

Bevezetés

A Bükkben található barlangok ezrei, az eltemetett karsztos kőzetek és karsztforrások kiváló lehetőséget biztosítanak a karsztvíz természetes áramlásához és kitermeléséhez. A Bükk hegység kivételes helyzete miatt kialakult egy termálkarsztos zóna is, ahol a hegység peremi részén, források, vagy fúrások révén 30 °C-nál melegebb termálvíz tör a felszínre, melyeket sok helyen fürdők hasznosítanak. Ebben a dolgozatban Miskolccal fogok részletesen foglalkozni, a többi település, ahol szintén alakult ki fürdőkultúra, nem jelenik meg. A karsztvíz felhasználásnak nagyobb hányada ivóvízhez köthető, azonban az elmúlt években csökkenő tendenciát mutatnak a hideg karsztvízhez köthető termelések, és a termálvíz kitermelése folyamatosan nő (Lénárt, 2006).

Ennek a növekvő tendenciának lehetséges oka fürdőkhöz köthető hasznosítás, a növekvő rekreációs igények kielégítése, sőt, az elmúlt időszakban mint megújuló energiaforrásként való hasznosítása. A Magyar Hidrológiai Társaság XXXVII. Országos Vándorgyűlésére szánt előadásom a szakdolgozatom bemutatása lenne. A dolgozatom címe: A karsztvíz hasznosítása a fürdőkultúrában Miskolcon.

Sok témával foglalkoztam a kutatásaim során, azonban jelen előadásban csak olyan részek kerülnek megemlítésre, amelyek egy ilyen Vándorgyűlésen relevánsak lehetnek. Például: Hidrológia/ hidrogeológia, csapadékviszonyok, globális klímaváltozás, geotermikus energiafelhasználás. A fürdőkről általános bemutatás és az őket tápláló karsztvízzel kapcsolatos érdekességeikről is lesz még szó a későbbiekben.

A Bükk hidrogeológiai jellemzői

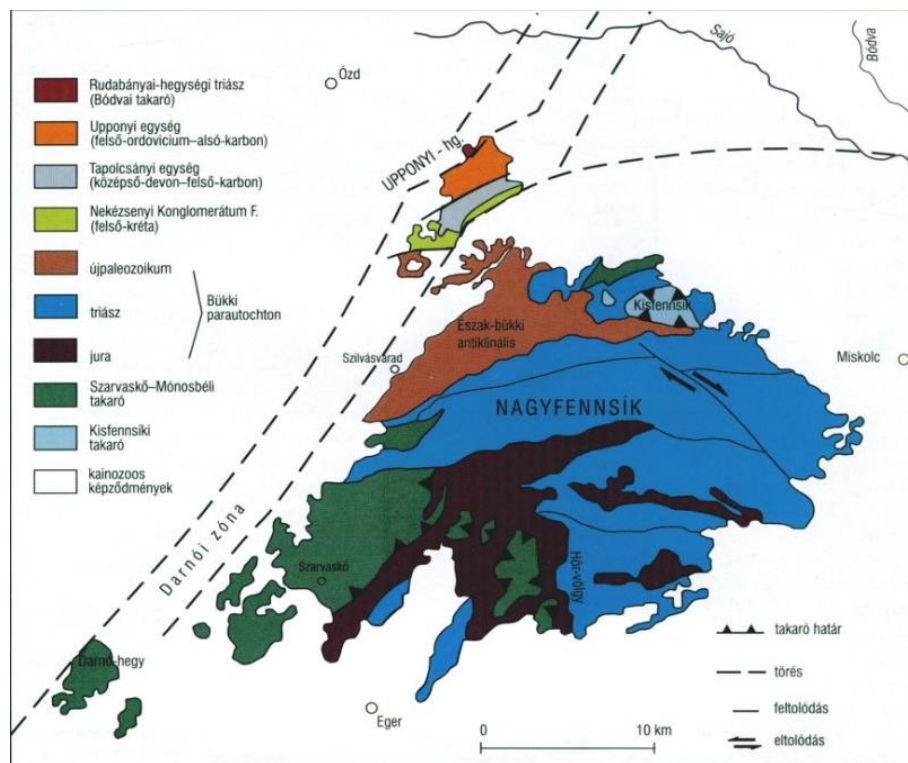
A karsztvíz kialakulásához elengedhetetlen a karsztosodásra alkalmas kőzet, jelen esetben a mészkő megléte. A bolygón ezekből a kőzetekből a legtöbb Európában van (Lénárt, 2006). Ha földrajzi egységekre bontjuk a Földközi-tengeri területek orogén zónáiban találhatóak meg javarészt, mint az Alpok, Dinaridák vagy a Pireneusok.

