

MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK

A Miskolci Egyetem Közleményei
88. kötet, 1. szám

XV. Nemzetközi Tudományos Konferencia
a Kárpát-medence ásványvizeiről

15th International Scientific Conference
on Mineral Waters of the Carpathian Basin



Miskolci Egyetemi Kiadó
2019

A kiadvány főszerkesztője:

DR. KOVÁCS FERENC
az MTA rendes tagja
a Műszaki Földtudományi Kar Szerkesztőbizottságának elnöke

Szerkesztő:

DR. ZÁKÁNYI BALÁZS
egyetemi docens
Miskolci Egyetem
Környezetgazdálkodási Intézet

HU ISSN 2063-5508

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Mohácsiné Simon Gabriella–Lénárt László:</i> 15 éves a Konferencia a Kárpát-medence ásványvizeiről	5
<i>Borszéki Béla György:</i> Az ásványvíz fogalom szakmai és jogi értelmezése a középkortól napjainkig – Különös tekintettel a Osztrák–Magyar Monarchia és Magyarország rendeleteire	8
<i>Szűcs Péter–Ilyés Csaba–Kompár László:</i> Új lehetőségek a hazai hévízkészletek hasznosításában	23
<i>Hojcska Ágnes Erzsébet:</i> A támogatott fürdőgyógyászati ellátások igénybevételi mutatóinak vizsgálata Békés megyében	30
<i>Buday Tamás–Budayné Bódi Erika:</i> A termálvíz termelésének és hasznosításának jellegzetességei Hajdú-Bihar megye északi részén	38
<i>György Csuppon–Zoltán Kern–Krisztina Kármán–Sándor Németh–Szilárd John– László Haszpra–Balázs Kohán–Klaudia Kiss–Zoltán Siklósy–Zoltán Polacsek</i> Hydrogen and oxygen isotopic composition of cave drip waters: implications for paleoclimate signal in stalagmite	44
<i>Juhász Eleonóra–Gere Katalin–Hajdúné Koncz Mónika–Kiss-Tóth Emőke:</i> Arthritis psoriaticas betegek ízületi állapotváltozásai parádi vasas-timsós gyógyvizes fürdőkezelést követően	48
<i>Juhász Eleonóra–Kiss-Tóth Emőke:</i> A szervezet oxigenizáltságának változásai szpeleoterápia során	55
<i>Miklós Rita–Prohászka András–Lénárt László:</i> Vízföldtani és hőmérsékletszelvény Eger–Egerszalók–Demjén környékéről	64
<i>Tóth Márton–Szűcs Péter–Kiss-Tóth Emőke–Ilyés Csaba–Juhász Eleonóra– Dojcsákné Kiss-Tóth Éva–Juhászné Szalai Adrienn–Rabóczky Anita:</i> A parádi gyógyvíz előállításához használt kőzet kioldási vizsgálata	71
<i>Zákányi Balázs–Szűcs Péter–Turai Endre–Vass Péter–Mádai Viktor– Zákányiné Mészáros Renáta–Ilyés Csaba–Nyiri Gábor–Fekete Zsombor– Móricz Ferenc–Kilik Roland–Szilvási Marcell:</i> Meddő CH-kutak geotermikus újrahasznosításának lehetőségei Magyarországon	79
<i>Lénárt László:</i> A termálkarsztot elérő kutak, források és fúrások a Bükk térségben	86
<i>Gábor Nyiri–Christian Camacho–Balázs Zákányi–Péter Szűcs:</i> Assessment of heat storage capability using 3D heat transport modelling	94

<i>Turai Endre–Mádai Viktor–Móricz Ferenc–Szűcs Péter–Zákányi Balázs–Ilyés Csaba:</i> A hasznosítható geotermikus energia mennyiségének meghatározása.....	99
<i>Siskáné Szilasi Beáta:</i> Az ásványvíz, mint a társadalmi-gazdasági innováció része	106
<i>Szendi Dóra–Nagy Zoltán–Sebestyénné Szép Tekla:</i> Okos környezet dimenziós szerepe a visegrádi országok egyes smart városaiban.....	111
<i>Turai Endre:</i> A felszíni geofizikai módszerek alkalmazási lehetőségei a vízbázisok kutatásában és állapotvizsgálatában	121
<i>Armand Abordán–Norbert Péter Szabó:</i> Selecting control parameters for the particle swarm optimization based factor analysis	134
<i>Valerie A. J. A. Wendo–Csaba Ilyés–Péter Szűcs:</i> Examining the differences and the similarities of the precipitation patterns of Hungary and Kenya.....	141
<i>Nyíri Gábor–Kolencsikné Tóth Andrea–Fekete Zsombor–Zákányi Balázs–Szűcs Péter:</i> Parti szűrésű ivóvízbázisok hidraulikai vizsgálata a Duna mentén	147
<i>István Máthé–Beáta Lőrincz–Kinga Csutak–Krisztina Ferencz–István Urák– Andreea-Rebeka Zsigmond:</i> Chemical and microbiological study of the mineral water springs from odorheiu secuiesc and its surroundings.....	152
<i>Klimó Attila:</i> Óbecse artézi vizei.....	157

