

## PORÓZUS KÖZETEK BEN TÖRTÉNŐ BESZIVÁRGÁS MEGHATÁROZÁSA

**Kompár László**

*Ph.D. hallgató*

*Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet,*

*Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék*

*3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros*

[hgkompar@uni-miskolc.hu](mailto:hgkompar@uni-miskolc.hu)

### **Összefoglalás**

*Napjainkban a világ számos területén gondot okoz a megfelelő mennyiségű és minőségű víz biztosítása. Nyilvánvaló, hogy lakossági, mezőgazdasági és ipari felhasználás esetén más-más igényeket kell kielégíteni. Ennek érdekében, illetve a felszín alatti szivárgás pontosabb megértése céljából manapság kiemelt figyelmet kapnak a számítógépes modellezési módszerek, a labor és terepi kutatómunkák, kísérletek. Kutatásaim során egy magyarországi mintaterületre a Processing MODFLOW Pro programcsomagot alkalmazom annak érdekében, hogy trícium izotópos vizsgálatokkal kiegészítve minél pontosabb értéket adhassak a beszivárgás mértékére. Továbbá laborkísérleteket tervezek oszlopmodellek segítségével, melyeknél a speciálisan erre a célra megépített mérőberendezésekkel fogom mérni a mintatalaj különböző paramétereit.*

**Kulcsszavak:** *infiltráció, numerikus modellezés, MODFLOW, trícium, labor kísérlet*

### **Abstract**

*Nowadays there is a big problem to obtain the sufficient quantity and quality water all over the world. The residential, the agriculture and the industry have special necessities. The profession uses the simulation softwares, the laboratory and the field tests increasingly to better to understand the recharge. During my research I use the Processing MODFLOW Pro software package and tritium isotope experiments to determine the recharge rate on a sample area in Hungary. In the near future I will start lab tests with column experiments. I have special instruments to measure some parameters of the soil during the tests.*

**Keywords:** *infiltration, numeric modeling, MODFLOW, tritium, lab test*

## **1. Bevezetés**

Napjainkban a világ számos területén gondot okoz a megfelelő mennyiségű és minőségű víz biztosítása. Minden felhasználónak megvannak a saját igényei az alkalmazás függvényében, ennek megfelelően más-más vizet kell szolgáltatni lakossági, mezőgazdasági és ipari felhasználásra egyaránt. Manapság sok helyen kiemelt figyelmet kap a felszín alatti vizek minél nagyobb mértékű védelme, hiszen

ezek azok a vízbázisok, amelyek még nem, vagy nagyon kis mértékben szennyeződtek el az emberi tevékenységek következtében.

A felszín alatti vizek fenntarthatóságát a csapadékból történő után pótlódás biztosítja a talajból történő beszivárgással. A hidrológiai elemek közül többet is kellő pontossággal tudunk mérni: a csapadék mennyiségét (legyen az folyékony, vagy szilárd halmazállapotú), intenzitását, a szél irányát, sebességét, a napfény intenzitását. Azonban vannak paraméterek, melyek meghatározásánál nagy bizonytalanságok vannak, és amelyekre csak durva becsléseket tudunk adni. Ilyen paraméter a maradó beszivárgás, vagyis az a vízmennyiség, amely a csapadék lehullása után ténylegesen bejut a felszín alatti víztestekbe.

## 2. A beszivárgás közelítése

A beszivárgást meghatározó paraméterek közül a legjelentősebb a csapadék. Jellemzői, sebessége, intenzitása tág határok között változik, de a hőmérséklet függvényében halmazállapota is változhat. Hevesebb esőzések alkalmával nagyobb a beszivárgás mértéke, mint az alacsony intenzitású csapadékok idején. Meghatározó szerepe van az adott talaj használatának, illetve az azt borító növényzetnek is. Nem mindegy, hogy az adott terület parlagon hagyott, intenzív mezőgazdasági művelés alatt áll, vagy éppen lakott területen található. Ugyanilyen fontos a növényzet jelenléte és/vagy hiánya is, annak típusa, gyökérzete, levelei felületének nagysága.