Magyarország ezekhez genetikailag kapcsolódik a Kárpátok koszorúja révén. Fontos még megjegyeznünk, hogy nem csak fedetlen, hanem üledékkal fedett karsztok is megtalálhatóak hazánkban. Ennek területe kb. 30.000km² (Lénárt, 2011). Ezen tények megállapítása után regionális szinten, a Bükk hegységgel foglalkozok, mint karsztosodott régió.

A Bükk hegység szerkezeti összetettsége sok megoldandó kérdést vetett fel az elmúlt időszakokban. Ezen kutatások mellett párhuzamosan hidrogeológiai vizsgálatokra is szükség volt, hiszen a hegységből nyert karsztvíznek jelentős társadalmi és gazdasági vonatkozása van.

Ez a víztest és a karsztosodó kőzet több részre, egységekre bontható (Gondárné et al., 2008). Általánosságban elmondható, hogy nyílt a karszt, így a karsztvíze szabadtükrű, de vannak olyan területek, ahol üledékekkel fedett, például a medencerészekben, amik a hegységet veszik körbe vagy a DNy-i rész, ahol a mészkő kőzet kisebb arányban fordul elő. Helyette inkább júra időszaki tengeri tevékenység hatására keletkezett palakőzetek találhatóak, melyek agyagosak, vagy bázisos magmatitok építik fel. Az említett egységek, a fedett és a fedetlen karsztok között a mai kutatások szerint hidraulikai kapcsolat áll fent (Gondárné et al., 2008).

A Bükk vízföldtani szempontból két fő vízadóra osztható, a Kis-Fennsíki és a Nagy-Fennsíki vízadóra (Kozák et al., 2009) (1. ábra).



1. ábra A Bükk és az Upponyi-hegység szerkezeti vázlata

(Forrás: Kovács in Haas, 2001)

Az előbbi kis mélységig követhető, gyengén karsztosodott, ezáltal a vízadó képessége gyenge. Az utóbbi, központi rész ezzel szemben karsztformákban gazdag, a felszínen és a felszín alatt egyaránt. A földtanban azonban nem mindig jelölhető ki egyértelmű határvonal a kőzetek elhelyezkedéséhez kapcsolódóan, a Bükk alapvetően bonyolult szerkezetének ellenére itt mégis megfigyelhető valamilyen szintű tagozódás.

A Nagy-Fennsíki vízadó egy fiatalabb K-i oldalra és egy idősebb, érettebb Ny-i oldalra osztható. Ha földtani korok szerint vizsgáljuk meg, akkor kijelenthető, hogy a középső- és felső-triász mészkövek – például Fehérkői Mészkő Formáció – jól karsztosodtak, jó vízadó

képességekkel rendelkeznek. Bizonyítékul számos barlangrendszer, töbör és jelentős hideg, esetenként langyos vízü forrás jelzi ezt (2. ábra).