ÚJ LEHETŐSÉGEK A HAZAI HÉVÍZKÉSZLETEK HASZNOSÍTÁSÁBAN

SZÜCS PÉTER^{1, 2}–ILYÉS CSABA^{1, 2}–KOMPÁR LÁSZLÓ²

¹*Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Környezetgazdálkodási Intézet*

²*MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport*

1. A GEOTERMIKUS ENERGIA HELYE ÉS SZEREPE AZ ENERGIAELLÁTÁSBAN

A következő időszakban a világ energiaellátásában egy igen jelentős átalakulás várható. A szigorodó környezetvédelmi előírások, valamint a dekarbonizációs törekvések hatására a megújuló energiafelhasználás térnyerése egyre inkább erőteljessé válik az Európai Unióban, valamint a fejlett gazdasággal rendelkező országokban. Bár a kutatásfejlesztés egyre nagyobb hányada a megújuló energiafajták térnyeréséhez kötődik, az világosan látszik, hogy a következő évtizedekben sem lehetünk meg a szén és a szénhidrogének nélkül. 2016-ban a világ energiafelhasználásának 28%-a szénre épült. Ugyanebben az évben 57%-ot ért el a kőolaj és földgázra alapozott energiafelhasználás. 2016-ban a megújuló energiák részaránya még csak 3,2%-ot tett ki a teljes földi energiafelhasználásban. Európában a helyzet jobb a megújulók vonatkozásában. 2017-ben az uniós energiamixben a megújulók részaránya elérte a 30%-t. Európában jelenleg a szél- és a vízenergia-hasznosítás a legjelentősebb a tiszta energiák vonatkozásában. A geotermikus energia helyét és szerepét ebben a környezetben kell megítélni. A geotermikus energia nagyon fontos, de globális léptékben egyelőre nem meghatározó tényező. A megújuló energiafajták vonatkozásában például a napenergia-felhasználás sokkal dinamikusabb növekedést mutat, mint a geotermikus energia. Az összesített, világszerte üzemelő fotovoltaiikus erőműkapacitás exponenciális növekedést mutat. 2021-ben a várható kapacitás optimista becslés szerint elérheti a 935,5 GW értéket, de pesszimista becslés esetén is legalább 623,2 GW értékkel kalkulálhatunk.

Ezzel szemben a geotermikus erőművi kapacitások növekedése csak igen lassú ütemben halad a világban. 2017-ben az összesített, világszerte üzemelő geotermikus erőművi kapacitás értéke 14 GW volt, de a 2020-ra prognosztizált értéke sem nagyobb, mint 18 GW. Európában természetesen komolyan tekintünk a geotermikus energiára épülő villamosáram-termelés jövőbeli növekedésére, amelynek értéke 2017-ben 2,3 GW volt, míg 2030-ban 10 GW kapacitásra számíthatunk. Ezek a számok arra hívják fel a figyelmet, hogy az igen alacsony környezetterhelést mutató geotermikusenergia-felhasználás elsősorban lokális energiaigények kiszolgálásában, a külföldi energiafüggőség csökkentésében játszhat jelentős szerepet. Az azonban irreális elvárás lenne, ha például a hazai áramellátást teljes mértékben geotermikus erőművek telepítésével kívánnánk megoldani a következő 30 évben. Az is világosan látszik, hogy további igen komoly kutatásfejlesztésre és innovációra van szükség ahhoz, hogy a geotermikus energiafelhasználás jelentős mértékben növekedhessen hazánkban vagy globális léptékben. Számos hazai pályázat (SZÜCS et al.