A talajmátrix tulajdonságai közül fontos megemlíteni az áteresztőképességet is, ugyanis nem egyforma a beszivárgás egy homok vagy egy agyagtalaj esetében; lényeges továbbá figyelembe venni a talaj víztartalmát és hőmérsékletét is. A levegő hőmérséklete és nyomásának különböző mértékű eloszlása úgyszintén hatással van a beszivárgásra, még ha csak közvetett módon is, a párolgás útján.

A beszivárgás mennyiségének több meghatározási formája is jól ismert:

- vízháztartási vizsgálatok,
- számítógépes szimulációk,
- különféle nyomjelző anyagok és
- közvetlen labor tesztek és terepi mérések. [1]

A továbbiakban kutatási tématerületem irányvonalait ismertetem, melyek között szerepel numerikusmodellezés, labor kísérletek és a jövőben terepi méréseket is tervezek.

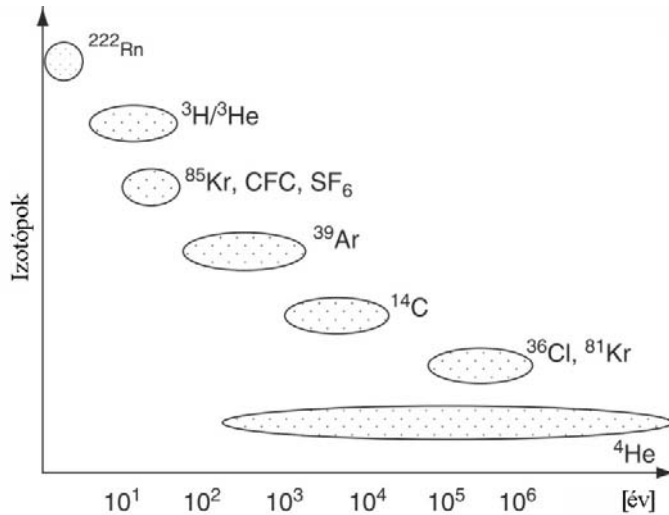
### 3. Számítógépes szimuláció trícium koncentráció meghatározásával

A számítógépek széles körben való elterjedése jellemző a földtudományok területén is. Számos szoftver áll rendelkezésre a különféle földtani és vízföldtani problémák megoldására, melyek nagymértékben elősegítik a szakemberek munkáját. Ezek segítségével múltbeli történéseket magyarázhatunk, vagy várható, jövőbeli eseményekre extrapolálhatunk, az időbeliség korlátját nagyságrendekkel kitolva.

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA International Atomic Energy Agency) számos helyen, több ország közreműködésével közös projekten belül, kifejezetten a beszivárgás mértékének vizsgálatára tett kezdeményezést. Magyarországról a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszéke, a Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézete (ATOMKI), továbbá a GWIS Kft. képviselteti magát, a magyarországi kutatási terület pedig Kecskemét-Ménteleken, az ország egyik legnagyobb vízföldtani leáramlási területén található.

A terület a Duna-Tisza-közén, kellő távolságra a két nagy folyótól helyezkedik el, így biztosítva a felszíni vizek kapcsolatának kizárását a felszín alatti vizektől. A terület kellőképpen sík ahhoz, hogy a hozzá- és elfolyás lehetősége nagy biztonsággal kizárható legyen, vagyis a függőleges vízforgalmat egyedül a csapadék befolyásolja, illetve tartja fent.

A kutatási munka alkalmával egy kútnégyes kap kiemelt szerepet (2. ábra). A négy, egyforma átmérőjű kút egy nagyobb, közös kútban kapott helyet a kialakításkor, viszont egyenként különböző mélységekből, eltérő rétekből nyerik a vizet. A területről nagyjából 50 éves idősor áll rendelkezésre csapadékadatot és talajvízszinteket tekintve, melyek a kutatási munka alapját képezik. A cél egy olyan hidrodinamikai- és transzportmodell építése, amely vissza tudja igazolni számunkra a tényleges beszivárgás mértékét a területen. A vizsgálatokhoz egy nyomjelző anyagra is szükség van, amely jelen esetben egy környezeti izotóp, a trícium. A trícium a hidrogén radioaktív izotópjá, amely 12.4 év felezési idővel rendelkezik (Különböző izotópok felezési idejét láthatjuk az 1. ábrán). Ennyi idő alatt feleződik meg a trícium mennyisége a kezdeti időponthoz képest, és amely  $\beta$ -bomlással He-3 izotóppá bomlik. Természetes úton, a kozmikus sugárzás révén keletkezik  $^{14}\text{N}$ -ből, illetve mesterséges úton az atomreaktorok működése által került környezetünkbe. Az 1960-as évekig a légköri atomkísérletek során több ezer trícium egységnyi (TU Tritium Unit) anyag került az atmoszférába, melynek mára a mértéke nagyságrendekkel csökkent. A viszonylag rövid felezési idejének köszönhetően a tríciumot kifejezetten alkalmas indikátorként a vízföldtani kutatásokban.