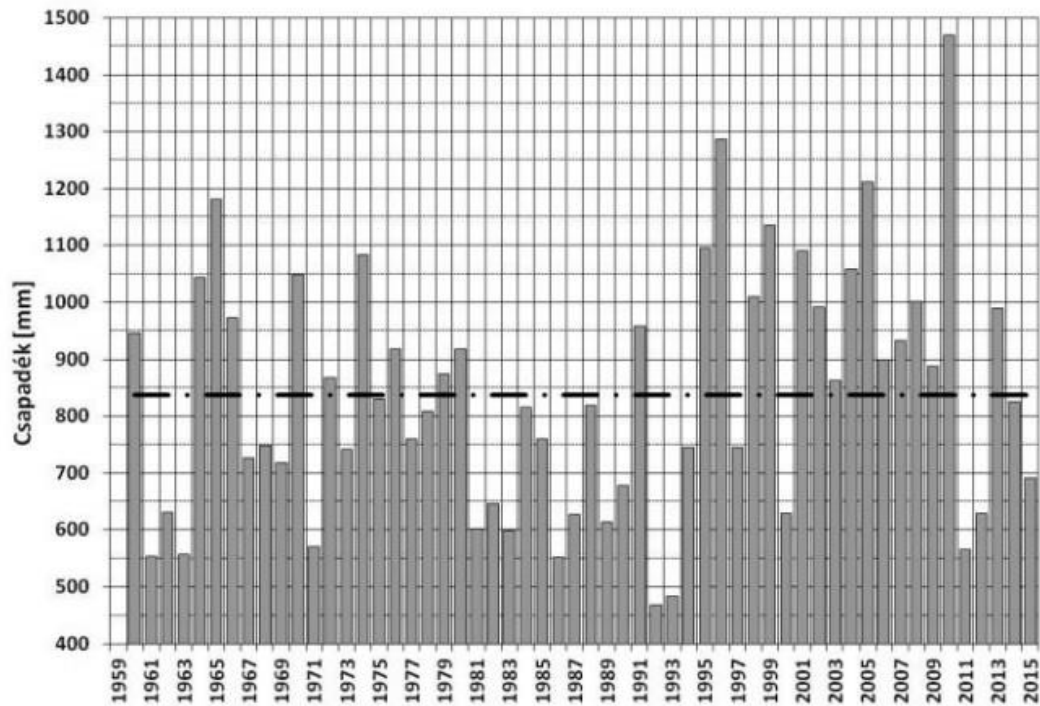
2. ábra Töbör sor a Bükk Fennsíkján

(Forrás: Saját)

Csapadék viszonyok a Bükk hegységben

A Bükk hegység hegyvidéki régiókhöz mérten nagyon csapadékos (3. ábra). A Bükk hegységre is jellemző egyfajta övezetesség, mégpedig, hogy az éves csapadékmennyiség az alacsonyabb területéről (hegység peremi részei) felfelé haladva (legmagasabb része a Bükk-Fennsík) a csapadék 550 mm-től 850 mm-ig változik (Internet 1), egyes források szerint 600-650 mm-től 837 mm-ig (1960-2013) (Lénárt et al., 2013).

Kijelenthető, hogy ezen a vidéken a csapadék maximum nyáron jelentkezik, de a csapadékos időszak kora tavasztól nyár végéig tart. Ebben az időszakban 140-165 mm csapadék esik, ez az évi átlagos 845 mm-nek körülbelül 20%-a (Internet1). 1981 és 1991 között Jávorkúton az évi átlagos csapadékmennyiség 698 mm volt, míg 1992 és 2000 között 845 mm, 2001 és 2005 között 1043mm (Lénárt, 2006).



3. ábra éves csapadékok 1960 és 2013 között (jelölve az erre az időszakra vett átlagos csapadékmennyiség: 840mm)

(Forrás: Szegediné et al., 2014)

Látható, hogy a bemutatott időszakban a csapadék mennyisége nőtt, azonban nem mindig volt csapadéktöbblet itt a Bükkben. Az 1960-as évektől kezdődően egy szárazabb periódus következett a hegység életében, mely nagyjából a 90-es évekig tartott. A magasabb területek esetében például a Fennsíkon 70-80 mm (Lénárt et al., 2013), a hegység e pontjától távolabb eső peremi, alacsonyabb részeken 30-50 mm-es (Lénárt et al., 2013) csapadékcsökkenés figyelhető meg.

A nyári csapadéktöbblet visszaesése mellett a hőmérséklet pozitív növekedése miatt télen a hóból származó csapadékutánpótlás is csökkent ebben a periódusban. A szárazság utáni növekedés és a globális klímaváltozás miatt megnőtt extrémítások eredménye volt a 2006-os és 2010-es karsztvíz árvíz, mely komoly problémákat okozott és olyan cselekvési intézkedéseket sürgetett a társadalom és a kutatók felé, amellyel eddig nem foglalkoztak.

