

HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 96. ÉVF. 1. SZÁM • 2016
HUNGARIAN HYDROLOGICAL BULLETIN • VOL 96. NO 1. • 2016





Hidrológiai Közlöny

A Magyar Hidrológiai Társaság lapja
Megjelenik háromhavonként

F szerkeszt :

Fehér János

Szakszerkeszt k:

Ács Éva
Konecsny Károly
Nagy László

Szerkeszt bizottság elnöke:

Szóll si-Nagy András

Szerkeszt bizottság tagjai:

Ács Éva, Baranyai Gábor, Bezdán Mária, Bíró Péter, Bíró Tibor, Bogárdi János, Csörnyei Géza, Engi Zsuzsanna, Fehér János, Fejér László, Fekete Balázs, Gampel Tamás, Gayer József, Hajnal Géza, Ijjas István, Istvánovics Vera, Józsa János, Kling Zoltán, Konecsny Károly, Kovács Sándor, Major Veronika, Melicz Zoltán, Nagy László, Nováky Béla, Rákosi Judit, Román Pál, Szabó János Adolf, Szilágyi Ferenc, Szilágyi József, Szlávik Lajos, Szolgay János, Sz cs Péter, Tamás János, Vágás István, Vekerdy Zoltán

Kiadó:

Magyar Hidrológiai Társaság
1091 Budapest, Üll i út 25. IV. em.
Tel: +36-(1)-201-7655
Fax: +36-(1)-202-7244
Email: titkarsag@hidrologia.hu
Honlap: www.hidrologia.hu
A Kiadó képvisel je: Szlávik Lajos, a Magyar Hidrológiai Társaság elnöke

Hirdetés:

Gampel Tamás, a Magyar Hidrológiai Társaság f titkára
1091 Budapest, Üll i út 25. IV. em.
Telefon: (1)-201-7655 Fax: (1)-202-7244
Email: fotitkar@hidrologia.hu

Indexed in:

Appl. Mech.; Rew. Chem.; Abstr.
Fluidex; Geotechn. Abstr.; Meteor /
Geostrophys. Abstr. Sei.; Water Res.
Abstr.

Index: 25374
HU ISSN 0018-1323

Tartalomjegyzék

Szlávik Lajos: A Magyar Hidrológiai Társaság 100 éves centenáriuma	3
Szóll si-Nagy András: Harminc év	5
Fejér László: 125 éve kezd dött a Balaton kutatása	6
Sz cs Péter és Mikita Viktória: Felszín alatti vízkészleteink és a hidrogeológiai kutatások helyzete hazánkban	7
Kovács Attila, Marton Annamária, Tóth György és Sz cs Teodóra: A sekély felszín alatti vizek klíma-érzékenységeinek országos lépték kvantitatív vizsgálata	21
Engi Zsuzsanna, Tóth Gábor, Somogyi Katalin, Lanter Tamás, Hercsel Róbert és Bozzay Ferenc: A Mura folyó kanyarulatvándorlásainak elemzése és hullámterének feliszapolódás-vizsgálata 2D modellezéssel	33
Konecsny Károly, Gauzer Balázs és Varga György: A 2006 tavaszán levonult nagy tiszai árvíz kialakulását befolyásoló hóviszonyok jellemz i	49
Ilyés Csaba, Turai Endre és Sz cs Péter: 110 éves hosszúságú hidrometeorológiai adatsorok ciklikus paramétereinek vizsgálata	61
KÖSZÖNT	
Dr. Szigyártó Zoltán 90 éves	71
Dr. Szigyártó Zoltán munkássága	72
ÉLETUTAK	
Prof. Dr. Ijjas István	73
NEKROLÓG	
Dr. Literáthy Péter (1938-2015)	77
KÖNYVISMERTET	
A Tisza és árvizei	78
Szolnok és a Közép-Tisza-vidék vízügyi múltja. IV. (1975-2010)	79

Címlapfotó: Víz Zsigmond, Duna Múzeum.

A volt VITUKI Hidraulikai Laboratóriuma bejáratát korábban díszít mozaikot sikerült megmenteni, jelenleg az esztergomi Duna Múzeum udvarán tekinthet meg



Hungarian Hydrological Bulletin

Journal of the Hungarian Hydrological Society
Published three monthly

Editor-in-Chief:

János FEHÉR

Assistant Editors:

Éva ÁCS

Károly KONECSNY

László NAGY

Editorial Board Chairman:

András SZÖLL SI-NAGY

Editorial Board Members:

Éva ÁCS, Gábor BARANYAI, Mária BEZDÁN, Péter BÍRÓ, Tibor BÍRÓ, János BOGÁRDI, Géza CSÖRNYEI, Zsuzsanna ENGI, János FEHÉR, László FEJÉR, Balázs FEKETE, Tamás GAMPEL, József GAYER, Géza HAJNAL, István IJJAS, Vera ISTVÁNOVICS, János JÓZSA, Zoltán KLING, Károly KONECSNY, Sándor KOVÁCS, Veronika MAJOR, Zoltán MELICZ, László NAGY, Béla NOVÁKY, Judit RÁKOSI, Pál ROMÁN, János Adolf SZABÓ, Ferenc SZILÁGYI, József SZILÁGYI, Lajos SZLÁVIK, János SZOLGAY, Péter SZ CS, János TAMÁS, István VÁGÁS, Zoltán VEKERDY

Publisher:

Hungarian Hydrological Society
H-1091 Budapest, Úll i út 25., Hungary
Tel: +36-(1)-201-7655; Fax: +36-(1)-202-7244;
Email: titkarsag@hidrologia.hu ;
Web: www.hidrologia.hu
Represented by: Lajos SZLÁVIK, President
of the Hungarian Hydrological Society
Email: titkarsag@hidrologia.hu

Advertising:

Tamás GAMPEL, Secretary General of the
Hungarian Hydrological Society
H-1091. Budapest, Úll i út 25., Hungary
Phone: +36-1-201-7655. Fax: +36-(1)-202-7244
Email: fotitkar@hidrologia.hu

Indexed in:

Appl. Mech.; Rew. Chem.; Abstr.
Fluidex; Geotechn. Abstr.; Meteor /
Geostrophys. Abstr. Sei.; Water Res.
Abstr.

Index: 25374

HU ISSN 0018-1323

Contents

Lajos SZLÁVIK: On the centenary of the Hungarian Hydrological Society	3
András SZÖLL SI-NAGY: 30 years	5
László FEJÉR: The Lake Balaton research started 125 years ago	6
Péter SZ CS and Viktória MIKITA: The situation of groundwater resources and the related research activities in Hungary	7
Attila KOVÁCS, Annamária MARTON, György TÓTH and Teodóra SZ CS: Quantitative investigation of climate change impact on shallow groundwater conditions in Hungary	21
Zsuzsanna ENGI, Gábor TÓTH, Katalin SOMOGYI, Tamás LANTER, Róbert HERCSEL and Ferenc BOZZAY: Analysis of meander migration and 2D modeling of the silting up processes of the Mura river's foreshore area	33
Károly KONECSNY, Balázs GAUZER and György VARGA: Main characteristics of snow conditions affecting the development of the major Tisza River flood in the spring of 2016	49
Csaba ILYÉS, Endre TURAI and Péter SZ CS: Examination of cyclic parameters of 110 year long hydrometeorological datasets	61
BIRTHDAY GREETING	
Dr. Zoltán SZIGYÁRTÓ is 90 years old	71
Oeuvre of Dr. Zoltán SZIGYÁRTÓ	72
COURSES OF LIFE	
Prof. Dr. István IJJAS	73
OBITUARY	
Dr. Péter LITERÁTHY (1938-2015)	77
BOOK REVIEW	
The Tisza River and its floods	78
Historical Books of Water Management – Water management history of the Middle Tisza Region IV. (1975-2010)	79

Felszín alatti vízkészleteink és a hidrogeológiai kutatások helyzete hazánkban

Szűcs Péter - Mikita Viktória

Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézet, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék, MTA-ME M szaki Földtudományi Kutatócsoport, 3515. Miskolc-Egyetemváros, Magyarország (E-mail: hgszucs@uni-miskolc.hu)

Kivonat

A felszín alatti vízkészletek igen jelentős szerepet játszanak Magyarországon. A cikk bemutatja a legfontosabb hazai hidrogeológiai vonatkozásokat, valamint a szakemberek előtt álló legfontosabb jövőbeli feladatokat és lehetőségeket. Világossá vált, hogy a hazai felszín alatti vizekkel kapcsolatos kihívások és problémák hatékony megoldására nemzetközi szintű kutatási eredményekre van szükség. A ma is kiemelkedő színvonalú és nemzetközileg is látható hazai hidrogeológiai kutatások döntő része felsőoktatási intézményekben, valamint akadémiai kutatóintézetekben folyik különösebb koordináció nélkül. Természetesen kialakultak jó példát mutató együttműködések a kutatóhelyek között, de a nagynevelődők munkáját folytató hazai kutatói kapacitás még hatékonyabban kihasználható lenne megfelelő szintű hálózati együttműködés és feladatorientált finanszírozás révén.

Kulcsszavak

hidrogeológia, felszín alatti vízkészletek, ivóvíz, ásványvíz, gyógyvíz, hévíz, kutatás

The situation of groundwater resources and the related research activities in Hungary

Abstract

Groundwater resources play significant role in Hungary. The paper gives information about the important facts of the Hungarian hydrogeological conditions. The most important tasks and opportunities related to groundwater are also detailed. It is clear now for the experts that new, internationally acknowledged research results are required to find effective solutions for the groundwater management practice. The largest part of the current research activity is carried out at national universities and academic institutions without any coordination. Coordinated research network activity could strengthen the groundwater related solutions for the water sector in Hungary in the near future.

