

tions of Hungary. ELGI Geophysical Transactions, Vol. 29, No. 1.

[5] *Nemesi L. et al.*: Some aspects of the investigation for high enthalpy geothermal reservoirs in the Carpathian Basin. *Kőolaj és Földgáz*, 29. (129.) évf., 6. szám, 161–168. p.

[6] *Szabó Z.*: Filtered gravity anomaly map of Hungary. ELGI, Geophysical Transactions, Vol. 35, No. 1–2, p. 135–143.

[7] *Zolnai G.*: Continental Wrench–Tectonics and Hydrocarbon Habitat. Continuing Education Course Note Series, AAPG, 1989.

[8] *Szepesházy K.*: Az Alföld mezozoós magmás képződményei. *Földtani Közlöny*, 107. kötet, (1977) 3–4. sz. p. 384–397.

[9] *Fülöp J.*: Bevezetés Magyarország geológiájába. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1989, 127–128. p.

[10] *J. L. Abern*: Oklahoma Egyetem kiadványa.

[11] *Kertai Gy.*: A kőolaj és a földgáz vegyi összetétele és keletkezése. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1972.

[12] *Koncz I.*: Személyes közlései (1983, 1989, 1990)

[13] *A. Šimunič*: The deep marine Development of Paleozoic and Mesozoic in Northwestern Croatia. Ljubljana, 16th EMC Guidebook, p. 107–112, 1979.

[14] *Bencsik I. et al.*: Nedvesgőz-termelési lehetőség a Nagyszénás–3. kútból. *Kőolaj és Földgáz* 1992. 7. szám, 193–206. p.

[15] *Posgay K.–Szentgyörgyi K.*: A litoszférát harántoló eltolódásos törérendszer a Pannon-medence keleti részén. *Magyar Geofizika*, XXXII. évf., (1991.) 1–2. sz. 1–15. p.

[16] *Posgay K. et al.*: A terciér medence aljzatának geofizikai kutatása. *Magyar Geofizika*, 36. évf. (1995.) különszám, 27–36. p.

[17] *Posgay, K. et al.*: International deep reflection survey along the Hungarian Geotraverse. ELGI Geophysical Transactions, Vol. 40, (1996.) No. 1–2, p. 1–44.

[18] *Tomor J.*: A déldunántúli mélyfúrások rétegvizeinek jód- és brómtartalma. *Hidrológiai Közlöny*, 33. évf. (1953) 3–4. szám.

Gusztáv Németh, Geolog.: High enthalpy geothermal reservoir in the early Tertiary sub-basin of the Pannonian basin-system

The early Tertiary sub-basin of the South-Zala region is a part of the young, tectonically active and typically hyperthermal Pannonian basin system, characterised by a pinched crust and lithosphere. The afore mentioned early Tertiary sub-basin includes a carbonate containing Trias formation (dolomite, limestone), which encloses an immense great enthalpy geothermal reservoir. Discovery of the reservoir is owing to the oil and gas exploration in the area.

Development of the reservoir and of the major geothermal energy concentration in the reservoir were enabled and facilitated by some special geologic conditions.

The paper evaluates these conditions and characteristics.

A geológiai felépítés vízáramlásokat megszabó szerepe a Dunántúli-középhegység DNy-i részén

JOCHÁNÉ EDELÉNYI EMŐKE okl. geológus

A szerző széles perspektívában mutatja be a nyírádi depressziós tölcser és a hévízi tó vízellátása közti kapcsolatokat. A zalai karszt, ami jelentős hévíztároló is, érintve van a térség áramlási rendszerével.

A karsztos tárolók szerepe Magyarországon igen jelentős, mivel ivóvízkészletünk több mint 90%-a felszín alatti vizekből, s ennek harmada karsztos kőzetekből származik. Egyik legfontosabb karsztvíztárolónk a Dunántúli-középhegység mezozoós karbonátos kőzettömege, s különösen érdekes a nagyszerkezeti egység DNy-i része, ahol a karsztos tárolókban nem csupán az ivóvízellátásban széleskörűen felhasznált hideg karsztvíz, hanem termálvíz és szénhidrogének is tárolódnak. Igen lényeges, hogy alapos ismereteink legyenek a karbonátos képződményekben tárolódó fluidumok áramlását, tárolódását megszabó tényezőkről, hiszen újonnan tervezett beavatkozásaink hatásait csupán így tudjuk megbízhatóan megbecsülni.

