3/\text{év}$ ];

Felszíni lefolyás [ $\text{m}^3/\text{év}$ ];

A 2. szivárgó réteg által elvezetett vízmennyiség [ $\text{m}^3/\text{év}$ ];

A 4. rétegen (a hulladékréteg feletti, 50 cm vastag tömörített agyagrétegen) átszivárgó vízmennyiség [ $\text{m}^3/\text{év}$ ];

A 6. rétegen (a hulladékréteg alatti, 30 cm vastag agyagrétegen) átszivárgó vízmennyiség [ $\text{m}^3/\text{év}$ ];

A 9. rétegen (30 cm vastag, közepes agyagrétegen) átszivárgó vízmennyiség [ $\text{m}^3/\text{év}$ ];

A 10. rétegen (5 m vastag tömör iszapos homokliszt rétegen) átszivárgó vízmennyiség [ $\text{m}^3/\text{év}$ ].

A kapott eredmények mutatják, hogy a 4. rétegen átszivárgó, azaz a hulladékrétegbe beszivárgó évi átlag  $200 \text{ m}^3$  vízmennyiség a számítások szerint 25 év múltán eléri a 30 cm vastag agyagszigetelés, azaz a 6. réteg alját is.

### **Szennyezett területek kockázat alapú értékelése**

A talaj- és talajvíz-szennyezésekkel kapcsolatos kutatások, feladatok terén a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszékének sok évre visszanyúló tapasztalata van. Az elmúlt évtizedek ipari, mezőgazdasági és katonai tevékenységéhez kapcsolható környezeti „örökségünk” még hosszú évekig feladatot ad a tulajdonosoknak, üzemeltetőknek és az államnak. A szóban forgó szennyezések gyakran nagy kiterjedésű, magas koncentrációjú



jelentős ártalmak, amik szakmailag, műszakilag nagy feladatok, de a megfelelő finanszírozás hiányában esetenként érintetlenül maradnak.

A hazánkban beindult Nemzeti Kármentesítési Program prioritásainak felállításakor már a kockázat-alapú megközelítés szerepet kapott. Később a jogi szabályozás változása még inkább felgyorsította a kockázat-alapú kármentesítés elterjedését. A kockázatbecslés eljárásával - jogszabályban rögzített esetekben – meghatározhatjuk a kármentesítő beavatkozás célját, mértékét és módszerét szem előtt tartva a környezet hosszú távú védelmét. A kockázatelemzés alkalmazása szennyezett területek visszanyerésére sok szakterületet érintő, összetett feladat. Ilyen team összeállítására tett kísérletet a tanszékünk egy nemzetközi kockázatelemző hálózat tagjaként.

A tanszékünk kutatói részt vettek több ipari és katonai kármentesítési projekt kockázatalapú értékelésében, vagy célérték meghatározásában. Az eljárás során a szakmai kihívások mellett a szakmai egyenesség és lelkiismeretesség különös hangsúlyt kap, amikor a hagyományos határérték-rendszerek használatát, vagyis egy nagyobb mozgásteret engedő eljárást alkalmazunk. Az eljárás egyik előnye, hogy eltérő összetételű szennyezőket, eltérő expozíciós sémákat hasonlíthatunk össze, és rangsorolhatunk azok veszélyeztető potenciálja alapján. A kockázat-alapú megközelítés lehetőséget ad a gyakran korlátozott anyagi források optimális felhasználására úgy, hogy azzal a leginkább sürgető (leginkább kockázatos) problémát orvosoljuk, vagy a legnagyobb kockázatcsökkentést érjük el.

### **Az „Iron Curtain” kutatási projekt (2001-2004)**

A projekt célja egy egységes erőforrás-elemző, -értelmező és -kezelő rendszer kialakítása, ami a fenntartható fejlődés alapelveit követi. A módszer tesztelése az egykori vasfüggöny mentén kijelölt 6 mintaterületen történik majd úgy, hogy az ebből származó általánosított modell más, korábbi „Vasfüggöny régióban” is használható legyen. A program felhasználói regionális és uniós mezőgazdasági irányelveket kidolgozó és végrehajtó intézmények, térségfejlesztési és környezetvédelmi szakemberek lesznek

Az Európai Unió Ötödik Keretprogramja által finanszírozott kutatás az Életminőség alprogramba illeszkedik.

A konzorcium tagjai tapasztalt szakemberek a terület-, és vidékfejlesztés, földtani adatelemzés, -kezelés és -értelmezés, GIS, környezetvédelem, fenntartható mezőgazdaság és erdészet és közgazdaságtan területéről. Az mintaterületek elemzését az ott dolgozó szakemberek széleskörű bevonásával valósítjuk meg. Bővebb információ a <http://www.ironcurtainproject.com/> weblapon található.