2013), valamint szakmai tanulmány (MÁDL-SZŐNYI et al. 2015), valamint a felszín alatti vizek kutatásának európai léptékű vizsgálatával foglalkozó KINDRA H2020 projekt (kindraproject.eu) eredményei is egyértelműen bizonyítják, hogy Európában az utóbbi 10 év vonatkozásában igen komoly kutatásitevékenység-növekedés figyelhető meg a geotermikus energia teljes spektrumát illetően (FERNANDEZ et al. 2017). Ebben a kutatásfejlesztési tevékenységben a hazai geotermikus szakemberek széles körű nemzetközi elismertséget szereztek.

2. KIHÍVÁSOK ÉS LEHETŐSÉGEK HAZAI GEOTERMIKUSENERGIA-FELHASZNÁLÁS NÖVELÉSÉBEN

Közismert tény, hogy a hazai geotermikus potenciál vonatkozásában kiemelkedő természeti adottságokkal rendelkezünk a Kárpát-medencében. A geotermikus hőhasznosítás tekintetében Magyarország az előkelő negyedik helyen áll Európa országai között. Jelenleg közel 800 MW nagyságú geotermikus hőhasznosítási kapacitással rendelkezünk, amelynek döntő része a kommunális fűtésben és a mezőgazdaságban hasznosul. A geotermikusenergia-hasznosítás gyökerei és kezdeti legfontosabb eredményei hazánkban leginkább Délkelet-Magyarországhoz köthetők (SZANYI–KOVÁCS 2010). A jelenlegi rendszerek hidrotermális rendszereknek tekinthetők (SZÉKELY et al. 2015), hiszen a geotermikus energia a felszín alatti közegekben tárolt hévíz segítségével jut el a felszínig. Komoly problémaként említhető, hogy az energetikai célból felhasznált hévizeknek alig 10%-a kerül visszasajtolásra. A fenntarthatósági aspektusok és a felszín alatti vízkészleteink védelme (SOMLYÓDY 2011) érdekében fontos itt megjegyezni, hogy az igen korlátozott természetes utánpótlódással rendelkező hidrotermális rendszereink nem terhelhetők a végteleenségig (SZŰCS et al. 2015a). Ezért lenne fontos, hogy az energetikai célból felhasznált hévizek esetében sokkal nagyobb mértékű visszasajtolás valósuljon meg. Jó példaként emelhető ki az a néhány évvel ezelőtt indult miskolci beruházás, amelynek eredményeként valósult meg Közép-Európa legnagyobb geotermikus fűtési kapacitása 60 MW értékkel, valamint 100%-os visszasajtolással a bükki hévízes karsztvízrendszerbe. A jelenleg is futó monitoring program a rendszer biztonságos és fenntartható működését mutatja. Nagyon fontos információ ez, hiszen a környéken számos gyógyfürdő is található, amelyek ugyancsak a Bükk hévízes rendszeréből nyerik a vizüket.

A geotermikus alapú áramtermelés kialakítására hazánkban leginkább a geotermikus koncessziós területek lehetnek a legalkalmasabbak. Hazánkban a felszín alatt 2500 méternél mélyebb térrészek geotermikus energiájának hasznosítása csak kijelölt koncessziós területeken lehetséges. A mintegy 15 kijelölt koncessziós területnek elkészültek a részletes érzékenységi vizsgálatok, amelyek elérhetőek a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat honlapján. Ezek a letölthető dokumentumok igen értékes összeállítások, hiszen a potenciális befektetők és a szakemberek számára ezek az anyagok nagyon komolyan segíthetik a döntés előkészítést. A Bottonya koncessziós területen például egy EGS rendszerű geotermikus erőmű kialakítása folyik. A www.eu-fire.hu honlapon információt találunk arról, hogy egy ORC

típusú geotermikus erőmű megvalósítása a cél 11,8 MW áramtermelési és további 62 MW hőtermelési kapacitással. Nagyon fontosak lennének a megvalósult jó példák a hazai geotermikus alapú áramtermelés beindulása és növekedése vonatkozásában. Az érzékenységi vizsgálatokból és az egyéb hidrogeológiai adatbázisokból megállapíthatjuk, hogy a hazai hévizek tekintetében igen változatos vízkémiai összetételek fordulnak elő. A változatos kémiai összetétel mellett gyakran igen magas 20–30 g/l oldott anyagkoncentrációk fordulnak elő, amelyek igen komoly kihívássá teszik műszaki szempontból a geotermikusenergia-hasznosítást. A hazai hévizek összetételéből adódó korróziós és vízkövesedési problémák hatékony kezelése igen komoly technológiai kihívások elé állítja a felhasználókat. Jellemző az egyedi és sokszor esetleges megoldások kialakítása a különböző helyszínek esetében legyen akár szó kémiai adalékok, korróziós inhibitorok, vagy mágneses módszerek alkalmazásáról. Világosan látszik az, hogy igen komoly K+F+I igény van ezen a területen a felhasználók részéről, hogy csökkenteni lehessen a korrózió és a vízkövesedés által okozott problémákat.