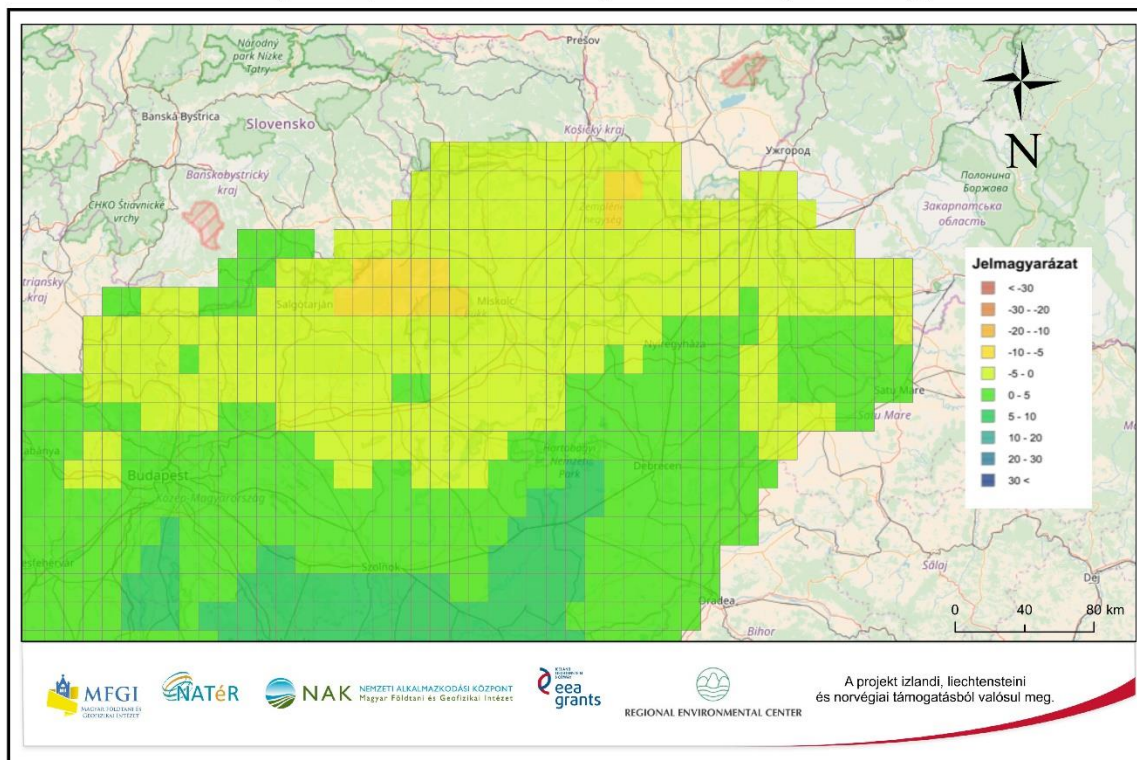
Az új vizsgálataim során meg kell jegyeznem, hogy 2017-es és 218-as év is hozott extrém csapadékeseményeket. 2017-ben jóval szárazabb, csapadékszegényebb tél következménye volt egy hirtelen lehulló áprilisi havazás, amely hatalmas pusztítást hagyott maga után (Internet 2) (4. ábra).



4. ábra Pénz-pataki-víznyelőbarlang. A kép készítésének ideje 2017 Május
(Forrás: Saját)

Meg kell említeni még a 2018-as évi napi csapadékrekordot, amely 1 nap alatt esett le a Bükk területén. Ez az érték nagyjából 173 mm volt (Internet 3). Jól látható az előbbieken felvázoltak szerint, hogy ez a mennyiség a nyári átlagos csapadék összesége. A hirtelen lezúduló csapadék villámárvizeket generált, komoly károkat okozva.

Érzékelhető tehát, hogy a csapadék nagyon fontos ebben a régióban, ezért meg kell említenem, hogy mi várható a jövőre nézve. A Bükk hegység csapadékváltozásához egy olyan térképet választottam, ahol ábrázolva van 2 általános érvényű modell összesített eredménye regionális szinten és a csapadékváltozás relatív százalékos eredményként jelenik meg. Ez a 2 éghajlati modell az ALADIN-Climate és a RegCM volt (Internet 4). A változást a 2021 és 2050 közötti átlagos csapadékösszeg és az 1971-2000-es átlagos csapadékösszegek különbségeként, az 1971-2000-es évek átlagos csapadékösszegeinek százalékában adták meg (Internet 4). Ennek eredménye szerint csapadék csökkenés figyelhető meg Magyarország keleti részének északi felén (5. ábra). Mivel a számításhoz modellek lettek felhasználva, ezért bizonytalanság áll fent ezzel az eredménnyel kapcsolatban.