Projekt partnereink:

- University of Leoben, Division of Oekosystem Analysis, Leoben
- Aristotle University of Thessaloniki, Department of Civil Engineering, Thessaloniki
- University of Salzburg, Department of Geography and Geoinformatics, Salzburg
- Interconsult International ASA, Oslo,
- GEO Ltd., Prága
- Geonardo Kft., Budapest,
- Friedrich-Schiller-University, Department of Geography, Jena

## Válogatott publikációink

- Czinkota, I. – Kovács, B – Lakatos, I. – Szabó, I., (1998):  
Practical application of contaminant transport models - *The equivalency of barrier-systems*,  
, *AGK Schriftenreihe 54. kötet, Universität Karlsruhe, pp. 141-162.*
- Filep Gy.-Kovács B.-Lakatos I.-Madarász T.-Szabó I. [szerk. Szabó I.], (2002):  
Szennyezett területek kármentesítése. - *Miskolci Egyetem.*
- Hakl, J.- Hunyadi, I.- Csige, I.- Géczy, G.- Lénárt, L.- Várhegyi, L., (1997):  
Radon transport phenomena studies caves-international experiences on radon levels and  
exposures - *Radiation Measurements 28. 1-6. 675-684.*
- Juhász J. [szerk], (1979, 1984):  
Műszaki földtani és vízföldtani tanulmányutak I-II.. - *Tankönyvkiadó.*
- Juhász J., (1980, 1981):  
Áramlástan és hidrogeológia. *Tankönyvkiadó.*
- Juhász J., (1980, 1986, 1990):  
Víz kutatás,-beszerzés,-gazdálkodás I-II. - *Tankönyvkiadó.*
- Juhász J., (1994):  
A karsztvízháztartás vizsgálatának számítógépes segítése. MicroCAD '94. 3 March 1994.  
B. Földtudomány, Környezetvédelem. - *Miskolci Egyetem pp. 23-36.*
- Juhász J., (1994):  
Természet és vízvédelem I. - *Miskolci Egyetem.*
- Juhász J., (1994):  
A vízgazdálkodás társadalmi-gazdasági jelentősége, különös tekintettel a vízbázisok  
védelmére. Vízükör.
- Juhász J., (2002):  
Hidrogeológia. - *Akadémiai kiadó. 1. kiadás 1976; 2. kiadás 1987.*
- Juhászné Virág M.- Lénárt L.- Madarász T.- Mikó L.-Szabó A.- Szacsuri G.-Szűcs P.- Tóth  
K. 2002:  
Tájékoztató a „Szamos-folyó határon átnyúló alluviális összletének hidrogeológiai  
vizsgálata” c. „NATO, Tudomány a Békéért” pályázat céljairól, magyar résztvevőiről és  
eddigyi eredményeiről. - *A Tisza vízgyűjtője, mint komplex vizsgálati és fejlesztési régió.*  
*Szeged.*
- Kovács, B – Szabó, I. (1995):  
The Use-of contaminant transport models in decision making in Hungary. - *Proc. of X.*  
*Danube European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, , ,  
*Mamaia, Románia, pp. 855-860.*

Kovács, B. (1996):

Investigation of the isolation of waste deposits from their environment using contaminant transport models. - *AGK Schriftenreihe 44. kötet, Universität Karlsruhe, 9-1÷20.*

Kovács B. (1999):

Hulladéklerakók aljzatszigetelésének egyenértékűségi vizsgálata. - *A MicroCAD '99 konferencia előadásai, A kötet, Miskolc.*

Kun-Szabó T. [szerk], (1999):

A környezetvédelem minőségmenedzsmentje. *Általános környezetvédelmi ismeretek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.*

Lénárt, L.- Bartha, M.- Sándor, Cs., (1997):

Hydrogeology of the Bükk Mountains. - *Hydro-petro-geology and Hungary a AELD Trip Accross the Country August 10-22., Excursion Guide, MFT, 1997, Budapest, pp. 113-128.*

Lénárt L.- Molnár J. (1999):

A felsőtárkányi Szikla-forrás és tó komplex tájrehabilitációja. - *A táj változásai a Kárpát-medencében. Nyíregyháza, 1998. 11. 4-6. Gödöllő., pp. 377-380.*

Lénárt, L.- Pápai, Z., (2000):

Investigations and measurements supporting the sustainable water resource management of the Bükk-region. CERECO 2000. - *The 3<sup>rd</sup> International Conference on Carpathian Euro-region, May, 21-24, 2000. Miskolc. pp. 208-215.*

Lénárt L.-Szabó A.-Szacsuri G., (2002):

A bükki karsztvízszint-észlelő rendszer. - *A bükki karsztvízkutatás legújabb eredményei c. konferencia. Miskolc, 2002. január. 24-26. - Karsztvízkutatás Magyarországon II. pp. 36-62.*