Key words

hydrogeology, groundwater resources, drinking water, mineral water, medicinal water, thermal water, research activity

BEVEZETÉS

Magyarország vezetékes vízellátásában igen nagy szerepe van a felszín alatti vízkészleteknek. Az ivóvízellátás több mint 95%-a felszín alatti vizeinkből származik. Híresek vagyunk ásványvíz-, gyógyvíz- és hévízkészleteinkről, geotermikus adottságainkról. Sok kiváló szakmai munka mellett a legátfogóbbnak tekinthet két hazai kiadású szakkönyvből (Juhász, 2002; Marton, 2009) megismerhetjük a 2010 előtti időszak legfontosabb magyarországi vonatkozású kutatási eredményeit a viszonylag jó adottságokkal rendelkező, de számos specialitást mutató felszín alatti vizeinkkel kapcsolatban. A hidrogeológusok szakmai felelőssége jelenleg is nagy a tekintetben, hogy felszín alatti vizeinket mennyiségi és minőségi szempontokat is figyelembe véve fenntartható módon hasznosítsuk, illetve hosszú távon megőrizzük. Az utóbbi időben azonban számos új globális és lokális természeti és társadalmi problémával is szembesülnünk kellett, amelyek káros hatásai sajnos jelentenek a környezeti elemekre, így a felszín alatti vizekre is. A jelen és a jövő hazai hidrogeológusainak új típusú szakmai kihívásokra kell hatékony választ adniuk intenzív kutatásokra alapozott innovatív megoldások segítségével. A válasz megtalálásában részben segítségünkre lehetnek azok a magas színvonalú szakmai anyagok is, amelyek a Köztisztviselési Stratégiai Programok Keretében születtek. 2008-ban fogadták el az MTA Köztisztviselésének

stratégiai programjait nyolc, az ország jövőjét meghatározó témakörben. A hidrogeológusoknak igen jelentős szerep juthat három meghatározó területen is, amelyekben már elkészültek a stratégiai programok: Magyarország vízgazdálkodása (Somlyódy, 2011), Környezet- és klímabiztonság (Bozó, 2010), valamint a Megújuló energiák hasznosítása (Büki – Lovas, 2010). Világossá vált azonban, hogy a hazai felszín alatti vizekkel kapcsolatos kihívások és problémák hatékony megoldására nemzetközi szintű kutatási eredményekre van szükség. A ma is kiemelkedő színvonalú és nemzetközileg is látható hazai hidrogeológiai kutatások döntő része felsőoktatási intézményekben, valamint akadémiai kutatóintézetekben folyik különösebb koordináció nélkül. Természetesen kialakultak jó példát mutató együttműködések a kutatóhelyek között, de a nagynevelődők munkáját folytató hazai kutatói kapacitás még hatékonyabban kihasználható lenne megfelelő szintű hálózati együttműködés és feladatorientált finanszírozás révén.

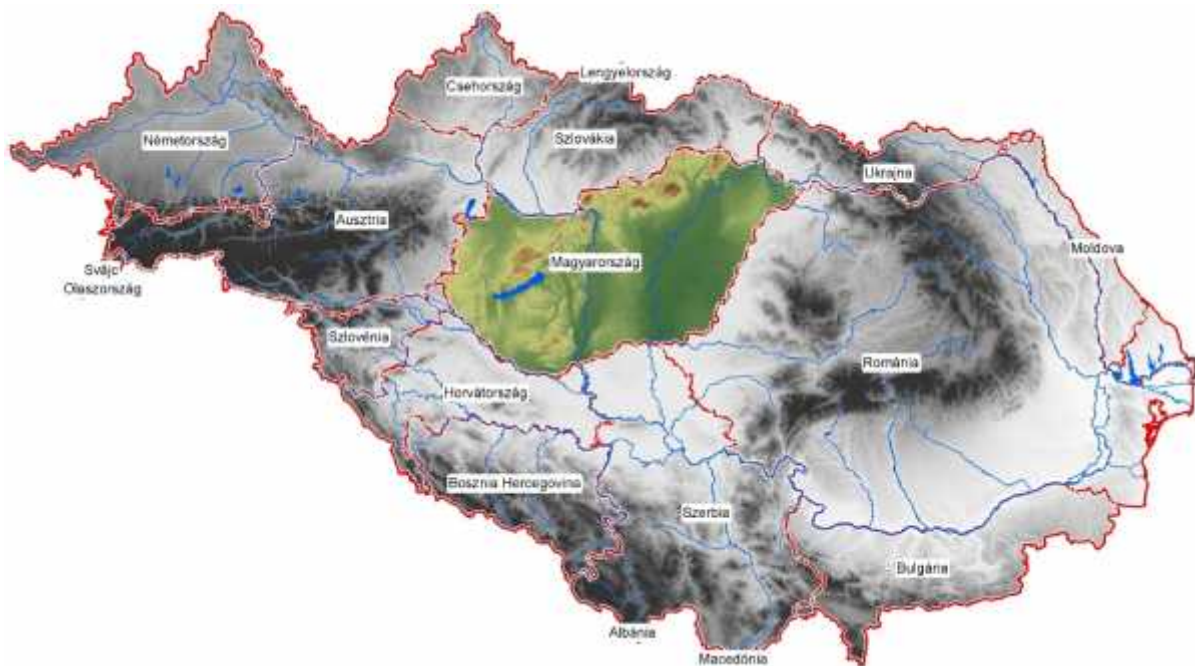
HIDROGEOLÓGIAI VISZONYOK A KÁRPÁT-MEDENCE BELSEJÉBEN

Magyarország a Duna vízgyűjtő területén belül a Kárpát-medencében, a föld egyik legzártabb medencéjében helyezkedik el (1. ábra). Ennek a természetföldrajzi vonatkozásnak igen fontos kihatásai vannak a

felszíni és felszín alatti vízkészleteinkre. Viszonylag kis terület hazánk hét országgal szomszédos, amely tény speciális viszonyokat alakít a felszín alatti vizek esetében is. Európán belül Magyarországnak van fajlagosan a legtöbb határral osztott felszín alatti vízbázisa. Az ország vízgyűjtő-gazdálkodási tervében (URL1) megadott 185 felszín alatti víztestből jelenleg negyven a hivatalosan is elismert határral osztott víztest. A tényleges helyzet ennél is nagyobb kiszolgáltatottságot jelent. Felszín alatti víztesteink fele határral osztottnak tekinthető, azaz országon kívüli hatások is jelentős mértékben befolyásolhatják felszín alatti vizeink mennyiségét és minőségét. E tény sokkal kevésbé közismert vagy látható, mint az, hogy a felszíni vizeink mintegy 96%-a nyugati, északi és keleti határainkon keresztül érkezik hazánk földjére. A határszéleken Magyarország a felszín alatti vízkészleteket illetően is döntően alvízi helyzetben van, sajátos, részben kiszolgáltatott helyzetet teremtve. A hazai kutatások eredményeképpen fontos eredmények születtek a határral osztott felszín alatti vízadók vízkészleteinek hasznosítása területén (Szűcs *et al.*, 2013), amely tapasztalatokat

számos UNESCO kurzus keretében sikerült megosztani a nagyvilágban. A határral osztott vízgyűjtőknél a környezet- és klímaváltozás hatásai még intenzívebben jelentkezhetnek. E változásokra hidrogeológusainknak fel kell készülniük. Szomszédaink közül Ausztria (1995), Szlovákia, Szlovénia (2004), Románia (2007) és Horvátország (2013) az Európai Unió tagja. Velük a szakmai együttműködés a jogharmonizáció és az európai közös értékek mentén általában már egyszerűbb, mint a Duna-programokhoz csatlakozott, de nem EU-tag Szerbia és Ukrajna esetében.

Hazánk vízföldtani adottságai egyrészt igen jók, ugyanakkor a hidrogeológus szakembereknek speciális, az alábbiakban részletezett földtani, hidrogeológiai, meteorológiai és geotermikus viszonyokra kell számítaniuk a Pannon-medencében. Hazánk viszonylag nagy területein ugyanabban a naptári évben előfordulhat a felszín alatti vizekre is hatással levő árvíz, belvíz és akár aszály. A vízkészletekkel foglalkozó szakembereknek a vizek hasznosítása mellett a vizek kártétele elleni védelemre is fel kell készülniük Magyarországon.



1. ábra. Magyarország elhelyezkedése a Duna vízgyűjtő területén belül a Kárpát-medencében (forrás: VKKI)
Figure 1. The location of Hungary in the Danube watershed and within the Carpathian basin (source: VKKI)

Hazánk változatos földtani és hidrogeológiai képet mutat, ahol szinte minden, szakmai szempontból izgalmas jelenség megtalálható egymás közelében. A vízellátás szempontjából komoly jelentőséggel bíró karszthegységeink hidrogeológiai viszonyai (Erőss *et al.*, 2012) mellett tanulmányozhatóak a hasadékos vulkáni, magmás és metamorfit kőzetek igen érdekes vízraktározási viszonyai is (Székely *et al.*, 2015). A nemzetközi érdeklődés figyelmébe került Alföld és a Kisalföld számos megoldásra váró problémát kínál a

hidrogeológusok számára. A szakmai érdekességek sokaságának természeti okai között szerepel az, hogy a Föld kérge viszonylag vékonyabb a Kárpát-medence alatt, másrészt az egész Kárpát-medence jelenleg is megfigyelhető tektonikai kompresszió révén térrövidülés alatt áll, amely tovább fokozza a mélyebben elhelyezkedő vízadó és egyéb fluidumtároló összletek porusnyomását.