5. ábra Éves csapadékváltozás alsó határa 2 regionális klímamodell alapján 2021-2050
(„%”-os értékben)
(Forrás: Internet 4)

Az említettek alapján úgy tűnik ez a szárazabb periódus elkezdődött, azonban az extrémítások és a villámárvizek gyakoriságának száma növekedhet az elkövetkező időszakban, kihívások elé állítva a kutatókat és a szakágazati feladatokat ellátó szervezeteket.

Karsztvízháztartás

A csapadék lehullása után általában a karsztba beszivárgó víz hideg. A beszivárgás értéke az előbb említett átlagos évi csapadékkal 773 mm/év, a forráshozamok és termelő kutak adataival (193000m³/nap, ~70,5x10⁶ m³/éves) számolva ~ 32,4% (Kozák et al., 2009). Nem szabad megfeledkeznünk arról a tényről, hogy ezek átlagos értékek. A beszivárgás mértéke eltérő lehet attól függően például, hogy melyik területrészen vizsgáljuk meg a beszivárgás mértékét. Eltérő lehet abból a szempontból is, hogy milyen az adott kőzet, vízzáró-e vagy sem?

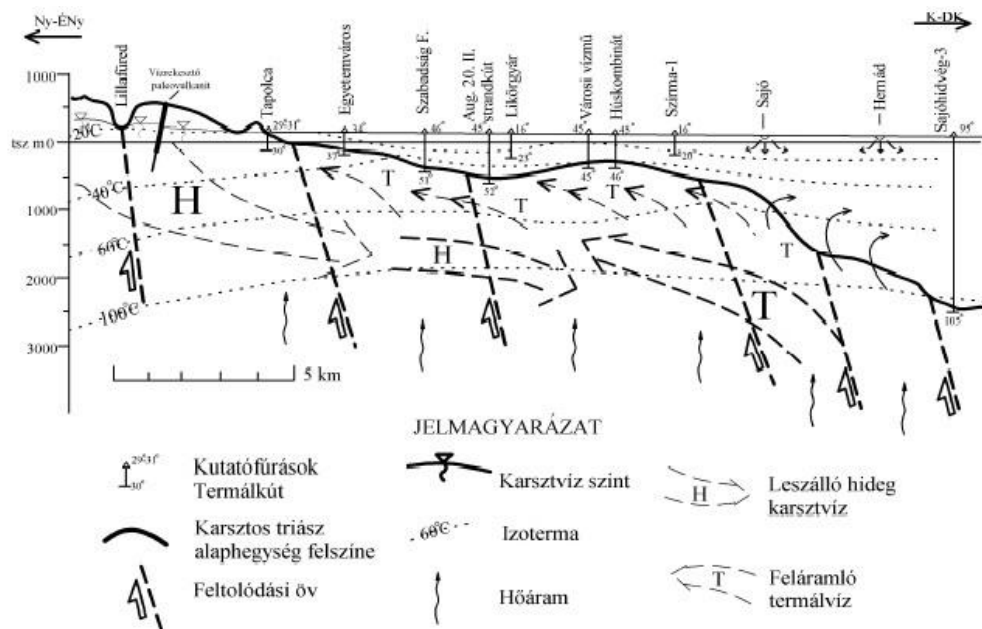
Fontos megjegyeznünk, hogy a Bükk hegységből nyerhető víz nem csak hideg. Hegységperemi részen langyos, távolabb pedig 30 foknál melegebb termálvíz is megtalálható. Nyilván a mélységtől is függ, hiszen minél mélyebbre hatolunk, annál melegebb vizet találhatunk. Ezt a tulajdonságot azért tettem első helyre, mert a dolgozat

szempontjából a hideg karsztvízzel nem, vagy csak érintőlegesen fogok foglalkozni, hiszen a hideg karsztvizet ivóvízként használják, főleg Miskolc területén.

A fürdőkultúrában azonban javarészt termálvizet használnak. Ahhoz, hogy egy karszton termálvíz alakuljon ki, több tényező szükséges. Alapvető a csapadék kérdésköre, mely eső formájában vagy hóolvadáskor kerülhet a karsztba és érheti el a vízszínt. A kőzet felépítése szintén fontos, melyeket az előző fejezetekben vázlatosan taglaltam.