Lénárt L.-Takácsné Bolner K., (2002):

A Bükk barlangjainak a vízminőség veszélyeztetés szerinti csoportosítása. - *A bükki karsztvízkutatás legújabb eredményei c. konferencia. Miskolc, 2002. január. 24-26. - Karsztvízkutatás Magyarországon II. pp. 87-101.*

Madarász, T. et al., (2001):

Cold War Environmental Legacies. Brookhaven National Laboratory Environmental Threat Reduction Program, Nonproliferation and National Security Department. - *Report edited by Ludmila Shelenkova, Paul D. Muskowitz and Heather Svejcará September 2001, Upton NY, USA.*

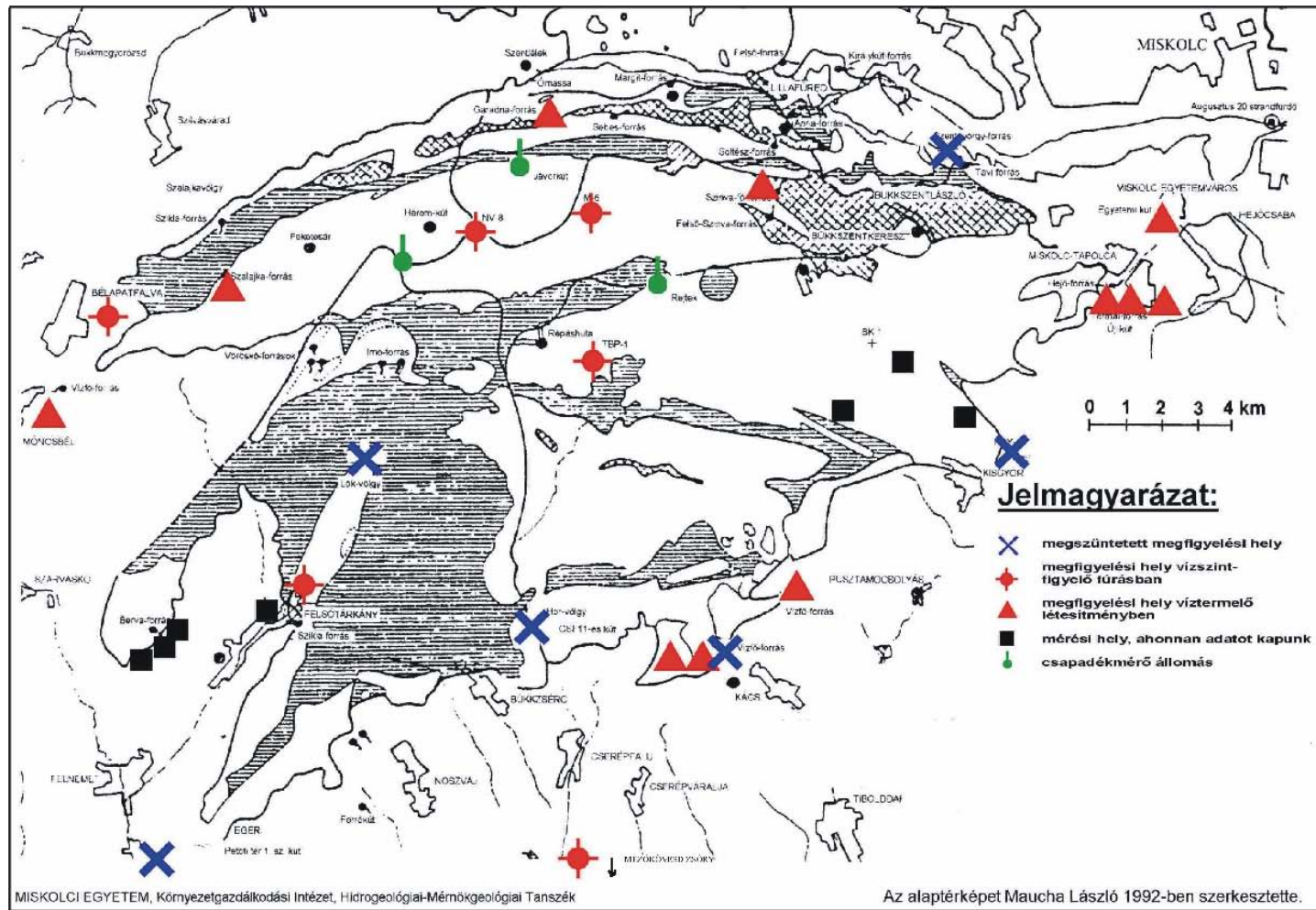
Madarász, T., (1999):

Environmental Geology-Preliminary Site Evaluation. - *Multimedia CD-ROM, Course material for distance education; Rochester Institute of Technology, Rochester NY, USA (appr. 200+ pages).*