Az Alföld egészét tekintve a rekonstruált felszín alatti vízárnyék értelmezése alapján két folyadékhajtó

energiafajta jelenlétével kell számolnunk. Felül egy gravitációs folyadékrendszer, míg alatta a tektonikai kompresszió által is generált túlnyomásos, vagy egyes emelkedő területeken alulnyomásos folyadékáramtér található (Mádl-Sz. nyi et al., 2015). Az üledékképzésből, fluidumh. mérséklet-emelkedésből és tektonikai kompresszióból eredő túlnyomások forrás helyei uralkodóan a pre-neogén aljzat kimagasló rögei. Ebben a mély, fojtott hidraulikus áramlási rendszerben a folyadékok függőleges mozgáskomponense egyértelműen felfelé irányul. Az említett két nagy áramlási rendszer határfelülete igen komplex (Czauner and Mádl-Sz. nyi, 2013): mélysége az Alföld különböző területein még meghatározásra vár. A csatlakozási zóna alakja és dinamikai jellege nagyon változó, és függ a hidrogeológiai környezettől, azaz a helyi domborzati, meteorológiai és geológiai viszonyoktól. Az Alföld k. zetzvázát egy komplex szerkezetű pre-neogén aljzatú medence 7000 m vastagságot is elérő, fluidummal kitöltött neogén törmelékes üledékösszlet alkotja. Magyarországon a felszín alatti k. zetek pórusaiban és repedéseiben egy időben kb. 5000 km³ víz helyezkedik el. Ez a mennyiség tekinthető az ún. statikus felszín alatti készletnek. A fenntartható vízhasznosítás szempontjából sokkal nagyobb jelentőség a dinamikus készletek meghatározása. Országos szinten a felszín alatti, fenntartható módon kitermelhető vízkészlet kb. 1,5-2 km³/év körül alakulhat, amely értéket további kutatások pontosíthatnak. Az üledékes összletek mellett a felszín alatti vizek kitermelése szempontjából hazánkban jelentős szerepet játszanak a repedezett (karsztos és vulkáni) vízadók is.

FELSZÍN ALATTI VIZEK A VÍZELLÁTÁSBAN

A világ vízellátásában a felszín alatti víz átvette a vezető szerepet a felszíni vízkészletektől (Sz. cs et al., 2009). Európában ma már a vízellátás 75%-a, míg Magyarországon több mint 95%-a származik a felszín alatti vizekből. Bár az ivóvízellátó közmezők napi kapacitása Magyarországon 4,5 millió m³, az éves termelt ivóvíz mennyisége csak kb. 700 millió m³. Az ivóvíz mellett az ásvány- és gyógyvizeinket, valamint a hévizeket is magában foglaló felszín alatti vízkészleteink még inkább felértékelődnek a közeljövőben, hiszen egyre szaporodnak a Föld lakosainak már jelenleg is mintegy felét érintő vízellátási problémák. Sajnos a változó természeti feltételek és adottságok mellett felszín alatti vízkészleteinket is veszélyeztetik azok az emberi hatások, amelyek egyrészt a környezeti elemek szennyezésében vagy például az éghajlatváltozásban fejtik ki hatásukat. Érdekes hidroológiai különbség, hogy a szomszédos Romániában a vezetékvesztéses vízellátás ma is döntően felszíni vízkészletekre támaszkodik.

Magyarországon a felszín alatti vizek esetében a gyakorlati osztályozás (Juhász, 2002) alapján többfajta víztípust is elkülönítünk. A parti sz. rész – a folyók kavicsteraszához közvetlenül is kapcsolható

– vízkészleteket is ide soroljuk a hazai nevezéktan szerint. E vízkészletek – amelyek a vízellátás közel 40%-át teszik ki – bizonyítékai a felszín alatti és felszíni vizek közötti kölcsönhatásnak. A termelés fontos feltétele a mederfenéken a termelés hatására kialakuló, mikrobiológiailag aktív sz. r. réteg. E vízkészlet meg. része stratégiai fontosságú, Budapest szinte teljes egészében parti sz. rész vizet használ majd kétmillió lakosa ellátására. E vízkészletet leginkább a folyó felől érkező szennyezők veszélyeztethetik. A parti sz. rész vízkészletek mellett elsősorban síkvidéki területeinken a rétegvizek jelentik még ivóvizeink legjelentősebb forrását. A Dunántúli-középhegység és a Bükk környezetében a sérülékeny karsztvíz is számottevő a víztermelésben. Sajnos a felszínhez legközelebb eső talajvizeink többsége ma már olyan rossz minőségű, hogy nem alkalmas ivóvízellátásra. Az ország kisebb területén, pl. a Tokaji-hegységben a vulkáni k. zetek hasadékaiban és repedéseiben tárolt víz is szerepet játszik lokális léptékben a vízellátásban. Fontos megérteni azt, hogy a felszín alatti vizek gyakorlati osztályozása egy mesterséges elkülönítést jelent, ahol az egyes felszín alatti vízkészlet fajták elkülönítése és egymással való kapcsolata mind lokális, mind regionális szinten a hidrogeológusok szakértelmét kívánja.

A biztonságos hazai vízellátás fenntartása érdekében tovább kell folytatni az országos vízbázisvédelmi programot az üzemelő és a távlati vízbázisok tekintetében. A mintegy 1700 hazai vízbázis több mint fele sérülékenynek tekinthető, így csak ezek megfelelő diagnosztikája, biztonságba helyezése és tartása garantálhatja létfontosságú nemzeti érdekünket az ivóvízellátás területén. Az ivóvízminőség-javító program keretében törekedni kell olyan lehetséges hidrogeológiai és vízgazdálkodási megoldásokra, amelyek nem csak az igen költséges víztisztítási technológiák alkalmazására támaszkodnak. Szakmai szempontból elkerülhetetlenül vált a víziközmű-szolgáltatás teljes reformja, amelyben a hidrogeológusoknak is jelentős szerepet kell kapniuk. Közös érdekünk, hogy a víziközmű-szolgáltatással kapcsolatos szakmai elvárások jelentős mértékben emelkedjenek a jövőben. Ez szolgálhatja a vízszolgáltatás minőségének és megbízhatóságának további jövőbeli javulását, illetve a vízi közmű előregedett infrastruktúrájának megújulását. Ma az igen jelentős, sokszor 20–30%-ot is meghaladó hálózati veszteségek jelentős mértékben – károsan – befolyásolják egy-egy adott helyen a természetes felszín alatti vízkészleteink mennyiségi és minőségi állapotát. Távlati vízbázisokat tekintve ugyanakkor jó helyzetben van az ország. A napi kb. 2–2,5 millió köbméteres felszín alatti víztermelés mellett kb. 1 millió m³/nap összesített kapacitású távlati vízbázissal rendelkezünk, amelynek nagyobb része a Duna és a Tisza mentén parti sz. rész rendszerként van kijelölve és védve.

ÁSVÁNY- ÉS GYÓGYVÍZ-, VALAMINT HÉVÍZKÉSZLETEINK HASZNOSÍTÁSA

Magyarország ásvány-, gyógy- és termálfvízkincse világviszonylatban is kiemelkedő, a nemzetgazdaság számára is jól hasznosítható, számos település és térség számára további felemelkedést és munkahelyteremtést jelenthet természeti érték. Az is világhírűvé vált viszont, hogy az ásvány-, gyógy- és hévizek mennyiségi és minőségi védelme, valamint fenntartható hasznosítása területén új tudományos eredményekre, innovatív szakmai megoldásokra, interdiszciplináris együttműködésre, széles körű szakmai konzultációkra és új vízgazdálkodási stratégia kidolgozására van szükség (Buday *et al.*, 2015). A Kárpát-medence összetett vízrendszerébe tartozó értékes, felszín alatti vízkészleteink hasznosítása és védelme komplex, a határokon túlnyúló szemléletet, kutatást és vízgazdálkodási gyakorlatot is igényel. A környezetvédelmi szempontokat is figyelembe vevő ásvány- és gyógyvízellátás minőségi biztosítását, a gyógyászati, rekreációs és wellness-igények kielégítését, valamint a geotermikus energia fokozott hasznosítását a nemzetközi szervezetekkel és tudományos trendekkel összehangoltan kell tervezni.

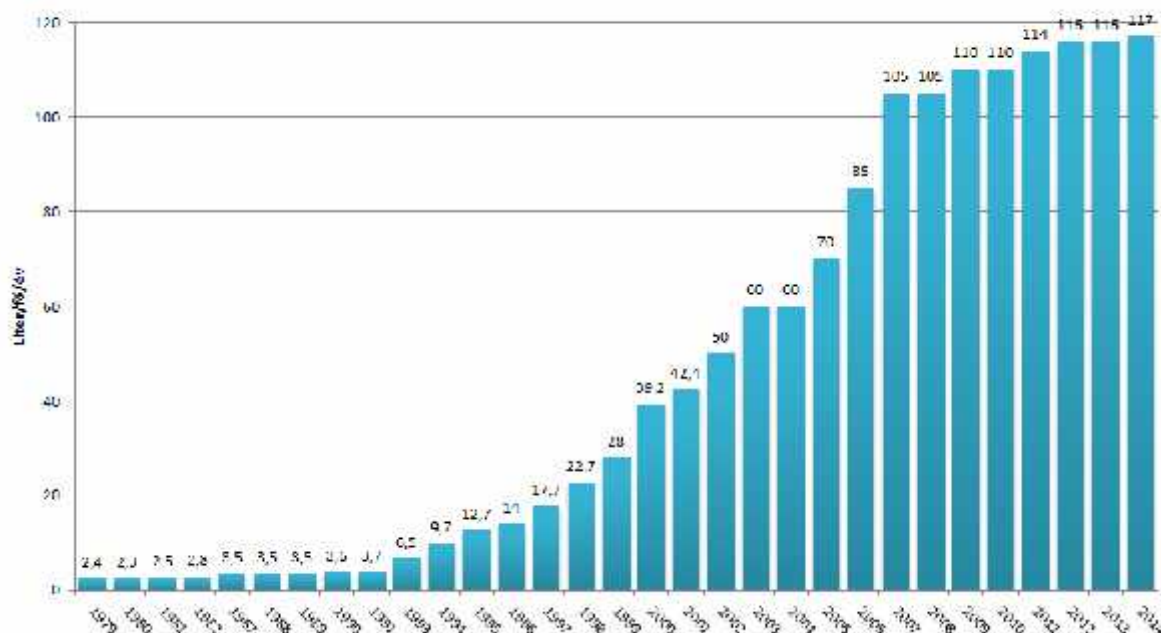
Az uniós csatlakozás után sokat változott az ásványvíz minősítési rendszere. A jelenlegi hazai és az európai uniós szabályozás szerint a természetes ásványvíz védett vízadó rétegből származik, eredendően tiszta, szennyezésmentes, összetétele ismert és a természetes ingadozás keretein belül állandó, a szigorú mikrobiológiai követelményeknek megfelelő. Az ásványvizet a víznyerő helyen palackozzák, kezelésben nem részesül, és a szén-dioxidon kívül nem tartalmaz idegen anyagot. Az ásványvizek hivatalos elismerésben részesülnek. A gyógyvíz olyan ásványvíz, amely oldott ásványianyag- vagy gáztartalma következtében gyógyhatású, meghatározott betegségekre vonatkozó gyógyhatását szigorú elírásokhoz kötött orvosi vizsgálatokkal kimutatták. Az Országos Gyógyhelyi és Gyógyfürdőügyi Főigazgatóság nyilvántartása szerint Magyarországon 258 elismert ásványvíz és 220 elismert gyógyvíz található. Az Új Széchenyi Terv Gyógyító Magyarország – Egészségipari Programja is magában foglalta hazánk kivételesen gazdag termál-, ásvány- és gyógyvízkészletének, geotermikus adottságainak hatékony, sokrétű kiaknázását és hasznosítását.