Egy térség áramlási modelljéhez szükséges az utánpótlódási és a megcsapolási területek közötti áramlási útvonalak megismerése, ennek alakulásában meghatározó szerepe van a felszín alatti tér felépítésének. Lényeges a vízföldtani szempontból eltérő viselkedésű – víztároló, vízáteresztő, illetve vízrekesztő – kőzettestek térbeli helyzete és

érintkezési felületeik jellege. A kőzetek vízvezető képességét részben képződéskori sajátosságaik – tömör vagy üregekkel tagolt voltak –, részben a leülepedésük óta eltelt idő alatti, eredeti jellegeiket megerősítő vagy gyengítő geológiai történések határozzák meg. A karbonátos kőzetek esetében elsősorban a karsztosodás döntő jelentőségű.

Igen lényegesek a földtörténet folyamán végbement tektonikai események, mivel ezek a kőzettesteket képződési helyükről elmozdíthatják, eltérő vízföldtani viselkedésű kőzettesteket rendezhetnek egymás mellé, és a mozgások jellege szerint meghatározzák a közöttük lévő határfelületek vízföldtani tulajdonságait.

A geológiai tényezők szerepének megismeréséhez a középhegységi zóna DNy-i részén rendkívüli – térben és időben egyedülálló – alkalmat nyújtott a nyírádi térség. A bauxitbányászathoz kapcsolódó nagyméretű bányászati vízkiemelés során kialakult depresszió elemzését a terület ismertsége tette lehetővé. A Magyar Állami Földtani Intézet több évtizeden keresztül folytatott térképezést a Dunántúli-középhegységben, a térségről több rétegtani és szerkezetföldtani összefoglalás készült, és egyes részterületeket igen alaposan megismerhettünk az ott folytatott nyersanyagkutatás során végzett mélyfúrási és geofizikai munkák eredményeként. Ezenkívül – elsősorban a bányavállalatnak köszönhetően – sűrű és hosszú idősorú vízmegfigyelő-hálózati adat állt rendelkezésre.

A vízszintsüllyesztés előtti, kezdeti állapotban a karsztvízszint a nyírádi térségben +175...180 mBf értéken volt, s fokozatosan lejtett NyDNy-i irányban a Hévízi-tó felé [3]. A terület bauxittellepe-

inek kitermelése során a karsztvízszint alatt települő előfordulások bányászatahoz szükségessé vált egyre intenzívebb vízkiemelést a felszínen kialakított nagy átmérőjű kutakkal végeztek.

A vízkiemelés a 70-es évek végén elérte a maximális, 300 m³/min mértéket, majd a 80-as években folyamatosan csökkenve, az évtized végén 220 m³/min mértékű volt. Hatására a nyírádi területen a főkarsztvíz nyomásszintje +180 mBf feletti értékről -60 mBf szintre csökkent, s a kialakult depresszió következtében a térség utánpótlódási területből megcsapolódási területté vált [5].

Elsősorban a Hévízi-tó hozamcsökkenésének hatására – bár a nyírádi vízkiemeléssel való összefüggés mértéke nem volt teljes mértékben tisztázva – 1990 közepétől a bányászati célú vízkiemelést megszüntették, s azóta vízkiemelés csupán az időközben kiépült regionális ivóvíz-ellátási hálózat működése érdekében történik.

A nagyarányú vízkiemelés befejeződését követően a feltöltődés a depresszió központi részén gyorsan, nagy vízszintnövekedéssel kezdődött meg. 1991-ben a főkarsztvízszint +80...+85 m közé emelkedett, 1993-ban +95 m, 1994-ben már +100...+105 m volt a legalacsonyabb érték, 1995-ben már csaknem +110 m volt a depresszió központi részén a piezometrikus nyomásszint. A depresszió központi részét kísérő közvetlen peremi sávban az első két-három évben csekély (0,5–1 m-es) vízszintcsökkenés volt észlelhető. A depresszió távolabbi területein a központi részen végbemenő növekedés 10–30 m-es főkarsztvízszint-emelkedést eredményezett. A pozitív hatásokkal együtt a bányászati vízkiemelés leállításának kedvezőtlen hatásaként megszűnt a Balaton utánpótlódása azzal az évi 46 millió m³ karsztvízzel, amely a Kétöles-patakon keresztül a tó kilenc százalékának megfelelő vízmennyiséget jelentett évenként [4].