Szabó I. - Kovács B. (1995):

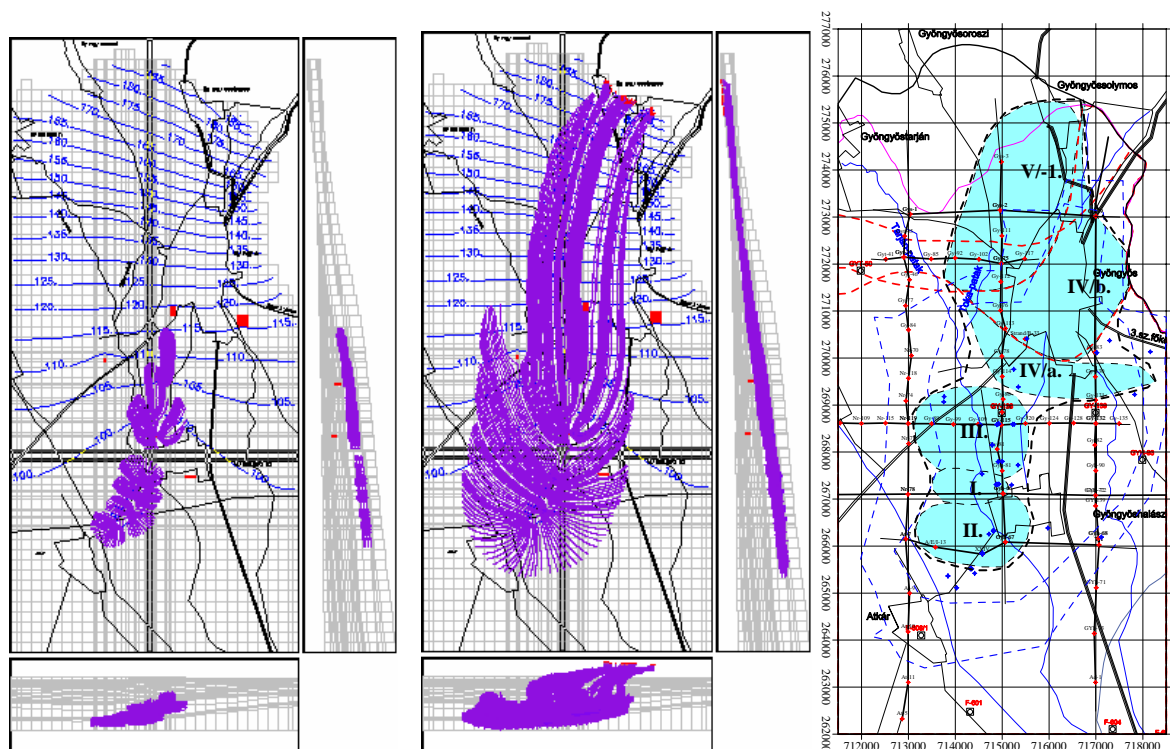
Hulladékélelvezés IV. (A szennyezőanyagok terjedése; A modellezés elmélete és gyakorlata), p. 270. - *Ipar a Környezetért Alapítvány.*

- Szabó, I. – Kovács, B – Lakatos, I. – Horváth, I., (2000):  
Efficiency and Equivalency of Barrier Systems, - In: *Lakatos I. ed.: Novelties in Enhanced Oil and Gas Recovery. Akadémiai Kiadó, Budapest pp. 255-272.*
- Szűcs, P.- Civan, F., (1996):  
Multi-layer well log interpretation using the simulated annealing method. - *Journal of Petroleum Science and Engineering, 14, pp.209-220., ELSEVIER.*
- Tóth, J.- Bódi, T.- Szűcs, P.- Civan, F., (1998):  
Practical method for analysis of immiscible displacement in laboratory core tests. - *Transport in Porous Media, 31., pp. 347-363..KLUWER Academic Publisher.*
- Tóth, J.- Bódi, T.- Szűcs, P.- Civan, F., (2002):  
Convenient formulae for determination of relative permeability from unsteady-state fluid displacements in core plugs. - *Journal of Petroleum Science and Engineering, 36 pp. 33-44., ELSEVIER.*
- Szűcs, P.- Ritter, Gy., (2000):  
Improved interpretation of pumping test results using simulated annealing optimization. ModelCARE 2002. - *Proceedings of the 4th International Conference on Calibration and Reliability in Groundwater Modeling. Prague, Czech Republic, 17-20 June 2002. ACTA UNIVERSITATIS CAROLINAE – GEOLOGICA 2002, 46 (2/3), pp. 238-241.*
- Szűcs, P., (1998):  
Optimum methods in Statistics. - *Edited by F. Steiner. Chapter 10.3 (pp. 257-275), Chapter App. III. (pp. 294-298), Chapter App. V. (pp. 303-311). Akadémia Kiadó, Budapest.*
- Tamás J. – Kovács B. – Bíró T., (2002):  
Vízkezelés-modellizés [szerk.: Tamás J.]. - *Egyetemi jegyzet, Debreceni Egyetem.*



