

**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM**  
Természettudományi és Informatikai Kar  
Földtudományok Doktori Iskola  
Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék

**BUDAI KARSZTRENDSZER UTÁNPÓTLÓDÁSI VISZONYAINAK  
HIDRODINAMIKAI VIZSGÁLATA VIZGÉKÉMIAI ADATOK  
FIGYELEMBEVÉTELÉVEL**

Doktori (Ph.D)értekezés tézisei

POYANMEHR ZAHRA

Témavezető: Dr. Szanyi János, egyetemi adjunktus

Szeged, 2016

## BEVEZETÉS

A budapesti termálvizek hasznosítása már az ókorban is, a maihoz hasonlóan, alapvetően a fürdésre, gyógyításra irányult. Az 1960-as évektől a 90-es évek elejéig tartó, a vízáadó területen folyó szénbányászat erőteljes víztermelése veszélyeztette a termálvizek minőségét és mennyiségét (Alföldi L. et al. 1980; Liebe P. & Székely F. 1980; Böcker T. et al. 1981; Lorberer Á. 1986, Alföldi L., Kapolyi L., 2007). Ekkor alakult ki a vízgazdálkodás szempontjából feszült helyzet, így újabb termálvíz termelést nem engedélyeztek, illetve a már meglévő hasznosításoknál is előtérbe került a takarékos gazdálkodás (Alföldi L. 1980). A kialakult környezeti helyzetet tovább súlyosbítják a fővárosban kivitelezett építkezések közvetve (például a 4. Metró), vagy közvetlenül (például az Aquaworld fürdő új kútjának termelése) (Prónay Zs., Törös E., 2001, Lorberer Á. 2002). Ezek a vízgazdálkodás szempontjából kedvezőtlen irányú változások szükségessé tették a rendszer működésének jobb megismerését, a teljes hideg-meleg karsztrendszer, mint egy egység vizsgálatát, és a rendszer egészére numerikus modell létrehozását.

A főkarsztvíztároló hidrodinamikáját leíró első matematikai modell 1976-ban készült el (Heinmann Z. és Szilágyi G. 1977), amely 1978-ban egészült ki az első, regionális kiterjedésű, hidrodinamikai modellel (Kovács Gy. et al. 1979). E modell a szénhidrogén-telepek 2D-s modelljeinek módosításával készült. A vízáramlást leíró differenciálegyenlet megoldásánál a véges-differencia módszert alkalmazták. Később az Országos Vízföldtani Modell (OVM) fejlesztés keretében a főkarsztvíztárolóra az ún. DKH modell első változata a VITUKI-ban készült el. A középhegységi modell esetében Csepregi A. (2007) az 1951-2005 időszakra tovább fejlesztette a területről korábban készített numerikus modellt, mely segítséget nyújtott a kutatási terület 3D modelljének elkészítéséhez.

A területre készült korábbi regionális modellek elsősorban a csapadékbeszivárgások, bányászati vízkiemelések és más víztermelések időben változó hatásainak értékelésével foglalkoztak. Az említett feladatok megoldásához egyszerű 2D egyréteges, esetenként kétréteges, illetve 3D egyréteges modellek kialakítása is elegendő volt.

Azonban az általam kialakított 3D permanens (steady-state) modell a hidrosztratigráfiai egységek térbeliségének elemzésére és az egységeken belüli földtani zónák tulajdonságainak kezelésére is alkalmas, továbbá a vízminőségi, vízgeokémiai viszonyok jobb térbeli értékeléséhez járul hozzá.

## CÉLKITŰZÉS

A dolgozat célja, hogy egy jól ismert, publikált magyarországi térrészen:

- A termálkarsztrendszer egészére fellelhető archív forrás, fúrás- és kútvizsgálati adatok integrált vízföldtani-vízgeokémiai-izotóp hidrológiai értelmezése;
- A felszín alatti áramlási rendszer jellemzésére 3D-s permanens vízföldtani modell alkotása, mely célja, a termálkarszt-rendszer áramlási és oldott-anyag viszonyainak leírása és megértése; a vízháztartási, a potenciál- és nyomásviszonyok és jellemző vízkorok számszerű magyarázata (az elkészült modell előnye, hogy a hidrosztratigráfiai egységek és az egységeken belüli földtani zónák tulajdonságainak kezelésére alkalmas);
- Az áramlási modell kalibrálása a mért karszt- és talajvízszintek és stabil izotóp adatok segítségével;
- A modell által kijelölt fő áramlási pályák pontosítása víz-geokémiai adatok segítségével.

## ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A kutatás során elvégzett értékelési munkák 3 lépésben történtek. Először elméleti megfontolások alapján számszerűsítettem a területen a meleg és a hideg karsztvízrendszer hidraulikus potenciál viszonyait a sűrűség-eloszlás alapján. Ezt követően, megszerkeszttem a meleg-ágak térségében található termálkutakra vonatkozó potenciál-eloszlástérképeket. Ezekből számszerűsítve egyértelművé vált a karsztvíz áramlási irányai.

Kialakítottam a terület koncepcionális vízföldtani modelljét. Majd a terület és a koncepcionális modell adottságai alapján választottam ki a véges differenciák elvén működő Visual Modflow Pro programcsomagot, mely segítségével modelleztem a kutatási terület áramlási és vízháztartási viszonyait. Az értékelések és a modellezések alapján tisztáztam a tanulmányozott terület karsztrendszerében kialakuló áramképet, tehát a betáplálási, megcsapolási és vízháztartási viszonyokat.

A transzport folyamatok modellezésére  $\delta^{18}\text{O}$  és  $\delta^{14}\text{C}$  adatokat alkalmaztam, amelyek segítségével a modellt is kalibráltam.

A vízgeokémiai értelmezéssel a vízföldtani modellezés által jelölt áramlási irányokat pontosítottam. A klaszteranalízis segítségével a rendelkezésre álló objektumokat fő kationok, anionok és a hőmérsékletük alapján csoportosítottam. A mintázott karsztvizek stabilizotóp-

összetétele alapján készült ábrákon ( $\delta D$ - $\delta^{18}O$  és a víz  $\delta^{18}O$  értéke és a szulfátok  $\delta^{18}O$ -  $\delta^{34}S$  értéke a hőmérséklet függvényében) tisztáztam a transzport modellezést és a modell vízmérleg eredményeit.

## **TÉZÉSEK**

1 – A termálkarszt hidrogeokémiai értékeléséhez elkülönítettem az áramlási rendszert leíró hidraulikus potenciálviszonyokat, mégpedig két egymástól eltérő, vertikálisan változó sűrűségeloszlású rendszerre: egy hideg-, (lefelé áramló, de fokozatosan geotermikus állapotra felmelegedő) és egy meleg- (felfelé áramló, de kissé lehűlő) ágra. Minden vizsgált pontra elméleti megfontolások alapján nyomásviszonyait a sűrűség-eloszlás alapján számszerűsítettem, amely alapján a két eltérő hőmérsékletű és sűrűségű víztömeg között jelentkező felhajtó erő— vagyis a "hőlift" — következményét, illetve a termálvíz feláramlását a meleg-langyos források felé tisztáztam.

2 – A tanulmányozott területre, természetes állapotot jól reprezentáló permanens állapotra, 3 dimenziós numerikus modellt készítettem. A beszivárgási viszonyokhoz felhasználtam a területre rendelkezésre álló 1:100000 fedett földtani térképet. Elkülönítettem a mély áramlású karsztvíz rendszert a sekély vízáramlási (talajvíz) rendszertől, elkészítettem ezek áramlási modelljét, majd további lépések során a két rendszert egy egységbe foglaltam.