A térség földtani adottságai

A térség karsztvízföldtani szempontból legnagyobb jelentőségű közetcsoportja az a kétezeröt-száz-háromezer méter vastagságúra becsülhető főkarsztvíztároló összlet, amelynek elsősorban felső triász karbonátos kőzetei lényegesek. A triász képződménysoron belül jelentősek – az egykori képződési környezeteknek megfelelő – különféle közettípusok, elsősorban a tisztán karbonátos kőzetek között kifejlődött változó mennyiségű finomtörmelékcses alkotórészt tartalmazó képződmények. Vízföldtani jelentőségük különösen a felső triász nagyvastagságú karbonátos összletet tagoló közettetteknek – a földolomit alatt települő veszprémi márga és a földolomit és dachsteini mészkőformáció között kifejlődött kösszeni formációknak – van, valamint a középső és alsó triász korú, törmelékcses elegy-réseket változó mértékben tartalmazó közettetteknek.

A csaknem tisztán karbonátos képződmények sem teljesen homogének, így víztároló és -vezető képességeik is különböznek. A nagy vastagságú földolomit és a jóval vékonyabb dachsteini mészkő – egykori, a tengerszint oszcillációjának megfelelően többször változó, az ár-apály övtől a folyamatosan vízzel borított sekélytengeri sávig terjedt képződési környezetüknek megfelelően – ciklikus felépítésű képződmények. Ebből következően egyes rétegei jelentős elsődleges porozitásúak, másodlagos üregrendszerük kialakulását pedig a közetté válási folyamat utáni történetük – a tektonikai események és karsztosodási folyamatok – szabta meg.

Természetesen a fejlődéstörténeti események hatásai a későbbi történések következtében gyakran erősen módosultak, gyengültek vagy erősödtek, de mindenképpen nyomot hagytak, s a későbbi események is általában a közettetek korábban már igénybe vett részeit érintették.

A térség mai morfológiai képe – néhány, már korábban kiemelt terület kivételével – alapvetően a pleisztocén folyamán alakult ki. A főkarsztvíztároló összlet a Keszthelyi-hegységben, Nyírád környékén s a Bakonyban jelentős területen felszínre bukkan, beszivárgásra alkalmas területeket képezve, ahol a lehulló csapadék a mélybe szivárog, s a helyenként jelentős mélységbe süllyedő kőzetek üreg- és hasadékrendszerében megcsapolási pontok felé áramlik. Az utánpótlódási és megcsapolódási területek alaku-

lását, s a földtani felépítés által meghatározott áramlási pályákat a későbbiekben – földfejlődés-történeti események már nem – csupán az emberi tevékenység módosította.

A nyírádi depressziós tölcser

A depressziós tölcser és a földtani szerkezet kapcsolatának elemzése során egyértelműen meghatározhatóvá váltak azok a vízszint alakulására hatást gyakorló földtani tényezők, melyek a depresszió központi részét jól körbehatárolták.

ÉNy-on a szinklinális szerkezet, elsősorban annak központi sávja jelentős, ebben a folyamatos üledékképződés következtében csak igen korlátozott lehetőség volt a víztároló, vízvezető karsztos üreg- és járatrendszer kialakulására.

DNy-on, DK-en és ÉK-en az ÉNy-DK-i, illetve erre merőleges irányú – uralkodóan alsó miocén korú horizontális elmozdulási vonalak játszanak lényeges szerepet. A karsztvíz nyomásszintjét bemutató izovonalak alapján e tektonikai elemek csapásirányukban igen kedvező, arra merőleges irányban pedig erősen korlátozott lehetőséget biztosítanak a nyomásterjedés és az áramlás számára.

A horizontális elmozdulási vonalaknál fiatalabbak a jó vízvezető felső miocén és pannóniai képződmények. Ezek a jó vízvezető mészkő és kavicskőzetekből felépülő rétegek a horizontális elmozdulási vonalak fölött települnek, lefedik azokat, s kifejlődési területük azon részein, amelyek közvetlenül a főkarszt víztároló összlet fölött települnek, jó lehetőséget teremtenek az egyébként a horizontális elmozdulási vonalak által korlátozott nyomásterjedés számára. Ez a tény magyarázza a depressziós tölcser központi részének jó kapcsolatát a Tapolcai-medence és a Keszthelyi-hegység DK-i része felé a közöttük húzódó horizontális elmozdulások ellenére, s ennek köszönhető, hogy a tapolcai tavasbarlangban már a visszatöltődés korai szakaszán ismét megjelent a víz, valószínűleg fontos a nyomásterjedést és a vízáramlást gátló szerepük van a Várvolgyi medencében és a nyírádi plató DK-i részén lévő bazaltoknak.