1. ábra

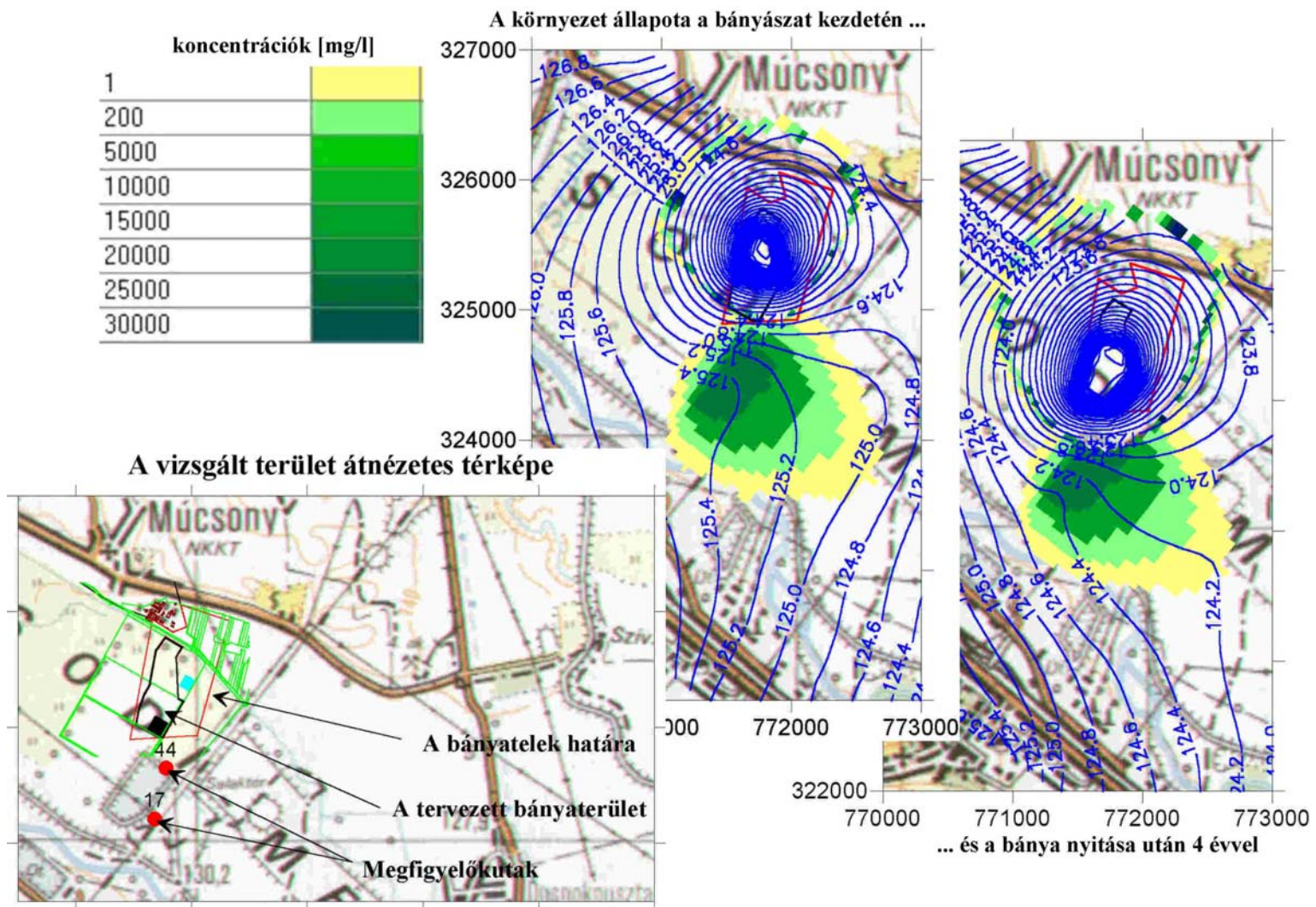
Hidrogeológiai megfigyelőhelyek a Bükk hegység területén  
(2003. márciusi állapot)-----



2. ábra

Gyöngyös-Atkari vízmű hidrogeológiai védőidomának meghatározása.  
 Az V/-1 vízadó telepbe érkező áramvonalak 5 és 50 éves elérési idő esetén ( $17\,000\text{ m}^3/\text{d}$  víztermelés mellett) és a javasolt védőidom alakja (fővállalkozó: GEOSERVICE Kft.).