Az utóbbi húsz évben az ásványvízfogyasztás jelentősen nemcsak Magyarországon, de a világon mindenütt. Az ásványvízfogyasztás ma már szervesen hozzátartozik az egészséges életmódról kialakított képzeletünkhöz. 2013-ban és 2014-ben hazánkban az egy főre jutó ásványvízfogyasztás 117 liter/fő/év körül alakult (2. ábra). A kiváló természeti adottságokat jól jellemzi, hogy szinte minden ásványvíztípus megtalálható Magyarországon (Borszéki, 1998). Igényeink és egészségi állapotunk szerint választhatunk a kénes, a radontartalmú, a savanyú, az alkalikus, a földes-meszes, a konyhasós, a keserűsós, a vasas és a jódos, valamint a brómos ásványvizek közül. Jelenleg több mint ötven különböző hazai palackozott ásványvíz kerül kereskedelmi forgalomba. Az ásványvíz nemcsak az emberi

szervezetre gyakorolt kedvező hatása miatt fontos, hanem a szépségiparnak is kitűnő alapanyaga (például természetes ásványvíz alapú kozmetikumok). Az is említést érdemel, hogy hazánkban a vezetékes ivóvizek nagyon sok helyen ásványvíz minőségűek. Igaz, közegészségügyi szempontok miatt klórozottak, illetve egyes vidékeken enyhén mellékesek. Ezért fordulhat elő az is, hogy az olcsó és a mindig rendelkezésre álló kiváló minőségű csapvizek helyett sokszor a szubjektív igényeinknek jobban megfelel, de a fajlagosan sokkal drágább ásványvizeket részesítjük előnyben.

Az ásvány- és gyógyvizek igazi értékét elsősorban a vízben oldott kémiai elemek, ásványi anyagok és gázok minősége és mennyisége határozza meg. E tekintetben a hazai és az egész Kárpát-medencében előforduló ásványvizek sokkal gazdagabbak és értékesebbek az Európai Unió egyéb területein feltárt és jóval hígabb összetételű ásványvizeknél. A Kárpát-medencében a Hargita vidéke tekinthető az egyik legjobb ásványvízlelőhelynek, ahol alig több mint 6000 km²-es területen fantasztikus változatosságban fordulnak elő a „borvizek”. A komplex vízföldtani és tektonikai viszonyok mellett a székelyföldi terület aktív utóvulkáni folyamatok szintén hozzájárulnak az itt található felszín alatti vizek igen értékes ásványianyag-tartalmához. Az 1806-tól palackozott Borszéki ásványvíz nem véletlenül nyerte el az Ásványvizek királynéje címet 1873-ban. A hazai gyógyturizmus számára nagy jelentőségű, hogy kormányzati támogatással jelentős fejlesztések történtek az elmúlt évtizedben. Több mint száz termálfürdőfejlesztési projekt kapott támogatást. Az Országos Gyógyhelyi és Gyógyfürdőügyi Főigazgatóság nyilvántartása szerint Magyarországon mintegy ezerkétszáz hévízkút, hetven gyógyfürdő, öt gyógybarlang, öt helyszíni kitermelés, iszaptelep, egy mofetta és tizenhárom gyógyhely található. Nemzetközi összefüggésben hazánk a termálfvízben leggazdagabb első öt ország közé tartozik. A fejlesztések eredményeként ma már kb. negyven nagy, nemzetközileg is elismert gyógy- és termálfvízre épülő központ van Magyarországon. Gyógyvízkészleteink a gyógyhatások sokféleségét tekintve világszinten is egyedülálló értéket képviselnek. A balneológia (gyógyfürdőtan) tudománya a gyógyfürdők és gyógyvizek gyógyfürdői alkalmazásával foglalkozik. A fürdő kúrák során egyrészt víz fizikai tényezői (hőmérséklete, nyomása, felhajtóereje) hatnak az emberi szervezetre. Ezeket a hatásokat használja fel a hidroterápia. A hidroterápiás hatásokat kiegészítik a gyógyvízben oldott állapotban található ásványi anyagok és elemek hatásai. A hazai gyógyvizek orvosi hatásainak vizsgálata és mindennapi orvosi gyakorlatba való bevezetése a célja azoknak a hazai kutatóknak is, akik a közelmúltban megalapították a Nemzetközi Balneológiai Kutató Központot. Fontos lenne, hogy az egyetemi oktatáson belül legyen önálló balneológusképzés is. A Miskolci Egyetemen 2016-ban indulhat az újonnan bevezetett Balneoterápia szakirányú továbbképzési szak az Egészségügyi Kar és a Miskolci Földtudományi Kar közös szervezésében.

Ásványvíz-fogyasztás Magyarországon 1979-2014



2. ábra. Az egy főre jutó évi ásványvízfogyasztás alakulása Magyarországon (forrás: Magyar Ásványvíz Szövetség és Terméktanács)

Figure 2. The annual mineral water consumption per capita in Hungary (source: Mineral Water Association and Product Council)

A jövőben a hidrogeológiának jelentős szerepet kell játszania a geotermikus energia felhasználásának növelésében is. A 30 °C-nál melegebb hévizeknek jelentős szerepük van a hő, illetve az energia felszínre hozatalában és hasznosításában. Bonyolítja a helyzetet, hogy a termálvizek a Kárpát-medencében sok helyen hidraulikailag összefüggenek az ivóvíztermelésre használt rétegekkel. Speciális vízgazdálkodási stratégia kialakítására van szükség annak érdekében, hogy fenntartható módon elégíthessük ki egy adott területen a felszín alatti vízre alapozó ivóvíz-, gyógyászati célú és az energetikai célú igényeket. Hazánk, valamint a Kárpát-medence kimagaslóan jó geotermikus potenciálját, hidrogeotermikus rendszereit, hévízfelhasználási lehetőségeit az utóbbi időben több kiváló tanulmány is bemutatta (Mádlné Sz. nyi, 2006; Szanyi and Kovács, 2010; Székely, 2010). Magyarországon területén a felszín alatt a föld belsejében az átlagos földi hőáram értéke kb. 90 mW/m², míg a geotermikus gradiens 30–50 °C/km értéktartományban változik. Ezen adatok birtokában meghatározható az ország elméletileg rendelkezésre álló teljes dinamikus hőkészlete, amely több mint 8000 MW. Ehhez képest a geotermikus energia tényleges hasznosításának mértéke jelenleg sokkal kisebb. Az igen változatos geológiai és vízföldtani kép biztosíthatja a különböző jellegű és típusú geotermikus energia hasznosítása alapjainak kiszélesítését Magyarországon (Bobok és Tóth, 2010). A hidrogeológusoknak a pórusnyomások területén is specialitásokra kell számítaniuk. A hévíztároló neogén képződmények általában túlnyomásosak. Több

helyen a pre-neogén képződményekben és az aljzatban még az 50%-ot is meghaladó túlnyomások várhatóak, megnehezítve és drágítva a hasznosítás lehetőségeit.

Alacsony entalpiájú, 30 °C víz hőmérséklet alatti rendszerek, azaz elsősorban nyitott (víztermeléses és visszanyeletéses) és zárt rendszer (szondás és talajkollektoros) hőszivattyús rendszerek telepítésére a karsztos térségek kivételével szinte mindenütt kedvezőek a hazai földtani adottságok. A hidrogeológiai szempontból is érdekes nyitott rendszerek telepítésére hazánk folyóinak hordalékkúp-területei kiemelten alkalmasak, ahol a kiváló hidraulikai jellemzőkkel bíró, sekély mélységű vízadókból komoly hőkészletek nyerhetők ki, amelyek mind lakossági, mind középület-együttesek ellátására alkalmasak lehetnek. Szondás és talajkollektoros rendszerek telepítésére – a karsztos térségek kivételével – a felszín közeli, felszín 80–100 m (max. 250 m) vastagságú, negyedidiszjunkt, pannóniai és a miocén összletek tárolt és utánpótlódó hőkészletének kiaknázására nyílik lehetőség számos hazai területen. A hőszondák alkalmazásának legkedvezőbb területei lehetnek a már említett hazai kavics-teraszok, ahol a homokos kavicsrétegekben az átlagos 60–70 W/m² fajlagos hőteljesítmény helyett akár 80–90 W/m² fűtési- és hűtési teljesítmény elérésére is képesek a hőszondák 100 m/év körüli felszín alatti vízáramlási sebességek esetén. Meg kell jegyezni, hogy ugyanezen területrészekon lehetséges a szondánál nagyobb hőteljesítményű hőszondás rendszerek létesítésé-

hez a bányahatóság hozzájárulása vagy egy egyszerűsített építési engedélyezési eljárás, a nyitott rendszerek létesítéséhez viszont hosszabb, költségesebb és bonyolultabb vízügyi engedélyezési eljárás társul, ami a potenciális felhasználási kereteket meghatározhatja. A vertikális szondás rendszerek terjedésének akadálya a kizetmin ség lehet, laza és finomszemű üledékes képződményekben (homok, homokliszt, iszap és agyag) a jelenlegi fúrási költségek mellett még gazdaságosan, nyolc-tizenkét év megtérülési idő mellett kivitelezhetők lennének az ilyen rendszerek. Reális támogatás mellett a megtérülési idő öt-hét évre csökkenthető. Keményebb görgeteges, vulkáni és üledékes kizetek esetében a fúrási költségek növekedése miatt még megfelelő geológiai adottságok esetén sem létesíthetők megtérülési szondás rendszerek. A h szivattyús rendszerek terjedésének jelenlegi legnagyobb akadálya a rendszerek beruházásigénye. Kedvező szabályozási és támogatási rendszer mellett a h szivattyús rendszerek tömeges elterjedése várható, amelyek optimális és fenntartható módja a hidrogeológusok szakértelmét is igényelni fogja.