A Keszthelyi-hegység

A terület karbonátos köztömegének utánpótlódási területi szerepe egyértelmű. Eredeti állapotban a karsztvízszint a nyírádi területtől a Keszthelyi-hegységen keresztül lejtett a Hévízi-tó irányában, a vízkiemelés hatására a hegységben ÉNy-DK-i irányú vízválasztó alakult ki. A legmélyebb természetes megcsapolási területet a Hévízi-tó (+109 mBf) és a balatoni fenékforrások (+110 mBf) jelentik.

A hévízi forrástó

A térség természetes állapotában Európa legnagyobb – 45 000 m² felületű, 200–240 m átmérőjű – gyógytava volt a karsztvízkészlet legjelentősebb megcsapolója [1]. A tavat tápláló forrás eredeti hozamát 600 l/min körüli értékre becsülik. A tóforrásban a felszín alól feláramló víz utánpótlódása uralkodóan a hegységi területeken felszínre bukkanó mezozoós karbonátos – karsztosodásra alkalmas – kőzetekbe beszivárgó csapadékvízből történik. A karsztba közvetlen beszivárgáson kívül jelentős – a hozam körülbelül negyedrészt adó – szerepe van a dombvidéki területeken a karsztvíztároló kőzetek fölött települő pannóniai korú finomtörmelékcses kőzetek közvetítésével végbemenő utánpótlódásnak is [5].

A tavat tápláló források a pannóniai homokkőben kialakult forrásbarlangban fakadnak. A barlangot felfedező bűvárok a keleti oldalon 17,2 °C-os hideg, a nyugati oldalon 39,6 °C-os meleg víz beáramlását észlelték, ezek keveredése a barlang szájánál 38,8 °C-os vízhőmérsékletet eredményezett. A forrásvíz korának megismerését célzó izotópvizsgálatok szerint a meleg víz pár tízezer évig, a hideg komponens csak néhány ezer évig tartózkodott a felszín alatt. E tények egyértelműen eltérő utánpótlódási pályákat jeleznek a két víztípus esetében.

A tóforrások hozama a térség karsztvízháztartásába való beavatkozások – kezdetben a tó közvetlen környezetében történt termálvíz-, majd a távolabbi bányászati vízkiemelések – s részben az után-

pótlódásra negatívan ható csapadékszegény időszak következtében 80-as évek második felében 300 l/min alá csökkent.

A nyírádi bányászati célú vízkiemelés felhagyása után a vízhozam jelentősen emelkedett, s 1999-ben már meghaladta a 400 l/min értéket.

A térség áramlási modellje

A bányászati vízkiemelések hatására a térség eredeti áramlási rendszere megváltozott. Nyírád környéke – a korábbi utánpótlódási terület – a legalacsonyabb nyomásszintű megcsapolódási területté vált. A Keszthelyi-hegységben ÉNy-DK-i irányú vízválasztó alakult ki. A hegység döntő szerepet játszik a Hévíz-tó hideg ágának utánpótlódásában. A karsztos felszínre hulló csapadék beszivárgó része lefelé szivárog, maximálisan a vízrekesztő veszprémi márga rétegig. A vízzáró réteg hatására Ny felé áramló, s a viszonylag rövid áramlási pálya következtében még fel nem melegedett, csupán pár ezer éves karsztvíz a – csapásirányban igen kedvező, arra merőlegesen kedvezőtlen vízvezetést okozó – horizontális elmozdulási vonal K-i oldalán áramlik fel a Hévíz-tó forrásbarlangjába.

A tó meleg ágát adó karsztvíz jóval hosszabb pályán áramlik, s ez lehetőséget ad felmelegedésére. A döntően a Bakonyban beszivárgó csapadék a szinklinális szerkezet északi szárnyán DNy-i irányban halad. A zalai térséget elérve kelet felé áramlik tovább, majd a Hévíz-tó alatti horizontális elmozdulási vonal Ny-i oldalán jut a forrásbarlangba. A meleg ág utánpótlásához a Keszthelyi-hegységből származó csapadék is hozzájárul, a hegység előterében húzódó, a szinklinális szerkezet vízzáró középső sávját átharántoló, ÉNy-DK-i irányú horizontális elmozdulási vonalak mentén ÉNy felé áramolva.

A nyírádi depressziós tölcser területe is részben az ÉNy-DK-i, csapásirányban jó vízvezető szerkezeti vonalak mentén áll kapcsolatban a tágabb térséggel.

Az ismertetett utánpótlódási modell elemei már körvonalazódtak a korábbi évtizedek kutatásai során [1, 3, 5]. A részletes földtani elemzés eredményeként az áramlási modell olyan konkrét földtani tényezőkhöz kapcsolható, melyek helye pontosan rögzíthető, s ennek a vízkészletet érintő különféle beavatkozások előzetes hatásvizsgálata során van igen nagy jelentősége.