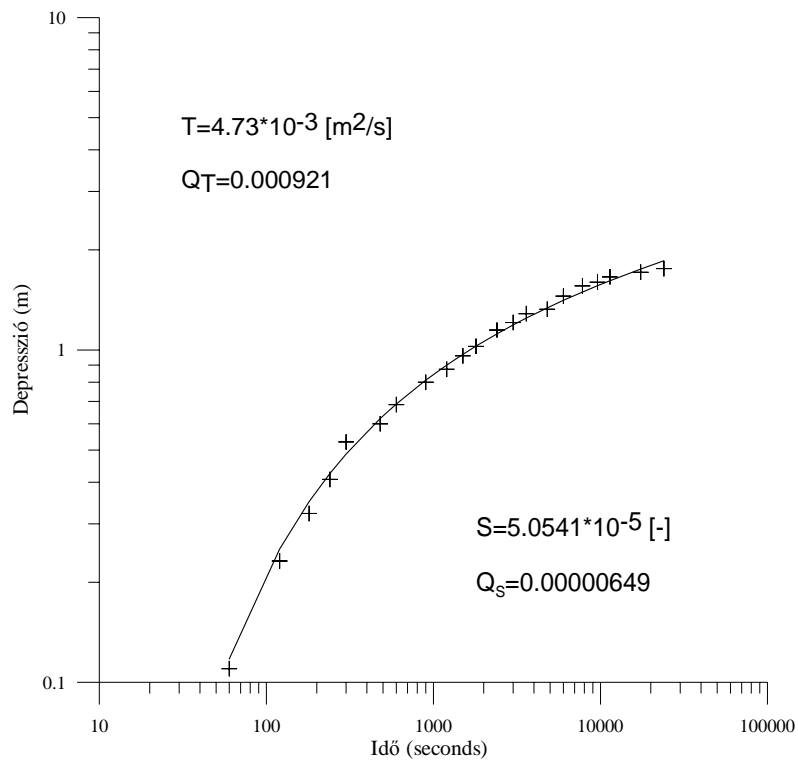




**3. ábra**

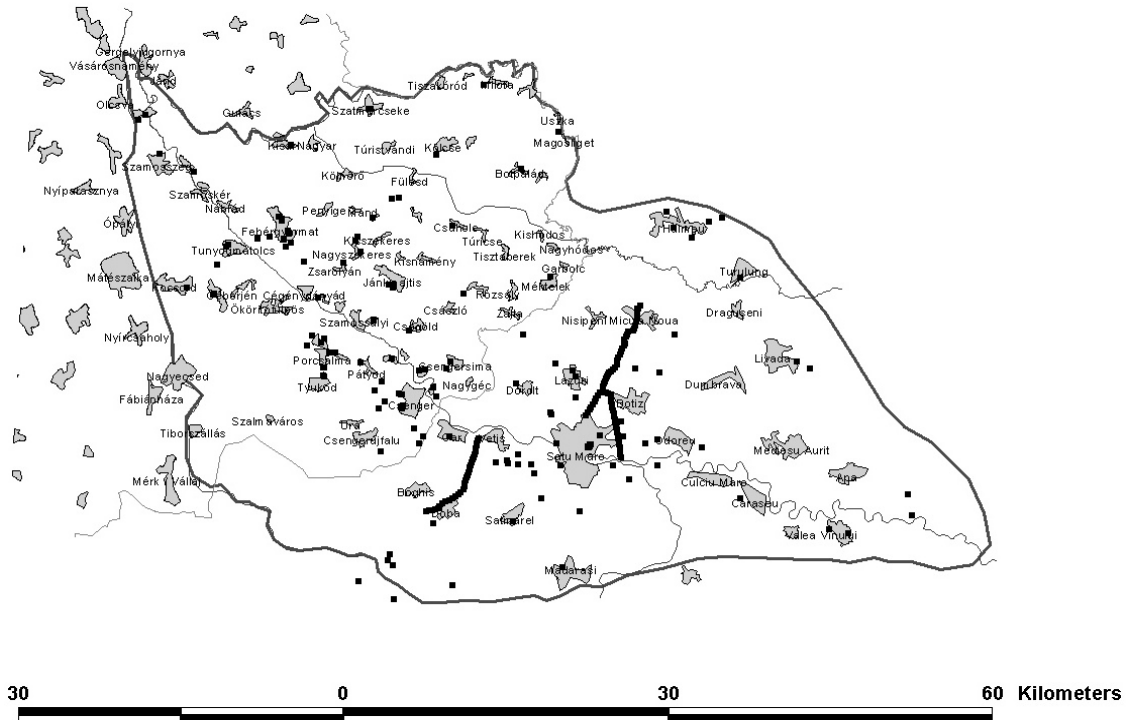
*A tervezett Múcsony-Láncreti külfejtés hatására elmozduló szennyeződésszint szimulációja*