**1. ábra** Egyes izotópok felezési ideje

2010 decemberében terepi mérőszorozatot hajtottam végre többedmagammal a szóban forgó területen: talajvízszintet mértünk a kiépített kútnégyesben, majd mind a négy kutat termeltetés alá vonva az általuk szűrőzött rétegek vizeiből mintavételeztünk. A mintavételezés során kifejezetten tríciumra, nemesgázokra,  $^{14}\text{C}$ -re történtek az analízisek. Minden egyes komponensre más-más, speciálisan kifejlesztett mintavételi eljárást kellett alkalmazni, ezzel is előkészítve a mintákat az ATOMKI Környezetanalitikai Laboratóriumában történő mérőszorozatra.



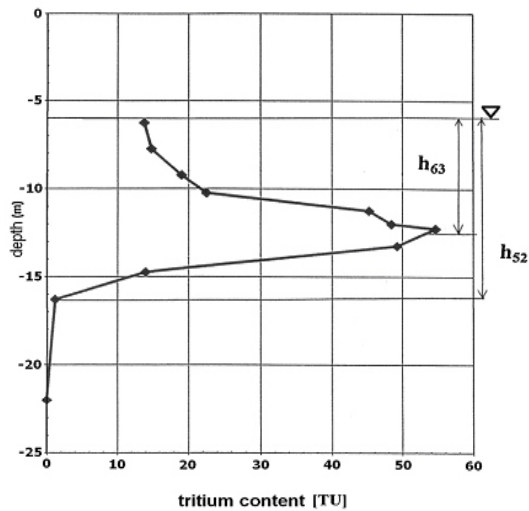
**2. ábra** A ménteleki kútnégyes

A terepi mérésorozatot követően egy hidrodinamikai- és transzportmodell készítése a feladat. Egy oszlopmodell építését kezdtem el egy numerikus modellszoftver, a Processing MODFLOW Pro programcsomaggal. A programcsomag hidrodinamikai modellező szoftverét, a MODFLOW-t alkalmaztam a vizes modell elkészítéséhez, amely eleinte még csupán permanens, a későbbiekben, - további adatok begyűjtése után - tovább szeretném fejleszteni tranziens modellé [3]. A mintaterületen a legmélyebb kút 20 méter mély, ezért a modellt a következő képen alakítottam ki: 11 oszlopot, 11 sort és 20 réteget definiáltam, minden cellát egységnyi oldalhosszúsággal adtam meg, így ezek egyenként  $1 \text{ m}^3$  térfogatúak. A tényleges földtani és vízföldtani adatok megérkezéséig egy tisztán homokos összletet feltételeztem, annak megfelelően adtam meg a szivárgási tényezőt és a porozitást. Kezdetben azt az esetet vizsgáltam, amikor hozzá- és elfolyás nincs a területen, kizárólag függőleges vízforgalom van jelen. Peremfeltételeként az oszlopmodellem legfelső részén csupán beszivárgás van, az alsó rétegben pedig egy konstans állandó nyomású peremfeltétel biztosítja a vízforgalmat. A beszivárgást  $50 \text{ mm/év}$ -es értéknek adtam meg.

A PMPATH program segítségével advektív transzportot szimuláltam: néhány vízrészecskét elindítva az oszlopmodell tetejéről nyomon követhetővé vált a víz mozgása a rendszerben (3. ábra). Ezen számítások alapján mintegy 72 év szükséges ahhoz, hogy a alsó, 20. réteget elérjék a vízrészecskék.