A Dunántúli-középhegység DNy-i részének kapcsolata a zalai térséggel még igényli az utóbbi területen képződött nagymennyiségű adat további célirányos kiértékelését. A Dunántúli-középhegység DNy-i részén történt beavatkozások során szerzett tapasztalatok egyértelműen jelzik, hogy részletes hidrogeológiai ismeretek szükségessé a hidrodinamikai rendszert érintő tevékenységek hatásainak felméréséhez és a körülmekintő döntések meghozatalához.

Irodalom

[1] Böcker T.: A Keszthelyi-hegység és környezetének rövid összefoglaló vízföldtana. Kézirat, 1984.

[2] Csillag G.-Nádor A.: Multi-phase geomorphological evolution of the Keszthely Mountains (SW-Transdanubia) and karstic recharge of the Hévíz lake. Z. Geomorph. N.E. 1997. p. 16–26.

[3] Horváth L.: A hévízi gyógytó távolabbi környezetének vízgazdálkodási és környezetvédelmi problémái. Magyar Hidrológiai Társaság, XII. Országos Vándorgyűlés. Siófok, 1994. 431–446. p.

[4] Jocháné Edelényi E.: A geológiai felépítés hatása a Dunántúli-középhegységi karsztvízdepressziók visszatöltődésében. A Magyar Geológiai Szolgálat 1996. évi beszámolója. 1997. 25–27. p.

[5] Jocháné Edelényi E.-Gondárné Sőregi K.-Farkas S.-né: A Dunántúli-középhegységi depressziók feltöltődésének geológiai meghatározottsága. Kézirat. MÁFI Adattár. 1997.

[6] Lorberer Á.-Lorbererné Szentes I.-Mike K.: A Balaton vízgyűjtő földtani kialakulása, felépítése és vízföldtani viszonyai. – in A Balaton kutatása és szabályozása. VITUKI Közlemények, 1980. 27. sz. 46–121. p.

E. Edelényi, Geolog.: The impact of the geologic morphology on the water flow system at the south-western part of the Transdanubian Mountain – range of medium height

The author broadly reviews the relationship between the funnel of depression at Nyírád and watersupply of the lake at Hévíz. The significant thermal water reserve the carst of Zala is affected by the flow system of the territory.

A nyugat-dunántúli régió hőbányászatának helyzete a geotermikus adottságok tükrében

MENYHÉRT BARNABÁS okl. bányageológus, okl. hidrogeológus, szakmérnök

A szerző a nyugat-dunántúli régió, azaz Győr-Moson-Sopron, Vas és Zala megye területén végzett vizsgálatairól számol be. Részletesen tárgyalja a régió geotermikus adottságait, valamint hasznosítási elveket vázol. Perspektivikus területnek tartja a zalai karsztos hévíztárolót, valamint a Kisalföld pannon medencéjét.

Csaknem negyedszázada foglalkozom a jelzett terület geotermikus adottságainak vizsgálatával. Adatgyűjtésemet kiterjesztettem az Alpok-Adria Munkaközösség tartományaira is, ez hat országból 19 tartomány (megye). Az információk nagyon részletes adatokat tartalmaznak az egyes lelőhelyek hőbányászati helyzetéről. Általánosságban megállapítható:

– A geotermikus kutak jelentős része a kőolaj- és földgázkutatá-

sok eredményeként maradt meg mint meddő CH-kút. Ezek a kutak ipari méretekben nem tártak fel kőolajat vagy földgázt, viszont hévíztermelésre alkalmasak vagy azzá tehetőek.

– A kutak kisebb része földtani szerkezetek kutatásának eredménye.

– Jóval kevesebb az olyan geotermikus kutak és hasznosítási helyek száma, amelyeket kimondottan hévíznyerési céllal létesítettek.

E rangsorolás abból adódik, hogy a geotermikus kút (termálkút) létesítése rendkívül költséges és nagy kockázattal járó tevékenység, a véghasznosító beruházásnak mintegy 50%-át felemészti.

A felmérés eredményéből az is kiderül, hogy a geotermikus kutatásnak van jövője, mert a geotermikus energia a megújuló energiák közé tartozik, és készlete 10 nagyságrenddel nagyobb, mint a fosszilis energiahordozóké. Hasznosítása környezetbarát vagy azzá tehető, ha a kitermelt nagy sótartalmú fluidumot visszatáplálják eredeti helyére.