A geotermikusenergia-hasznosítás növekedésére érdemben akkor számíthatunk, ha sikerült jelentősen csökkenteni a beruházási kockázatokat és a költségmegtérülés idejét. E tekintetben nagyon fontosak azok az európai, jelenleg is futó H2020 kutatási pályázatok, amelyek a geotermikusenergia-hasznosítás területén kívánnak úttörő fejlesztéseket bevezetni. Ezek közül kiemelhető a CHMP2030 kutatási projekt, amely esetében a 12 tagú nemzetközi kutatási partner konzorciumot egy magyar intézmény, a Miskolci Egyetem vezet. A CHPM2030 kutatási projekt célja az, hogy a geotermikus áram- és hőtermelés mellé még fémkinyerést is társítson, hogy ezáltal még inkább profitábilisabbá váljon egy geotermikus beruházás.

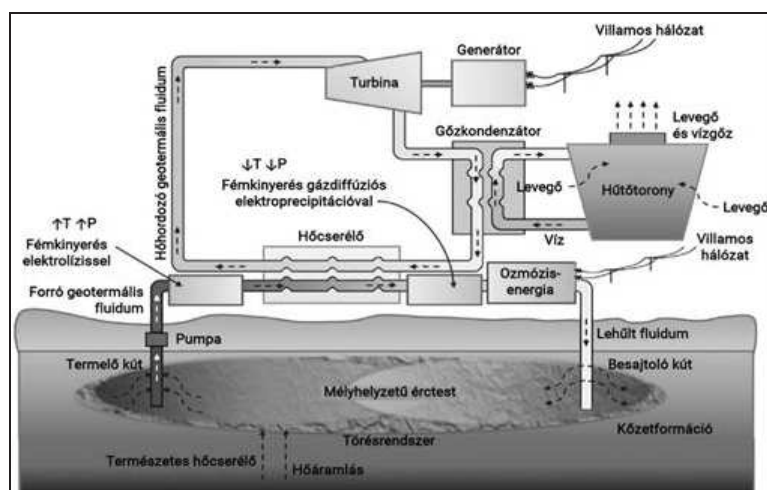
3. A CHPM2030 H2020 PROJEKT FŐBB CÉLKITŰZÉSEI ÉS INNOVATÍV MEGOLDÁSAI A GEOTERMIKUSENERGIA-FELHASZNÁLÁS TEKINTETÉBEN

A CHPM2030 – Combined heat, power and metal extraction, az Európai Bizottság Horizon 2020 programja által finanszírozott kutatási projekt, amely egy új, és várhatóan forradalmi technológia kifejlesztését és azt megalapozó alapkutatásait tűzte ki célul az európai energia és stratégiai fém szükségletek kielégítését egy technológiai folyamatban kapcsolva össze (CHPM konzorciumanyagok). A geotermikus erőforrások fejlesztése, a fém kitermelés és kohászat határterületein tevékenykedve a projekt nagymélységű, hagyományosan nem bányászható, fémtartalmú ásványelőfordulásokat kíván EGS (Enhanced geothermal system) rendszerre fejleszteni (orebody-EGS), amely a geotermikus adottságainál fogva villamosenergia-termelés mellett kioldott fémek felszínre hozatalával és felszíni leválasztásával javíthatja a rendszer gazdaságossági mutatóit, és segítheti a beruházási költségek gyorsabb megtérülését. A technológia szabályozása által – az elképzelések szerint – az üzemeltető alkalmas lesz a CHPM-erőmű kapcsolt energia- és fémtermelésére, valamint a piac igényeihez való optimalizálására is.