A közepes entalpiájú rendszerek 30–100 °C hőmérsékletű vizeit elsősorban kaszkárendszer kommunális rendszerekben fűtésre és lakossági és ipari használati melegvíz-szolgáltatásra, valamint wellness- és gyógyfürdőkben, mezőgazdasági létesítményekben (üvegházak, fóliasátrak, istállók fűtése, szárítás stb.) hasznosítják. A hévíztároló rendszerek hazai regionális eloszlása alapján megállapítható, hogy Magyarország geotermikus adottságai a közepes entalpiájú rendszerek tekintetében kimagaslóak. A legkedvezőbb adottságú térségben, a Dél-Alföldön gyakorlatilag minden település esetén földtanilag lehetséges a közepes entalpiájú rendszerekkel történő hasznosítás. Világosan látszik azonban, hogy hévízkészleteink termelése sok helyen meghaladja a fenntartható mértéket (Szanyi *et al.*, 2011). E helyeken folyamatos vízszintsüllyedéseket regisztrálhatunk. Ezért nagyon fontos az energetikai célú hévízkivételek esetében a már jogszabályilag is elírt visszasajtolás. Ez természetesen több helyen érdeksérelmeket eredményezhet, ahol előzőleg nem volt szükség, s így komoly gazdasági elnyerés lehetett szert tenni. A nagyobb hévízfelhasználók (például városi közműrendszerek) esetén a gazdasági elnyerés megmarad a visszasajtolás kivitelezése esetén is. Az egy-két vagy a technológiailag elavult néhány hévízkutas vízkivétel esetén akár a gázfűtésnél is drágább fajlagos költségeket eredményezhet a visszasajtoló rendszer kialakítása, különösen porózus vízáadó rétegekbe. Felszín alatti vízkészleteink védelmének azonban magasabb prioritást kell kapnia, mint a lokális gazdasági érdekeknek. A fentebb említett hidrogeológiai okok miatt ugyanis a hévízes rendszereink túlermelése egyrészt kedvezőtlenül alakíthatja ásvány- és gyógyvízkészleteink vízminőségét, másrészt az ivóvízellátás céljára szolgáló felsőbb rétegekben is kedvezőtlen vízszintváltozások történhetnek. A vízvisszasajtolás technológiáját tehát a költségek csökkentése érdekében fejleszteni kell.

Vízgazdálkodási szempontból az azonban elfogadhatatlan, hogy az évi kb. 50 millió m³-nyi energetikai célú hévíztermelés mellett jelenleg csak kb. 4 millió m³-t sajtolnak vissza a felszín alá. A lehetséges sokszor igen magas sótartalmú vizek eddig felszíni befogadókba kerülve okoztak jelentős környezetterhelést, illetve a felszíni vízfolyásokon keresztül elhagyták az országot. A jövőben emellett hangsúlyt kell helyezni a meglévő vízkivételek hőenergiájának optimalizálására, a többlépcsős hasznosítás terveinek kidolgozására és megvalósítására, a hasznosítás határfokának növelésére. A hazai fenntartható geotermikus energiahasznosításra jó példa az utóbbi években a miskolci nagyléptékű beruházás, amelynek eredményeképpen létrejött Közép-Európa legnagyobb geotermikus hőerőműve mintegy 50 MW fűtési kapacitással. Kistokaj és Mályi térségében 2 termelő és 3 visszasajtoló kút segítségével valósult meg a kivitelezés, ahol a teljes termelt hévíz mennyiség a kaszkádrendszer hőhasznosítás után visszasajtolásra kerül a mélykarsztos rendszerbe az energia viszonyok fenntartása miatt. A környékbeli gyógyfürdők védelme érdekében jelenleg nagy érzékenységű monitoring rendszer segítségével próbálják érzékelni az esetleges környezeti hatásokat, amelyeket eddig nem sikerült kimutatni.

A nagy entalpiájú, 100 °C víz hőmérséklet feletti rendszerek létesítésének alapvető célja az elektromos energia termelése, illetve az egységnyi elektromos energia előállításánál keletkező hatnyolc egységnyi hulladék hőenergia együttes hasznosítása. Bár az országban több helyen is találhatunk olyan területeket (például Fábiansbestyén, Makói-árok, Békéssülyedék, Derecskei-árok), ahol akár 180–200 °C hőmérsékletű felszín alatti vizek állnának rendelkezésre áramfejlesztésre, sajnos ilyen beruházások eddig nem valósultak meg a Kárpát-medencében. Egy sikeres geotermikus koncessziós pályázat eredményeként Battonya térségében folynak elvetés hazai kutatások egy EGS- (HDR) típusú erőmű kifejlesztésére, amelynek prototípusa a németországi Soultzban üzemel. Bár az üzembiztos mód során számos műszaki problémával kell megküzdeni, ugyanakkor a nagy mélységű EGS-rendszerek elvileg több helyen is telepíthetők lennének a medencealjzatban Magyarországon. Igazi szakmai kihívás, hogy nagy mélységben, közel 250 °C hőmérsékletű térségben igen jelentős térfogatú kizetben kell szabályozott repedésrendszert létrehozni, amelynek kialakítása a káros repesztésekre érzékeny térségekben nem vállalható környezeti kockázatok is jelenthet.

JÖVŐBELI KIHÍVÁSOK A HIDROGEOLÓGUSOK SZÁMÁRA A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN

A hidrogeológusokra számos szakmai kihívás és megoldandó feladat vár nemcsak a Kárpát-medencében, hanem a világon mindenütt (Galloway, 2010). A felszín alatti vizekkel kapcsolatos megoldandó problémák jelentős részének újszerűsége miatt

a korábbiakhoz viszonyítva más típusú oktatási programokat és szakmai felkészültséget kell nyújtanunk a következő hidrogeológus generációknak. Vízkészleteink fentebb ismertetett, határon átnyúló jellege miatt a hazai hidrogeológusoknak még inkább együtt kell működniük a környező országok szakembereivel (Sz. cs et al., 2013). A jövőbeli feladatok egy része a Víz Keretirányelv alapján készült hazai vízgyűjtő-gazdálkodási terv (VGT) célkitűzéseinek a megvalósításához fog kötődni. Ennek a tevékenységnek az első 6 éves ciklusa most zárult 2015-ben, és elindulhat a VGT2 nevezetű újabb hat éves szakmai program. Felszín alatti vizeink esetében is 2015-re és az utána következő időszakban el kell érni a jó mennyiségi és minőségi állapotot mind a 185 felszín alatti víztestünk esetére. Jelenleg felszín alatti víztesteink kb. 70%-a jó állapotú. Természetesen a hidrogeológusoknak ahhoz is eredményes szakmai munkát kell kifejtetni, hogy a már jó állapotban lévő víztesteink esetében ezt a kedvező helyzetet megőrizzük. Az ökológiai szemléletmód terjedése új típusú szakmai gondolkodást és tervezési megközelítést kíván hidrogeológusainktól. A felszín alatti vizekkel függő vízes élőhelyek fenntartása természetvédelmi és turisztikai szempontból is fontos. A nemzetközi együttműködés további színtere lehet a megfelelő szerepvállalás a felszín alatti vizek tekintetében is az EU Duna-régió stratégiában.

Az éghajlatváltozás napjainkban egyre szélsőséesebb időjárási viszonyokat okoz, ami erőteljesen hat a természetes vízkörforgalomra (Sz. cs et al., 2015). E hatások természetesen befolyásolják a felszín alatti vizek természetes utánpótlódási, mennyiségi és minőségi viszonyait, különösen a medence jellegű térségekben. A biztonságos ivóvízellátás miatt kiemelkedő jelentőségű, hogy a szakemberek tisztában legyenek azzal, hogy milyen változások érhetnek az ivóvízbázisokat akár már a közeljövőben is. A hazai és határainkon túli vízgyűjtőben várható éghajlatváltozás következtében csökken a felszíni lefolyás, a felszín alatti vizek utánpótlódását biztosító beszivárgás, összességében várható a hasznosítható vízkészleteink fogyatkozása. Indikátor és monitoring rendszer fejlesztése, illetve kialakítása szükséges, amellyel nyomon követhetők az éghajlatváltozás vízjárási és vízgazdálkodási következményei. A különböző lehetséges forgatókönyvek figyelembevételével modellezni, szimulálni és számszerűsíteni lehet a várható hatásokat. A megfelelő vízkészlet-gazdálkodási stratégia kialakítása mellett olyan metodikák is kialakíthatók, melyek a felszíni lefolyási, beszivárgási viszonyok módosításával ezen várható negatív változások hatásait mérsékelik, esetleg ki is küszöbölik. A talajvíz szintje határozza meg a felszín alatti vízzel függő ökoszisztémáink állapotát is, amely rendszerek közül számos nemzetközi védelem alatt áll. Az aszály-belvíz-öntözési vízes élőhely problémakör Magyarországon tartósan nem oldható meg a felszín alatti vízrendszerek figyelembevétele nélkül. A mezőgazdaság számára kiemelkedő fontosságú, hogy a telítetlen közeg vízforgalmi és vízraktá-

rozási viszonyait még pontosabban meg tudjuk határozni.