A lényeg, hogy egy jól karsztosodott vagy hasadékos kőzettömegre van szükségünk, jó vízvezető képesség szükséges valamint az, hogy a karsztterület kiemelt és nyílt legyen, amelybe a csapadék jól be tud szivárogni. Mellette jelenlen meg a nyílt karszt felett üledék, és fokozatosan alakuljon át zárt karszttá így egy jó hidraulikus kapcsolat alakulhat ki a nyílt és a lezorított víztükrű karsztok között és van esély a víz utánpótlására, melynek szabad mozgást kell biztosítani függőlegesen lefelé körülbelül 10-15 %-ban (Lénárt, 2011).

A leáramló hideg víz a mélyben felmelegszik. Ehhez szükséges a vulkáni tevékenységek után megmaradt hőmennyiség vagy jelen esetünkben a földi hőáram. A leáramlás miatt a földi hőáram értéke 40-60 mW/m²-re csökken (az országos átlag kb. 100 mW/m²), és a 30°C-os izoterma 1300 m felszínalatti mélység alatt húzódik (Lénárt, 2011). A melegedő karsztvíz sűrűsége csökken, így alternatív útvonalakon, például törések mentén elindul a felszín felé. A hideg karsztvíz és meleg termálvíz áramlási rendszere Miskolc vonatkozásában a 6. ábrán látható.



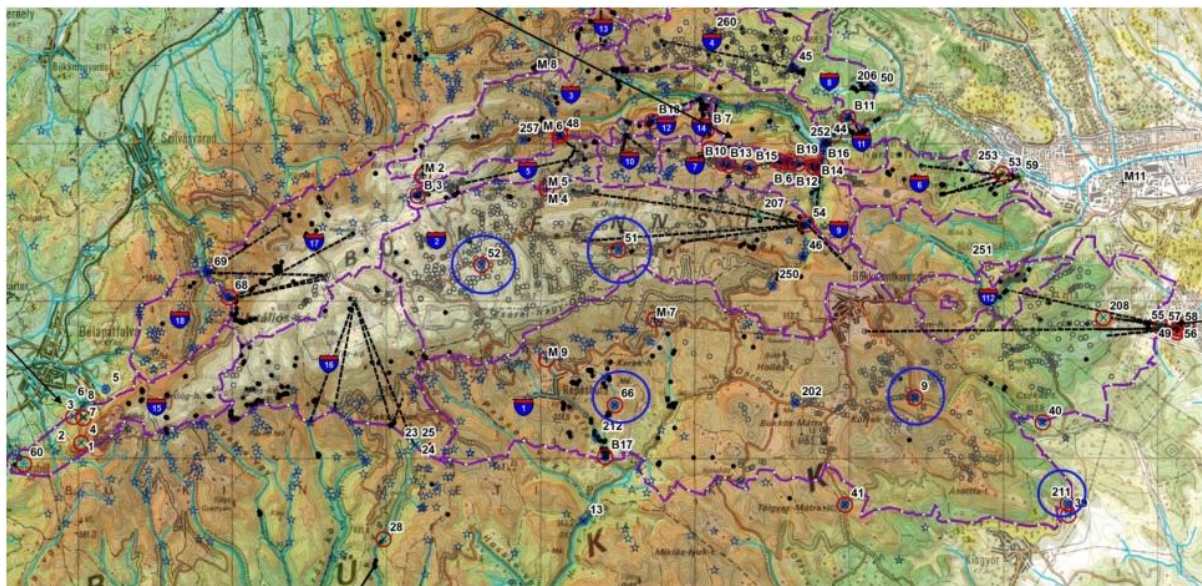
6. ábra A törve gyűrt karsztos triász alaphegység termogravitatív vízáramlási rendszerei

(Forrás: Kozák et al., 2009)

A karsztvíz és termákvíz mennyiségére nincsenek pontos mérési és számítási lehetőségeink, így csak körülbelül tudjuk, hogy mekkora a felhasználható termákvíz test. Ez azért lényeges, mert a növekvő igények, például rekreációs tevékenységek növekedése vagy a globális klímaváltozás és az emiatt kialakult energiafüggőség csökkentése érdekében használható termákvíz igen nagy volumen, potenciált képvisel, mind a gazdasági szereplők, mind kutatók számára, mind a társadalom részére. Az újabb és újabb megfelelő hőmérsékletű víz keresése – 30 °C vagy magasabb –, vagy a már meglévő víztest túltermelése veszélyeztetné a hideg karsztvíz ivóvíz eltartókéességét is, hiszen kapcsolatban állnak egymással.