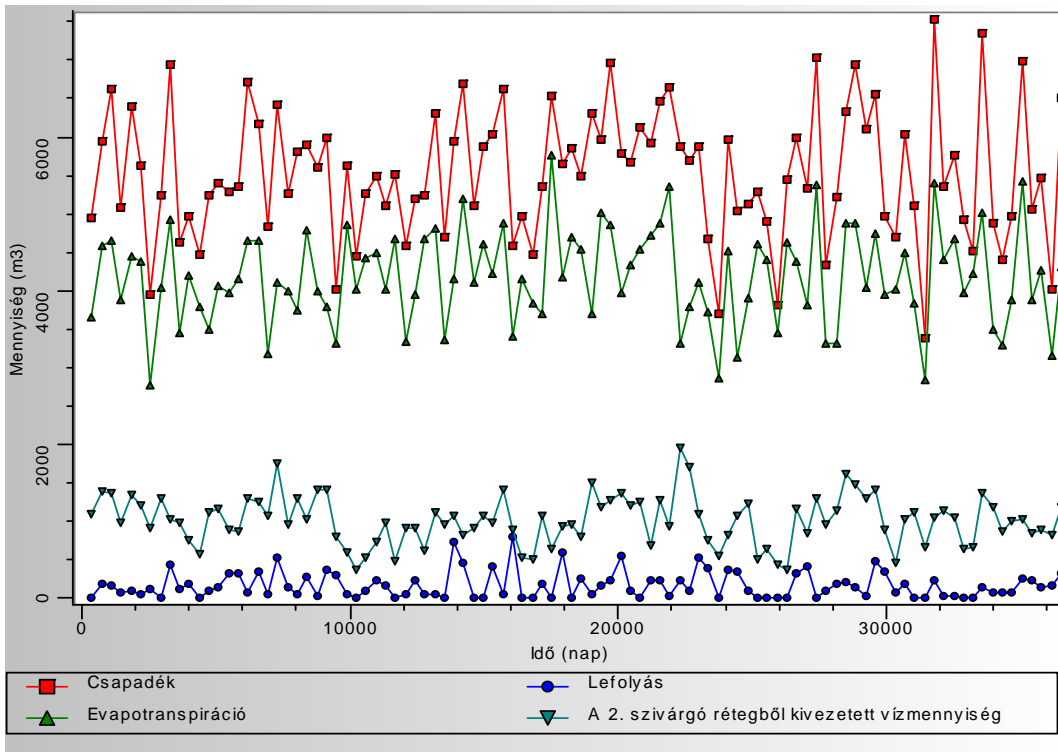
4. ábra

**Production wells**

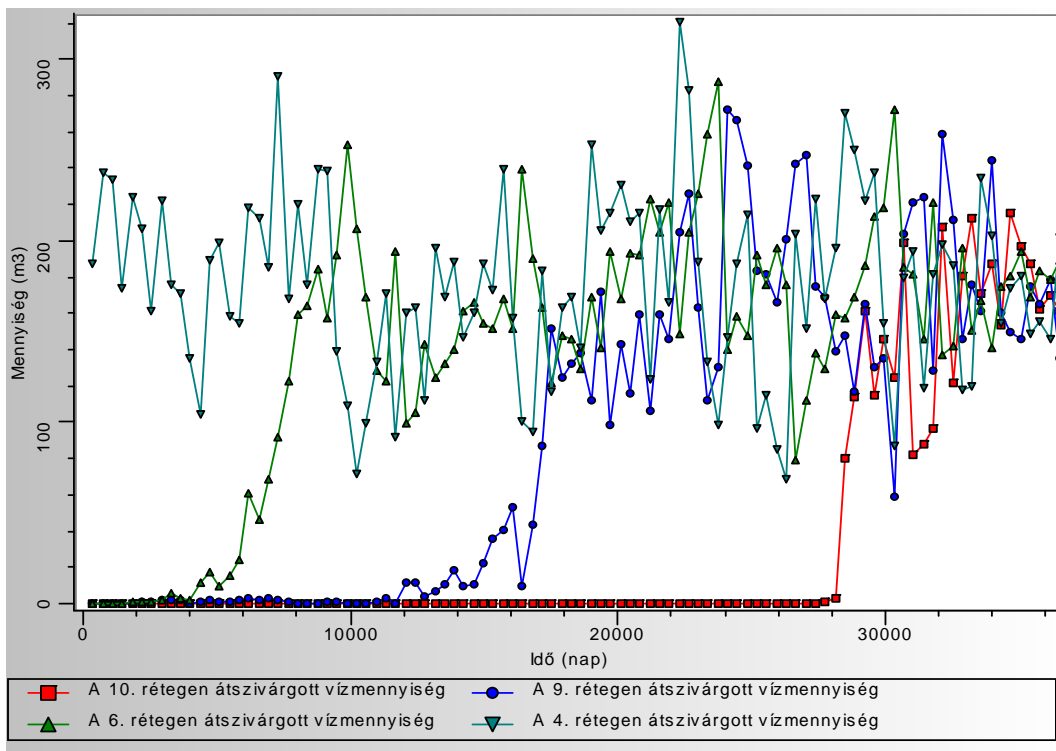


5. ábra

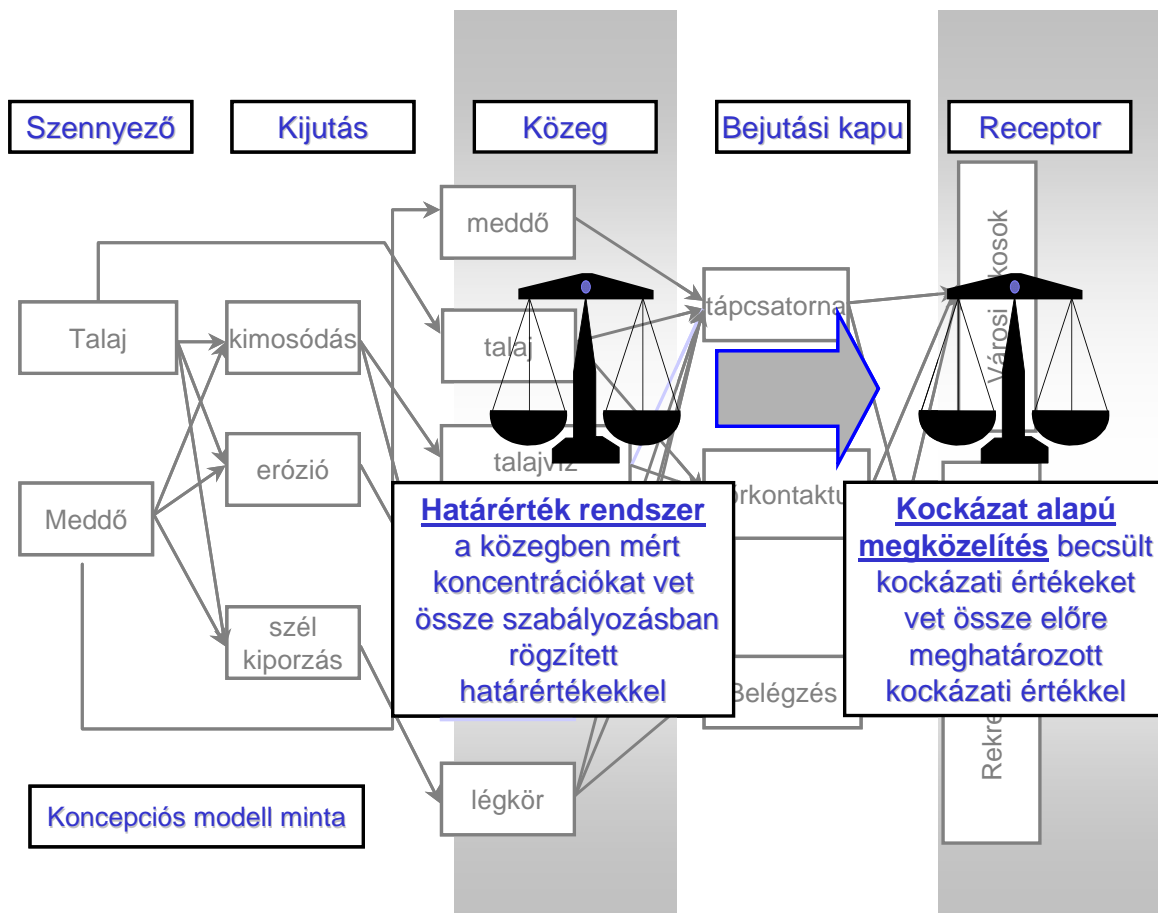
*A termelőkutak elhelyezkedése a román és a magyar oldalon*



6. ábra



7. ábra



8. ábra

*Határértékrendszer összevetése a kockázat alapú megközelítéssel*

A barlangok csoportosítása →  A vizsgálat helyei (védőidom) ↓	Barlangok száma [db]	A leírások alapján szükséges telen a további vizsgálat	Terepi felvétel alapján szükséges telen a további vizsgálat	Potenciálisan veszélyes barlang				Ténylegesen veszélyes barlang
				Védőterületen	Évente javasolt felülv.	2-3 évente javasolt felül.	4-5 évente javasolt felül.	
Kácsi-sályi	52	46	---	2	4	0	0	0
Monosbél-Bélapátfalva-Szilvásváradi	88	80	---	3	5	0	0	0
Miskolci	561	444	30	5	20	22	37	3
Eger-Almári	130	110	14	0	0	0	6	0

1. táblázat