A hidrogeológiai modellezésnek a jövőben még erőteljesebb szerepet kell kapnia a szakmai döntéssel készítéseknél. A felszín alatti vízkészleteket érintő várható hatások hidrogeológiai modellezéssel ma már magas szakmai színvonalon, pontosan és megbízhatóan szimulálhatók. További fejlesztések várhatóak a speciális, felszín alatti vizekbe is jutó szennyezőanyagok (például: DNAPL, klórozott szénhidrogének, radioaktív izotópok) transzportfolyamatainak pontosabb leírása és szimulációja érdekében. A 2013-ban Abasáron detektált triklór-etilén és szén-tetraklorid felszín alatti szennyeződések mozgásának szimulációját megbízható pontossággal sikerült elvégeznie a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszékének (Zákányi és Sz. cs, 2014). A hidrogeológiai modellezésnek továbbra is igen jelentős szerepe lesz a felszín alatti környezetszennyeződések felszámolását megcélzó kármentesítési eljárások tervezésében, méretezésében és működtetésük nyomon követésében (Simonffy, 1998). A hidrogeotermikus rendszerek hatékony vizsgálatánál pedig a hőtranszport modellezése jelentősen segíthet. A hidrogeológusoknak ma már nem elég csak a felszín alatti vizekkel foglalkozniuk. A vízkörforgalom révén minden mindennel összefügg. A természeti változások, valamint az emberi beavatkozások eredményeként egy-egy adott helyen a felszín alatti vizek új egyensúlyi helyzet kialakítására törekednek. E dinamikus rendszerben a vízkészletekkel való foglalatosság interdiszciplináris és holisztikus megközelítést követel, amelynek keretében a Kárpát-medence vízgazdálkodásával kapcsolatos műszaki, természettudományi, gazdasági, jogi és társadalmi kérdéseket tárgyalják.

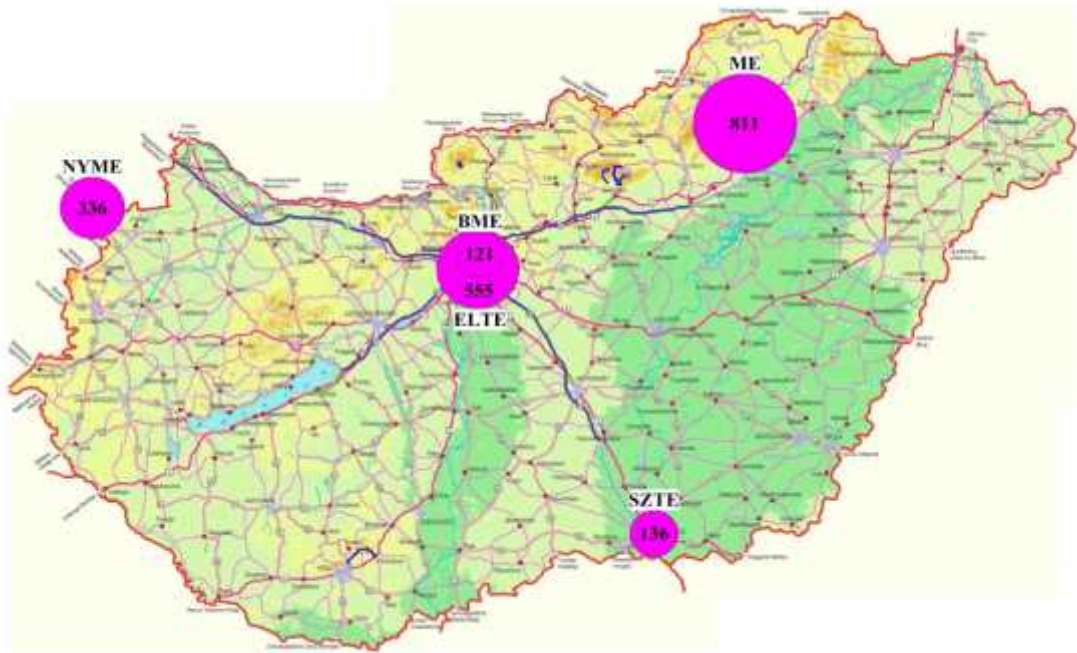
Számos új, nagy léptékű beruházás várható a jövőben, ahol a hidrogeológusokra speciális és fontos feladatok várnak. Bár a pénzügyi hiány miatt folyamatosan húzódott, lassan véglegesen állást kell foglalni a paksi, nagy aktivitású radioaktív hulladék végleges elhelyezése ügyében. Elindult ugyan korábban egy ún. BAF- (Bodai Aleurolit Formáció) projekt, amely most már évek óta takaréklángon üzemel. A 2011. tavaszi földrengéssel kapcsolatos japán események is azonban rávilágítottak arra, hogy a nagy aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezésével kapcsolatos szakmai követelményeket nem szabad felpuhítani. A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok számára Bataapátiban épült hulladéktároló sok tekintetben nem nyújthat megfelelő biztonságot a nagy aktivitású hulladékok esetében. Nagy mélységben elhelyezkedő, megfelelő műszaki és földtani védelmi helyszínt kell kijelölni és engedélyeztetni a megnyugtató megoldás érdekében. Ebben a komoly kihívást jelentő szakmai feladatban a hidrogeológusoknak is kulcsszerepet kell játszaniuk. A növekvő energia- és ásványianyag-igények miatt újból megerősödött a különféle bányászati tevékenységeknek a Kárpát-medencében a globális trendeknek megfelelően. A szénhidrogén-kihozattal növekvő speciális eljárások

ni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén. A BME-n els sorban kúthidraulikai, városi hidrogeológiai (Hajnal, 2007) és vízháztartási vizsgálatok (Szilágyi, 2014) jelentik a f kutatási irányokat a felszín alatti vízkészletek vonatkozásában. Szegeden és Debrecenben els sorban a geotermikus energiahasznosítással és a fenntartható hévíztermeléssel kapcsolatos kutatási területeken van a f hangsúly. Szegeden a geotermikus kutatáson belül, mind a kis-, közepes- és nagy entalpiájú geotermikus rendszerek kutatásával foglalkoznak elméleti és gyakorlati értelemben egyaránt. Továbbá együttm ködnek egy újfajta, lézeres lyukbefejező technológia fejlesztésében, ami a geotermika és olajipar számára egyaránt hasznos lehet. Ezek mellett évtizedek óta foglalkoznak a felszín alatti vizek eredetének, geokémiai összetételének vizsgálatával, a felszín alatti áramlási rendszerek elméletének geokémiai alátámasztásával. Sopronban a kutatások zömében vízháztartási vizsgálatokra, az utánpótlódási viszonyok meghatározására, továbbá a széls séges id járási viszonyok felszín alatti vizekre gyakorolt hatásának meghatározására koncentrálnak (Gribovszki et al., 2013).

A hazai hidrogeológiai kutatások tekintetében meg kell említeni az akadémiai kutatóhálózatban folyó munkát is. Az MTA CsFK Földtani és Geokémiai Intézetben valamint az MTA ATOMKI Környezet- és Földtudományi Osztályon számos magas színvonalú kutatási program zajlik a hidrogeokémia és a környezeti izotópok hidrogeológiai célú alkalmazása területén. Ez a két akadémiai intézet sok esetben közös kutatásokban vesz részt a fentebb említett egyetemi kutatóhelyekkel. Végül, de nem utolsó sorban meg kell említeni a Magyar Földtani és Geofizikai Intézetet is, amelynek Vízföldtani F osztálya szintén az egyik legjelent sebb hazai felszín alatti vizes kutatási központ, jelent s hazai és nemzetközi kutatási témákkal. A jelenleg is folyó f bb kutatások: országos, illetve országhatáron átnyúló hidrodinamikai és transzportmodell fejlesztések regionális és lokális szinten a fenntartható hazai és határon átnyúló ivó- és hévízgazdálkodás megalapozásához, a klímaváltozás hatásainak vizsgálata és a válaszadási stratégiák kidolgozása (NATÉR projekt), az ország geotermikus energiájának felhasználására vonatkozó kérdések megválaszolása, víz-geokémiai és izotóp hidrogeológiai kutatások, karszthidrogeológiai kutatások és kutatásfejlesztések, úgymint karsztjárat távolság és mátrix blokkok hidraulikai paramétereinek vizsgálata, heterogén rendszerek hidraulikai alapú kvantitatív

osztályozása, kvantitatív hidrogram dekompozíció, kúthidrogram elemzés. További kiemelt témák a bányászati koncessziós pályázatok el készítését biztosító érzékenységi- és terhelhet ségi vizsgálatok, földtani veszélyforrásokkal érintett területek felülvizsgálata és az üvegházhatású gázok kibocsátásának vizsgálata. Emellett az MFGI jelent s szerepet játszik az EU Víz Keretirányelv által el írt hazai felszín alatti vízszint-megfigyel rendszer egy részének üzemeltetésében, az adatok feldolgozásában, adatszolgáltatásban, valamint a hazai felszín alatti víztestek állapotértékelésében, vízmin ségi trendvizsgálatában, és 2013 áprilisa óta az MFGI Vízföldtani F osztálya végzi a Vízföldtani Naplók készítését, az Országos Kútataszter vezetését és az Országos Központi Vízföldtani Adattár m ködtetését.