A transzport-számítások előtt ugyanúgy definiáltam a peremfeltételeket, mint az előző esetben, majd egy adott trícium koncentrációt feltételezve a beszivárgással definiáltam a nyomjelző anyagot. Ismerve a trícium felezési idejét, a bomlási egyenlet alkalmazásával adtam meg az anyag időbeli koncentráció-változását. Kezdeti koncentrációt nem feltételeztem, jelen esetben az kizárólag a beszivárgott csapadékban van, a rendszerben történő áramlás során pedig csupán advekcióval számoltam. Egyes rétegekbe koncentráció-figyelő pontokat helyeztem el, hogy figyelemmel kísérhessem az anyag mennyiségének időbeli változását, melyik pontot mikor éri el a „szennyező anyag”. [4]

Az 1998-as méréseket és az akkor meghatározott trícium profilt figyelembe véve kell a transzportmodellt beállítani, hogy az akkori mérések által kapott profilt visszakapjam, ezáltal a modell kalibrálva lesz.

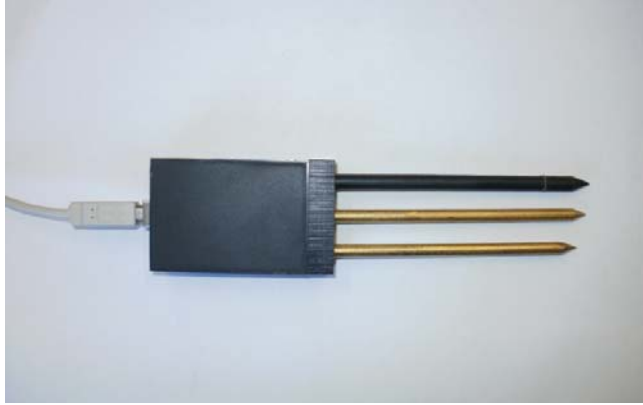


3. ábra Az 1998-as mérésekhez tartozó trícium profil

#### 4. Oszlopmodell laboratóriumi körülmények között

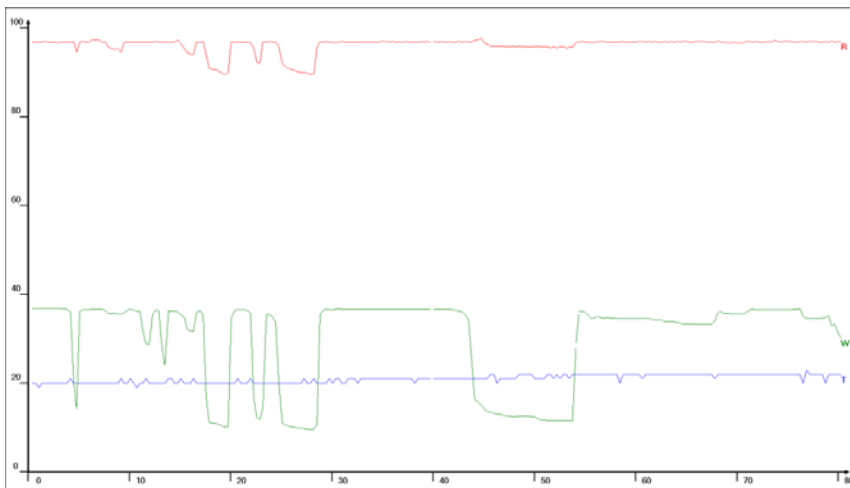
Porózus kőzetekben történő szivárgási vizsgálatokra elterjedtek különféle laborkísérletek és terepi mérések. Ezek leggyakrabban pontszerű vizsgálatokat jelentenek, bár nagyobb léptékű vízháztartási vizsgálatok során lehetőség van a dimenziók kiterjesztésére is. A laborkísérleteket kivétel nélkül kellő gondossággal kell elvégeznünk, ám az első fázis, a mintavételezés alapján meghatározza a munkánk eredményességét, és reprezentativitását. Laborkísérleteket a legtöbb esetben oszlopmodelleken szoktak elvégezni, melyeknél számos, a számítógépes modellezési gyakorlatban megjelenő bizonytalanságot ki tudunk küszöbölni. [2]

Kísérleteim során különböző hosszúságú és átmérőjű oszlopmodelleket fogok készíteni, az átlagos hosszúság 1,5-2 m, az átmérő pedig 110-130 mm között fog változni. Kezdetben finomhomok lesz a minta anyag, és felülről történő áztatás során tervezem a csőbe beépített talaj jellemző paramétereit meghatározni, ezek változásaiból, egymástól való függéseiből igyekszem majd a gyakorlatban is igazolni a különböző törvényszerűségeket. Az 5. ábrán látható mérőeszközből hat darabot fogok beépíteni egy oszlopba, melyek a vizsgálat során folyamatosan fogják az egyes paramétereket mérni.