Az fejlesztés kezdeti szakaszában a Miskolci Egyetem által vezetett konzorcium tagjai európai földtani, geotermikus adatok összegyűjtését, rendszerezését és egy

intenzív laboratóriumi kísérleti program szisztematikus megvalósítását végezték el. A kutatási program főbb elemeit az 1. ábra mutatja be. A technológia megvalósítását az alábbi feltételezések igazolhatósága befolyásolja:

- Az ércetek összetétele és szerkezete bizonyos előnyös tulajdonságokat mutatnak, melyek EGS rendszerek szolgálatába állíthatók.
- Fémek érdemi koncentrációban folyamatosan kioldhatók az ércettestből hozzájárulva ezzel az EGS rendszer gazdaságos működéséhez és elősegítve a kezdeti beruházási költségek gyorsabb megtérülését.
- A folyamatos fémkioldás idővel növelheti a rendszer teljesítményét, minimalizálva a hő- és a fémkiyerés kockázatát.
- A geotermikus fluidumban oldott fémek a felszínre hozhatók és a felszíni technológiák segítségével leválaszthatók, kinyerhetők.



1. ábra: A CHPM technológia sematikus ábrája, az egyes technológia elemek helye a folyamatban

Jelenleg, a jövőbeli CHPM-erőmű megvalósítását megalapozó laboratóriumi kísérletek folynak, amelyek a különböző összetételű, állapotú és ércartalmú minták kioldási körülményeit vizsgálják változó hőmérsékleti és nyomásviszonyok (70–200 °C; >200 bar) mellett, többek között fűthető batch reaktorban és autokláv berendezésekben. A kísérletek a British Geological Survey és a Szegedi Tudományegyetem laboratóriumaiban folynak. A kioldás egyik kritikus kérdése a geotermikus kútpár által cirkuláltatott munkafolyadék összetétele, amely a hő-, és oldottfém-szállítás közege lesz, de egyben környezeti terheléssel szemben támasztott szigorú kritériumoknak is meg kell felelnie. Az eddigi kioldási vizsgálatok kedvező eredményeket mutattak híg ecetsav vagy EDTA (etilén-diamin-tetraecetsav) oldószer alkalmazásával kapcsolatban. A Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának mérnökei a Szegedi Tudományegyetem kutatóival közösen az EGS felszín alatti „hőcserélőjének” repedésrendszerének kialakításához újszerű nagypontossá-

gú és energiasűrűségű lézer alkalmazhatóságát tesztelik. A felszíni nagy nyomású és hőmérsékletű elektrolitikus fémleválasztás módszertanát a Leuveni Katolikus Egyetem, míg az alacsony nyomás és hőmérsékleti tartományban megvalósítandó gázdifúzióval támogatott elektroprecipitációt és a másodlagos energiatermelés módszerét a belga VITO kutatóintézet elektrokémiai kutatólaborjaiban végzik.

A kutatás alacsony TRL (technology readiness level) szintje azt is jelenti, hogy az egyes technológiai elemek sikeres fejlesztése, kidolgozása még nem garantálja az egész eljárás sikerességét. A laboratóriumi kísérletek félüzemi, majd ipari szintre történő „felnagyítása” és az egyes technologiaelemek összekapcsolhatóságának szabályozása komoly mérnöki és modellezési kihívások elé állítja a kutatókat. Ezt a munkafolyamatot az ISOR izlandi geotermikus mérnöki iroda technológus specialistái koordinálják. A műszaki fejlesztések mellett szükséges figyelmet szentelni a technológiai fejlesztés környezeti és gazdasági hatásainak/feltételeinek vizsgálatára is, ezért a környezeti, gazdasági, társadalmi hatások vizsgálata és modellezése is a projekt feladatai közé tartozik.