3 – A modell segítségével kiszámítottam a terület vízmérlegét. Az egész tanulmányozott területen beszivárgott víz jelentős része, 75 %-a lokális áramlási rendszeren keresztül újra felszínre kerül. Az összes beszivárgott víz 19%-a azaz  $51967 \text{ m}^3/\text{nap}$  a nyílt karszt területen keresztül táplálja a karszt réteget. A paleogén-neogén komplex fedő modell-rétegből  $14332,1 \text{ m}^3/\text{nap}$  (a beszivárgott víz 5 %-a ) adódik át a főkarszt rétegbe. Míg az üdekarsztból  $223,66 \text{ m}^3/\text{nap}$  jut a főkarszt rétegbe. Tehát, a főkarszt rétegbe beáramló összes víz mennyisége  $51967 \text{ m}^3/\text{nap} + 14332,1 \text{ m}^3/\text{nap} + 223,66 \text{ m}^3/\text{nap}$ ; azaz  $66523 \text{ m}^3/\text{nap}$  (a beszivárgott víz 25%-a). Ezt az értéket megerősíti a Gözl B. (1982) által megadott  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ -nál melegebb vizet adó kutak és források összhozama, ami  $67000 \text{ m}^3/\text{nap}$ .

4 – A vízmérleg számításánál, a két víztartó réteg között elhelyezkedő vastag, rossz vízvezető paleogén-neogén komplex modell-réteget további két, felső és alsó, zónára különítettem el. Így számszerűsítve is bizonyítottam, hogy a paleogén-neogén komplex rétegre beszivárgott víz 42%-a ( $6552,9 \text{ m}^3/\text{nap}$ ) a felső zóna peremén keresztül áramlik a karsztrendszer felé és 58%-a ( $7779,2 \text{ m}^3/\text{nap}$ ) a második modell réteg mélyebb zónája felé, annak ellenére, hogy az utóbbival az érintkezési felület sokkal jelentősebb. Ily módon a modellben szimulálni tudtam

azt az ismert tényt, hogy a szennyező anyag a fedő réteg felső peremén rövid idő alatt bekerül a karsztvíz áramlási rendszerbe.

5 – A transzport folyamatok modellezésével és a  $\delta^{18}\text{O}$  és  $\delta^{14}\text{C}$  indikátorok segítségével ellenőriztem a modell megbízhatóságát. Bebizonyítottam, hogy a mély kutakban nyert idős termálvizek az utolsó eljegesedés során beszivárgott meteorikus vizek, melyek a felszín és a források felé haladva keverednek a fiatalabb vizekkel. A kapott eredmények egyúttal a vízszint és hozamadatoktól függetlenül is alátámasztják a modell-koncepció helyességét.

A budapesti mélykarszt-kutakból, mint Széchenyi kút I.; II. és a déli részén fekvő kutakból származó víz nagyon hideg időszakban, az utolsó eljegesedés során szivárgott be. Ezt követően az áramlási pályák irányában az idősebb vizek a források felé haladva, keverednek a fiatalabb vizekkel, például Csepel felől a Gellért források felé illetve a Széchenyi II. felől a Margitsziget II. (Magdolna kút) és Lukács-Király forrás felé fiatalodik a karsztvíz.

6 – A termálvizek  $^{14}\text{C}$  transzport folyamatainak modellezésével bebizonyítottam a karsztvíz 30 ezer év körüli tartózkodási idejét az áramlási rendszerben.

A  $^{14}\text{C}$  adatokra számított eloszlási görbék 30 000 év után elérték a kvázi stacionárius állapotot, ami bizonyítja a karsztvíz 30 ezer év körüli maximális tartózkodási idejét az áramlási rendszerben.

7 – A terület karsztvizeinek geokémiai értékelésével és a karsztvizek térbeli eloszlása segítségével bebizonyítottam a keveredési pálya irányában a Széchenyi kút felől a Lukács meleg források felé a fiatal vizek keveredési aránya az idős vizekkel 10%-ról (Margitsziget II. kútnál) közel 50%-ra (Lukács-Király forrásnál) növekszik. A fiatal víz elsősorban a beszivárgási területen leszivárgó sekély inermédier áramlási rendszerből származik. Továbbá, ahogy azt a negyedik tézisben számszerűsítettem, a fedő réteg pereméből is áramlik át fiatalabb víz, amely a Budapest közép zónájában lévő források szennyeződés-érzékenységét is igazolja.