A magyar hidrogeológiai kutatások nemzetközi láthatósága jelent sen növekedett az elmúlt 10-15 éves id szakban köszönhetően a megnövekedett publikációs aktivitásnak, amelyben egyre nagyobb szerepet kapnak a min ségi és nemzetközi publikációk. A Magyar Tudományos M vek Tárában (MTMT-ben) található információk alapján készült el a 3., 4., 5., 6. és a 7. ábra. A vizsgálatba a publikációs szempontból legjelent sebb szerepet játszó 5 fels oktatási intézmény került bevonásra (ME Környezetgazdálkodási Intézet – 12 f vizsgált kutató, ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék – 6 f vizsgált kutató, BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék – 3 f vizsgált kutató, a SzTE Ásványtani, Geokémiai és K zettani Tanszék – 4 f vizsgált kutató, és az NyME Geomatematikai, Erd feltárási és Vízgazdálkodási Intézet – 3 f vizsgált kutató). A jelen vizsgálatba a fentebb említett akadémiai kutatóhelyek és kutatócsoport, valamint az MFGI publikációs teljesítménye nem került értékelésre. Az ábrákon szerepl információk egyértelm en jelzik azt, hogy jelent s és nemzetközi hatású publikációs tevékenység folyik a hazai, hidrogeológiával foglalkozó egyetemi kutatóhelyeken. A min ségi publikációk tekintetében ma már nem érhetőek el az impakt faktorok az MTMT-ben, így ilyen jelleg számszer sítésre most nem kerülhetett sor. A vizsgált adatokból egyértelm en kiderül, hogy a publikációs tevékenysége és ez által a nemzetközi láthatósága és ismertsége egyre növekszik a hazai hidrogeológiai kutatásoknak, amelyek természetesen sok esetben nemzetközi együttm ködésben valósulnak meg. A kapott információk egyértelm en jelzik a hazai hidrogeológiai kutatási potenciál nagyságát és nemzetközi színvonalát.



3. ábra. Az elmúlt 10 évben készült (2006-2015), MTMT-ben rögzített hidrogeológiai témájú publikációk eloszlása a vizsgált egyetemi intézményekben

Figure 3. The number of hydrogeological related research publications (statistics from MTMT) at the investigated universities in the past 10 years (2006-2015)



4. ábra. Az elmúlt 10 évben készült (2006-2015), MTMT-ben rögzített hidrogeológiai témájú tudományos folyóiratcikkek eloszlása a vizsgált egyetemi intézményekben

Figure 4. The number of hydrogeological related scientific journal articles (statistics from MTMT) at the investigated universities in the past 10 years (2006-2015)



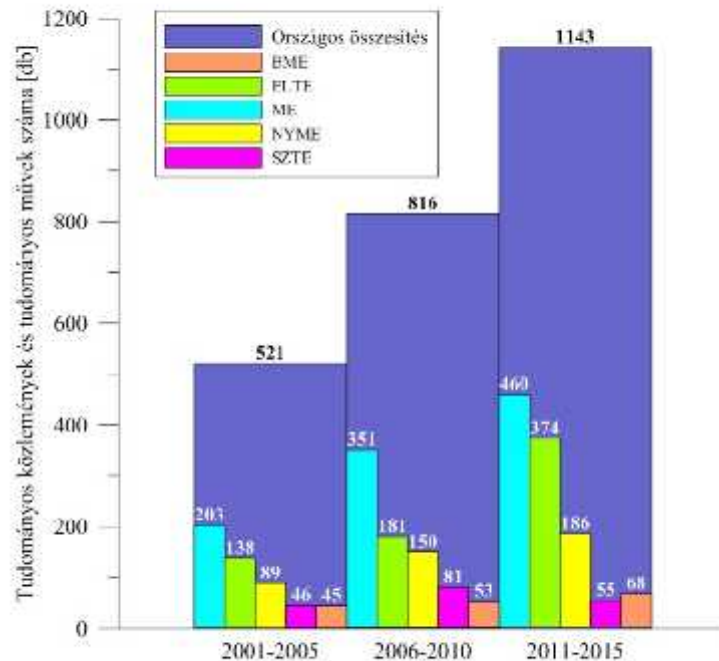
5. ábra. Az elmúlt 10 évben készült (2006-2015), MTMT-ben rögzített hidrogeológiai témájú nemzetközi folyóiratcikkek eloszlása a vizsgált egyetemi intézményekben

Figure 5. The number of international hydrogeological related journal articles (statistics from MTMT) at the investigated universities in the past 10 years (2006-2015)



6. ábra. A hidrogeológiával foglalkozó kutatók MTMT-ben rögzített összesített idézettség számának az eloszlása a vizsgált egyetemi intézményekben

Figure 6. The number of citations (statistics from MTMT) of the hydrogeology related researchers at the investigated universities



7. ábra. 5 éves bontásban az elmúlt 15 éves id szak MTMT-ben rögzített tudományos közleményeinek száma a vizsgált egyetemi intézményekben és a Miskolci Egyetemen

Figure 7. The number of scientific papers (statistics from MTMT) at the investigated universities and at the University of Miskolc in the past 15 years

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen áttekint anyag egy korábbi megjelent tanulmány (Sz cs, 2012) átdolgozásán és jelent s kiegészítésén alapul.

Az ivóvízellátásban jelent s szerepet betölt , a jöv ben is védend , felszín alatti vízkészleteink kiemelked természetü értékét képviselnek. Ásvány-, gyógyvíz és hévízkészleteink is számottev ek, amelyek szélesebb kör hasznosítása nemzetgazdasági érdek. A Kárpát-medence szint fellépés az ásványvizek és gyógyvizek marketingje érdekében sokat javíthat a jelenleg elfoglalt európai piaci pozíciókon és a hasznosítási lehet ségeken. Tisztában kell lenni azzal, hogy felszín alatti vizeink nem kimeríthetetlenek, s t az Alföld egyes területein a kihasználtság már jelenleg is közel 100%-os. A jöv ben még fontosabbá válik, hogy a hidrogeológusok az eddigieknél megbízhatóbban adják meg lokális vagy regionális léptékben a felszín alatti hasznosítható vízkészleteket. Az energetikai célú hévizek növekv mérték visszasajtolásával részben fenntartható az ásvány- és gyógyvizeket is magukban foglaló mélyebb rétegvizes rendszerek hidraulikai és vízmin ségi viszonyai. Bár a prognosztizált éghajlatváltozási forgatókönyvek alapján a hasznosítható felszín alatti vízkészletek némi csökkenése várható, a biztonságos és fenntartható ivóvízellátás generációkon keresztül biztosítható hazánkban regio-

nális vízellátó rendszerek üzemeltetésével, valamint a mindenkori kormányok által támogatott megfelelő nemzeti vízgazdálkodási stratégia alkalmazásával. Erre garanciát nyújt az a tény is, hogy a jelenleg is üzemel vízbázisainkon kívül igen jelent s tartalékaink, távlati vízbázisaink vannak. Az ivóvízellátásban hosszú távon is a felszín alatti vizek mellett szól a kiszámíthatóbb és stabilabb vízmin ség, illetve a nagyobb védettség a felszíni szennyezésekkel szemben.

Bár a földi vízkörforgalom révén a felszíni és felszín alatti vízkészletek nagyon szoros kapcsolatban állnak egymással, igen különböz jelleg szakmai felkészültségre van szükség felszíni és a felszín alatti problémák vizsgálatára és megválaszolására. Ma már politikai, szakmai és tudományos körökben is mindenki elismeri, hogy Magyarország felszín alatti vízkészletei stratégiai jelent ségek. Nekünk hidrogeológusoknak a jelenleginél is er teljesebb összefogást kell demonstrálnunk annak érdekében, hogy a felszín alatti vizeket érint jelent s szakmai kérdésekben els sorban a mi véleményünk és javaslatunk alapján foglaljanak állást, illetve történjen meg a döntéshozatal Magyarországon. Így biztosítható, hogy a hidrogeológusok aktívan és érdemben tudjanak részt venni hazánk vízgazdálkodási problémáinak (Somlyódy, 2011) megoldásában, illetve a felszín alatti vízkészle-

teket érint stratégiai kérdések részletes kidolgozásában. Bizakodásra ad okot, hogy a most elkészült Nemzeti Vízstratégiában, a Kvassay Jen Tervben (URL2) a hazai felszín alatti vízkészletek jelentőségüknek és súlyuknak megfelelő szerepelnek.

A jól képzett hidrogeológusokra tehát a jövőben még nagyobb szükség lesz hazánkban és a Kárpát-medencében. Számos tradicionális és új típusú feladat vár a felszín alatti vizekkel foglalkozó jövő generációkra. A szakma interdiszciplináris jellege miatt fontos, hogy a felszín alatti vizekkel kapcsolatos képzési programjaink figyelembe vegyék a nemzetközi trendeket (Voss, 2005) és a Kárpát-medence speciális hidrologiai és hidrogeológiai sajátosságait. Kedvező, hogy mind több kollégánk vesz részt nemzetközi szakmai szervezetek munkájában és irányításában, emellett azokat a szakmai kapcsolatokat is, amelyek feltétlenül szükségesek határon átnyúló szakmai kérdések még hatékonyabb megoldásában a Kárpát-medencében. A szakmai nemzetközi kapcsolatainak további erősítésében jelentős szerepet játszik az IAH (International Association of Hydrogeologists) Magyar Nemzeti Bizottsága, amely összehangolja tevékenységét az IUGS (International Union of Geological Sciences) Magyar Nemzeti Bizottsággal. A címben felvetett kérdés együttes továbbgondolásában segítséget jelentett a 2013-ban hazánkban megrendezett nemzetközi IAH hidrogeológiai konferencia, amely elsősorban a Kárpát-medence és Közép-Európa hidrogeológiai specialitásaira és megoldandó regionális és lokális feladataira fókuszált.