Az egyes technológiai építőelemek alkalmazhatósága, CHPM üzembe bevonása megköveteli azok működési paramétereinek összehangolását. A legfontosabb üzemi paraméterek (munkaközeg összetétele, Eh és pH, hőmérséklet-, és nyomástartomány, hozam stb.) meghatározása és egymáshoz illesztése, rendszerdinamikai modellezése általános körülményekre nem végezhető el. Fontos, hogy valós scénáriók esetére (konkrét pilot területek adottságait vizsgálva) környezeti és mérnöki peremfeltételek mellett tudjuk modellezni az eljárás működését. A scénáriók azonosításának fontos lépése a konkrét pilot területekről származó kőzetminták és geotermikus fluidumok elemzésbe vonása, amely a projekt sikerének egy fontos mérföldkövét jelzi.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A rendelkezésre álló információk és trendek alapján megállapíthatjuk, hogy a geotermikusenergia-felhasználás mértéke jelentősen növelhető a jövőben Magyarországon. A hőhasznosítás mellett egyre nagyobb szerepet kell, hogy kapjon a geotermikus alapú áramtermelés, amelynek nagysága elérheti a 100 MWe nagyságrendet is a következő egy-két évtized vonatkozásában. E fontos cél elérése érdekében intenzív K+F+I tevékenységre van szükség, hogy a felhasználást jelenleg akadályozó kihívásokat és technológiai problémákat hatékonyan kezelni tudjuk. Fontos szempont, amelyet feltétlenül figyelembe kell venni, hogy hazánkban konkuráló hévízfelhasználás van, hiszen balneológiai és energetikai célú hasznosítással is rendelkezünk (SZÜCS et al. 2015b). Az igen értékes, de korlátozott utánpótlódással bíró hévízeink esetében különösen tekintettel kell lennie a szakembereknek a fenntarthatósági aspektusokra (BUDAY et al. 2015). A lehetséges kutatási területek közül kiemelhető a geotermikus fluidumok összetett vizsgálatának a szükségessége. Innovatív műszaki és természettudományos megoldásokra van szükség annak érdekében, hogy a geotermikus beruházások kockázata csökkenjen, a megtérülési ciklusa pedig rövidüljön a jövőben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben/előadásban/tanulmányban ismertetett kutatómunka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű *Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése* projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- BOBOK E.–TÓTH A. (2010): A geotermikus energia helyzete és perspektívái. *Magyar Tudomány*, 8. sz., 926–936.
- BUDAY T.–SZŰCS 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.
- CHPM consortium: *EGS-relevant review of metallogenesis. Deliverable D1.1.* December 2016; http://www.chpm2030.eu/wp-content/uploads/2017/02/CHPM2030_D1.1_public.pdf
- CHPM consortium: *Conceptual framework for orebody-EGS CHPM2030 Deliverable D1.4.* December 2016; http://www.chpm2030.eu/wp-content/uploads/2017/02/CHPM2030_D1.4_public.pdf
- CHPM consortium: *Report on metal content mobilisation using mild leaching; Deliverable D2.2.* December 2016; http://www.chpm2030.eu/wp-content/uploads/2018/03/CHPM2030_D2.2.pdf
- CHPM consortium: *D2.4 Report on overall systems dynamics; Deliverable D2.4.* December 2016; http://www.chpm2030.eu/wp-content/uploads/2018/03/CHPM2030_D2.4.pdf
- FERNANDEZ, I.–PETITTA, M.–HINSBY, K.–CSEKO, A.–SZŰCS, P.–GARCIA PADILLA, M.–HARTAI, E.–BIŠEVAC, V.–STEIN, A.–BODO, B.–VAN DER KEUR, P.–MIKITA, V.–VAN LEIJEN, G.–GARCÍA ALIBRAND, C. M. (2017): The KINDRA project – towards Open Science in Hydrogeology for higher impact. *European Geologist*, 44, November 2017, 39–43.
- MÁDL-SZŐNYI, 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.
- SOMLYÓDY L. (szerk.) (2011): *Köztisztületi Stratégiai Programok. Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok.* MTA, Budapest.
- SZANYI, J.–KOVÁCS, B. (2010) Utilization of Geothermal Systems in South-East Hungary. *Geothermics*, 39, 357–364.

- SZÉKELY F. (2010): Hévízeink és hasznosításuk. *Magyar Tudomány*, 12. sz., 1473–1485.
- SZÉKELY, F.–SZŰCS, P.–ZÁKÁNYI, B.–CSERNY, T.–FEJES, Z. (2015): Comparative analysis of pumping tests conducted in layered rhyolitic volcanic formations. *Journal of Hydrology*, 520, 180–185.
- SZŰCS, P.–VIRÁG, 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.
- SZŰCS, P.–KOMPÁR, L.–PALCSU, L.–DEÁK, J. (2015a): Estimation of groundwater replenishment change at a Hungarian recharge area. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10 (4), 227–246.
- SZŰCS, P.–FEJES, Z.–ZÁKÁNYI, B.–SZÉKELY, I.–MADARÁSZ, T.–KOLENCSEKNÉ TÓTH, A.–GOMBKÖTŐ, I. (2015b): 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.