8– Budapest déli kútjaira végzett geokémiai értékelés segítségével bebizonyítottam egy feláramlási pálya valószínűségét, ami délről, a Csepel II. kút felől a Gellért kútcsoport felé irányul. A  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{14}\text{C}$  és  $\delta^{34}\text{S}$  adatok értékelésével is bizonyítottam a takaró réteg peremén áramló, nagyobb mennyiségű hideg vízzel való keveredés valószínűségét, amelyet a „zonebudget” eredményei egyértelműen alátámasztanak.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Alföldi L. 1980: A felszíni és felszín alatti vizek minőségvédelme. - Magyar Vízgazdálkodás, 1980. 9.
- Alföldi L., Deák J., Liebe P., Lorberer Á., 1980: A Középhegység hideg és meleg karsztvízkészletek összefüggése, különös tekintettel a bányászat víztelenítési törekvéseire. VITUKI Közlemény. 23.
- Alföldi L., Kapolyi L., edit. 2007: Bányászati karsztvízszint-süllyesztés a Dunántúli-Középhegységben. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet kiadványa, 138 p.
- Böcker T., Lorberer Á., Maucha L., 1981: A karsztvízszintek és a bányavíz kivételek sokévi változása a Dunántúli-középhegységben- VITUKI I.Vízrajzi Intézet és Kartográfiai V. kiadása, Budapest.
- Csepregi A., 2007: A karsztvíztermelés hatása a Dunántúli-középhegység vízháztartására. – In: Alföldi L. , Kapolyi L, szerk.: Bányászati karsztvízszint-süllyesztés a Dunántúli-Középhegységben, pp. 77-112.
- Gözl B., 1982: A Dunántúli-középhegység forrásainak természetes hőteljesítménye. Földrajzi Értesítő XXXI. Évf., pp. 427-447.
- Heinemann Z., Szilágyi G., 1977: A Dunántúli-középhegység főkarsztvíz-rendszerének szimulációja. Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat 110. évf.11.sz. pp. 750-758
- Kovács Gy., Ádám O., Beke I., Böcker T., Egerszegi Gy., Heinemann Z., Horváth J., Ottlik P., Schmieder A., Szabó L., Szilágyi G., 1979: A Dunántúli bányászat karsztvízszint- süllyesztése és a termálvizellátás kérdései. Budapest, Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, 101 p.
- Liebe P., Székely F., 1980: Nyomáscsökkenések vizsgálata és előrejelzése hévíz kutakban, VITUKI Közlemények, 23 p.
- Lorberer Á., 1986: A Dunántúli-középhegység karsztvízföldtani és vízgazdálkodási helyzetfelmérése és döntéselőkészítő értékelése. Budapest, VITUKI, 130 p.
- Lorberer Á., 2002: Budapest hévizei mérnökgeológiai szemmel. In: Alagút- és mélyépítő szakmai napok. „A millennium után, Európával, jövőnk környezetéért” konferencia kiadvány, Eger, május 27-28. pp. 71-78.
- Prónay Zs., Törös E., 2001: Szakvélemény a budapesti 4. sz. metróvonal I. szakasz Szent Gellért tér-Duna alatti átvezetés kiegészítő mérnökgeofizikai vizsgálatáról. ELGI jelentés (kézirat).

## **A SZERZŐ PUBLIKÁCIÓI**

Poyanmehr Z., Tóth Gy., 2010: A budapesti karsztos hévizek potenciál-nyomásviszonyainak értékelése. MÁFI Évi Jelentés, pp. 63-69.

Poyanmehr Z., 2013: Conceptualization and implementation of an integrated regional groundwater model for Budapest cold-thermal karst system, Hungary. Central European Geology Journal, 56/4, pp. 359-380.

Poyanmehr Z., 2016: A felszínalatti vízáramlás modellezése Budapest tágabb területén. Földtani Közlöny, 146 évf. 2.sz., megjelenés alatt.

## **Bővített konferencia absztrakt**

Kovács J., Poyanmehr Z. 2001: Adatelemző módszerek használata a budapesti termálvizek vízminőségi adatainak vizsgálatára, VIII. conference a felszín alatti vizekről, Balatonlelle, 6-7 sep. pp. 10.

Poyanmehr Z., 2010: Environmental (Quantitative and Hydrogeochemical) Status Assessment of the Budapest thermal Karst System, Hungary. Proc. 7th International Symposium on Managed Aquifer Research, poszter szekció, Abu Dhabi, 9-13 October.