Hazánkban a felszín alatti vizekkel kapcsolatos kutatások kiterjedtek, széleskörűek és nemzetközi színvonalat képviselnek. A felszín alatti vizekkel kapcsolatos jövőbeli kihívások egyértelműen igénylik az új kutatási eredményeket és az innovatív megoldásokat a gyakorlati megoldások kivitelezésében. A kutatásokat folytató, többségében egyetemi intézmények között jelentős, elsősorban önszerveződésen alapuló együttműködések már eddig is létrejöttek. Érdemi továbbfejlesztési lehetőséget és hatékonyság növelést is jelenthetnek a kutatásokban, ha a hazai operatív vízgazdálkodás feladatainak összehangolt megoldásában nagyobb és érdemi szerepet kaphatnának a hazai hidrogeológiai kutatásokat folytató kutatóhelyek.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az ismertetett kutatómunka a Miskolci Egyetemen működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ TÁMOP-4.2.2/A-11/1-KONV-2012-0049 jelű „KÚTF” projektjének részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

Berecz T., Fórizs I., Deák J. (2001). Felszín alatti vizek környezeti izotópos és kémiai vizsgálata a Duna-

Tisza köze déli részén. *Hidrologiai Közöny.* **81** (2), 118–124.

Bobok E., Tóth A. (2010): A geotermikus energia helyzete és perspektívái. *Magyar Tudomány.* **8**, 926–936.

Borszéki B. Gy. (1998). *Ásványvizek, gyógyvizek.* MÉTE, Budapest.

Bozó L. (ed.) (2010). *Köztisztületi Stratégiai Programok. Környezeti jövő kép – Környezet- és klímabiztonság.* Magyar Tudományos Akadémia, Budapest

Buday T., Sz. cs P., Kozák M., Püspöki Z., McIntosh R. W., Bódi E., Bálint B., Bulátkó K. (2015). Sustainability aspects of thermal water production in the region of Hajdúszoboszló-Debrecen, Hungary. *Environmental Earth Sciences* **74**, 7513–7521.

Büki G., Lovas R. (ed.) (2010). *Köztisztületi Stratégiai Programok. Megújuló energiák hasznosítása.* Magyar Tudományos Akadémia, Budapest

Czauner B., Mádl-Sz. nyi J. (2011). The function of faults in hydraulic hydrocarbon entrapment: Theoretical considerations and a field study from the Trans-Tisza region, Hungary. *AAPG Bulletin* **95**, 795–811.

Czauner B., Mádl-Sz. nyi J. (2013). Regional hydraulic behaviour of structural zones and sedimentological heterogeneities in an overpressured sedimentary basin. *Marine and Petroleum Geology*, **48**, 260–274.

Dobosy P., Sávoly Z., Óvári M., Mádl-Sz. nyi J., Zárar G. (2016). Microchemical characterization of biogeochemical samples collected from the Buda Thermal Karst System, Hungary. *Microchemical Journal* **124**, 116–120.

Erőss A., Mádl-Sz. nyi J., Surbeck H., Horváth Á., Goldscheider N., Csoma É. A. (2012). Radionuclides as natural tracers for the characterization of fluids in regional discharge areas, Buda Thermal Karst, Hungary. *Journal of Hydrogeology* **426–427**, 124–137.

Galloway D. L. (2010). The Complex Future of Hydrogeology. *Hydrogeology Journal.* **18**, 807–810.

Gribovszki Z.; Kalicz P.; Szilágyi J. (2013). Does the accuracy of fine-scale water level measurements by vented pressure transducers permit for diurnal evapotranspiration estimation. *Journal of Hydrology, ELSEVIER*, **488**, 166–169.

Hajnal G. (2007). *Városi hidrogeológia.* Akadémiai Kiadó, Budapest.

Hatvani, I.G., Magyar, N., Zessner, M., Kovács, J., Blaschke, A.P. (2014). The Water Framework Directive: Can more information be extracted from groundwater data? A case study of Seewinkel, Burgenland, eastern Austria. *Hydrogeology Journal*, **22**(4), 779–794.

Juhász J. (2002). *Hidrogeológia.* Akadémiai Kiadó, Budapest.

Marton L. (2009). *Alkalmazott hidrogeológia*. ELTE Eötvös, Budapest.

Mádlné Sz. nyi J. (2006). *A geotermikus energia*. Grafon, Nagykövácsi.

Mádl-Sz. nyi J., Pulay E., Tóth Á., Bodor P. (2015). Regional underpressure: a factor of uncertainty in the geothermal exploration of deep carbonates, Gödöllő Region, Hungary. *Environmental Earth Sciences* **74**(12), 7523-7538.

Simonffy Z. (1998). *Szennyezés és terjedési modellek alkalmazása. Kármentesítési Kézikönyv 1. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium*, Budapest.

Somlyódy L. (ed.) (2011). *Köztisztítási Stratégiai Programok. Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.

Szanyi J., Kovács B. (2010). Utilization of Geothermal Systems in South-East Hungary. *Geothermics*. **39**, 357-364.

Szanyi J., Kovács B., Czinkota, B., Kóbor, T., Medgyes, M., Barcza, A., Bálint, and S. Kiss (2011). Sustainable Geothermal Reservoir Management Using Geophysical and Hydraulic Investigations. *Proceedings of the 2011 World Environmental and Water Resources Congress California*, 871-875.

Székely F. (2010). Hévízeink és hasznosításuk. *Magyar Tudomány*. **12**, 1473-1485.

Székely F.; Sz. cs P.; Zákányi B.; Cserny T.; Fejes Z. (2015). Comparative analysis of pumping tests conducted in layered rhyolitic volcanic formations. *Journal of Hydrology*, ELSEVIER, **520**, 180-185.

Szilágyi J. (2014). Temperature corrections in the Priestley-Taylor equation of evaporation. *Journal of Hydrology*, ELSEVIER, **519**, 455-464.

Sz. cs T., Tóth Gy., Rman N., Schubert G., Ernák R. (2013). Hydrogeochemistry in transboundary thermal water management. *Water Rock Interaction WRI 14. Procedia Earth and Planetary Science* **7**, 826-829.

Sz. cs T., Rman N., Süveges M., Palcsu L., Tóth Gy., Lapanje A. (2013). The application of isotope and chemical analyses in managing transboundary groundwater resources. *Applied Geochemistry* **32**, 95-107.



gial – Mérnökgeológiai Tanszékén dolgozik. 2010-ben egyetemi tanári kinevezést kapott. Kétszeres Bolyai János Kutatási Ösztöndí-

SZ. CS PÉTER a Nehézipari M szaki Egyetem Bányamérnöki Karán szerzett kiegészítő geofizikus-mérnöki oklevelet 1988-ban. Oktatói és kutatói pályájának elején el ször a Geofizikai Tanszéken, majd az MTA Bányászati Kémiai Kutatólaboratóriumában dolgozott. 1993-ban Dr. Univ. címet, majd 1996-ban PhD doktori oklevelet szerzett. 2009-ben megszerzi az MTA doktora tudományos címet, illetve sikeresen habilitált a Miskolci Egyetemen. 1998 óta a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszékén dolgozik. 2010-ben egyetemi tanári kinevezést kapott. Kétszeres Bolyai János Kutatási Ösztöndí-

Sz. cs P., Civan, F., Virág M. (2006). Applicability of the Most Frequent Value Method in Groundwater Modeling. *Hydrogeology Journal* (Springer). **14**, 31-43.

Sz. cs P. (2012). Hidrogeológia a Kárpát-medencében – hogyan tovább? *Magyar Tudomány*, **5**, 554-565.

Sz. cs P., Virag M., Zákányi B., Kompár L., Szántó J. (2013). Investigation and Water Management Aspects of a Hungarian-Ukrainian Transboundary Aquifer. *Water resources* **40**(4), 462-468.

Sz. cs P., Kompár L., Palcsu L., Deák J. (2015). Estimation of groundwater replenishment change at a Hungarian recharge area. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, **10**(4), 227-246.

Sz. cs P., Fejes Z., Zákányi B., Székely I., Madarász T., Kolencsikné Tóth A., Gombköt I. (2015). Results of the WELLaHEAD Project connected to water and mining. Geothermal potential of the Tokaj-Mountains. Pilot test of passive acid mine drainage water management. *FOG – Freiberg Online Geology*, **40**, 170-177.

Sz. cs P., Sallai F., Zákányi B., Madarász T. (ed) (2009). *Vízkezelés és védelem. A vízminőség-védelem aktuális kérdései*. Bíbor, Miskolc.

Voss, C. I. (2005). The Future of Hydrogeology. *Hydrogeology Journal*. **13**, 1-6.

URL1: <http://www.vizeink.hu> [Országos Vízügyi F igazgatóság (2015). A Duna vízgyjt magyarországi része. *Vízgyjt -gazdálkodási terv*. VGT2, 2015.]

URL2: <http://www.vizeink.hu> [Országos Vízügyi F igazgatóság (2015). Kvassay Jen Nemzeti Vízstratégia, 2015.]

Varsányi I., Ó. Kovács L., Bálint A. (2015). Hydraulic conclusions from chemical considerations: groundwater in sedimentary environments in the central part of the Pannonian basin, Hungary. *Hydrogeology Journal*, **23**, 423-435.

Zákányi B. - Sz. cs P. (2014). Víznel s r bb, nem vizes fázisú szennyez anyagok transzportfolyamatainak szimulációja felszín alatti közegben. *Földtani Közlemény*, **144**(1), 63-70.

jas, kétszeres Fulbright kutatói ösztöndíjas, egyszer pedig Széchenyi István Ösztöndíjat kapott. Publikációs tevékenységének elismerésé- ként háromszor adományozták részére a Szádeczky-Kardoss Elemér Díjat. Publikációinak száma mintegy 400.

MIKITA VIKTÓRIA: tudományos segédmunkatárs, 2007-ben végzett okl. környezetmérnökként a Miskolci Egyetemen. 2008 óta a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszékén dolgozik. Több hazai és nemzetközi kutatási projektben vett részt, majd 2014-ben PhD doktori oklevelet szerzett. 2013-tól a MMK tagja. F kutatási területe a felszín alatti vízmozgások és transzportfolyamatok modellezése, kármentesítések tervezése, illetve roncsolásmentes vizsgálati módszerrel a talajmechanikai és szivárgáshidraulikai folyamatok követése.