**4. ábra** A labor kísérlet során alkalmazandó mérőeszköz

A kutató munkámhoz a Dr. Czinkota Imre által biztosított berendezés három talajparamétert képes mérni egy időpontban: hőmérsékletet, nedvességtartalmat és vezetőképességet. A hőmérsékletet egy félvezető hőmérő méri, mely a középső elektródban kapott helyet. A vezetőképességet a műszer a két szigetetlen elektród között váltakozó feszültség hatására kialakuló váltó áram erősségének mérésével határozza meg. A berendezés a nedvességtartalmat pedig a szigetelt elektród és a közös szigetetlen elektród közötti eltolási áramerősséggel jellemzi, mely nagy frekvenciájú feszültség hatására jön létre a nedves talajban. A berendezés az összes mért jelet digitalizálás után USB porton keresztül a számítógépbe juttatja, ahol egy célszoftver értékeli ki és tárolja az adatokat.



**5. ábra** A szoftver kiértékelő felülete

Munkám során a modell egyre összetettebbé válik majd, és az előbb említett három paraméter egyidejű monitorozása alkalmával fogom vizsgálni a szivárgási viszonyokat. Tervezem változtatni a talaj szervesanyag-tartalmát, az áztatás intenzitását, nagyságrendileg különböző rétegek beépítését a homoktalajba, illetve különféle vegyszerekkel fogom kezelni a vizet, amellyel az áztatást fogom végezni. Talajmechanikai vizsgálatok közül tömörödési kísérletek során fogom figyelemmel kísérni a víz viselkedését porózus közegben, hogyan hat rá, milyen mértékben és mélységig befolyásolják a szivárgást a mechanikai igénybevételek.

## 5. Összefoglalás

A Földön egyre növekvő számú emberiség egyértelműen maga után vonja a szükséges vízmennyiségek rohamos növekedését is. Egyre nagyobb mértékben kénytelen az ember igénybe venni a felszín alatti vizeket is, melyek pótlódása ezáltal fokozott figyelmet érdemel. Fontos megérteni, meghatározni a lehető legnagyobb pontossággal, hogy egy adott földtani egység esetében mennyi az a vízmennyiség, amely ténylegesen után pótolja a felszín alatti vízkészleteket.

Napjainkban egyre nagyobb szerepet kapnak a számítógépes szimulációk, melyekkel mondhatni az időbeli korlátok megszűnnek számunkra, a múltbeli események alapján kalibrálva a jövőben várható dolgokat nagyon jól közelíthetjük. Az elméleti számítások mellett fontos megpróbálnunk a gyakorlatban is számszerűsíteni az egyes mennyiségeket, és ezekből az empirikus összefüggésekből, illetve mérési eredményekből a lehetőségekhez mérten minél nagyobb mértékben tervezni a felszín alatti vízkészletekkel történő gazdálkodást.

## 6. Köszönetnyilvánítás

*A cikkben ismertetett kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.*

## 7. Irodalomjegyzék

- [1] Juhász, J., *Hidrogeológia*, Budapest, Akadémia Kiadó, 2002., pp. 455-457.
- [2] Kovács, B., Szanyi, J., *Hidrodinamikai és transzportmodellezés*, Miskolc, 2005., pp. 136-141.
- [3] Szűcs, P., Sallai, F., Zákányi, B., Madarász, T., *Vízkészletvédelem*, Bíbor Kiadó, Miskolc-Egyetemváros, 2009., pp. 341-349.
- [4] Szucs, P., Madarasz, T., F, Civan., *Remediating Over-Produced and Contaminated Aquifers by Artificial Recharge from Surface Waters*, Springer Science, Environ Model Assess, 2009. 14 pp. 511–520.