A Bükki Karsztvízfigyelő és Észelő Rendszer, a BKÉR áttekintése

Az előbbi fejezetekben felvázoltak alapján rendkívül fontos egy olyan rendszer kiépítése, mellyel meghatározhatjuk a várható vízszintet. Az 1970-80-as években fogalmazódott meg a szakemberek számára a megvalósítás ötlete (Lénárt et al., 2013) (7. ábra).



7. ábra Áttekintő térkép a Bükki Karsztvízszint Észelő Rendszerről. Kék körökkel kiemelve a Böcker Tivadar által 1983-ban létesített karsztvízfigyelő kutak. (9: Bükkszentkereszt, Bk-1; 51; Miskolc, M-6; 52: Miskolc, Nv-17 (tévesen akkor Nv-8); 66: Rápáshuta, Rh-1 = Tbp-1; 211: Kisgyőr, K-14)

(Forrás: Lénárt et al., 2012)

A gond a mai viszonyokkal párhuzamos volt, a klímaváltozás és a növekvő társadalmi igények: a 60-as években szárazság, az ezredforduló környékén árvizek. Régebben növekvő ivóvíz igények mára energetikai és rekreációs tevékenységekre használt termákvíz növekvő felhasználása okoz problémát. A rendszer érzékenysége a hidraulikus kapcsolat miatt is

fontos. Erre a célra szolgált a Bükki Karsztvízfigyelő és Észlelő Rendszer (BKÉR) megszületése (Lénárt et al., 2013). A mérés alapvető célja, hogy a termeléshez szükséges vízmennyiségi adatok rendelkezésre álljanak.

Az első lépések Böcker Tivadar nevéhez fűződnek. Ő volt az első, aki a Bükk hegység területén a '70-es években figyelőkutakat telepített. Ezekbe a kutakba kerültek az első mérőműszerek. A rendszer elindítása 1992-ben történt meg. A későbbiekben termelő és nem termelő forrásokban, barlangokban, termelő hévízkutakban is telepítettek mérőállomásokat.

Ezek az eszközök adatokat közölnek az aktuális csapadékról, melyből karsztvízszintet lehet meghatározni, de alkalmasak lég- és talajhőmérséklet mérésére, a víz paramétereinek meghatározására, például hőmérséklet, nyomás adatok, vagy vezetőképesség. Jelenleg a rendszer 86 mérési ponttal rendelkezik (Lénárt et al., 2013). A mért adatok gyakorisága átlagosan 5-60 perc között változik (Lénárt et al., 2013), annak a függvényében, hogy mi a cél velük. A felhasználásuk, kiértékelésük a különböző cégek anyagi lehetőségei és igényei szerint 1-4 hónap ciklikussággal történik.

A felhasznált műszerekről általánosságban elmondható, hogy DATAQUA egységekből állnak, azonban ez is az évek alatt folyamatosan alakult ki, úgy ahogy a technikai fejlődés engedte. Hasonlóan a strapabíró laptopok elterjedése nagyban segítette a munkálatokat, hiszen addig kézi adatkinyerés volt a meghatározó. Ezzel azonban elérhetővé vált egy helyszíni ellenőrzés az egyedi szoftverek segítségével, melyekkel táblázatos vagy akár grafikus formában is megjeleníthették az adatokat.

A mérésre használt programok közül a számunkra rendelkezésre álló adatok legjobb tárolási rendszere egy táblázat kezelő szoftvert. A mindenki számára elérhető Microsoft Office táblázat kezelője jó megoldás erre. Az így kapott .xls állományokban, már napi átlagot is lehet készíteni és összerakva az így kapott értékeket, grafikusan is lehet vizsgálni őket. Azonban ennek a programnak a lehetőségei végesek, az adatbázis elég nagy, több mint 12 millió adat található meg benne (Balla et al., 2015). A továbbiakban ezért adatbázis kezelőben folytatták az adatok feldolgozását és a Kútűző projekt keretén belül egy programot is létrehoztak 2015-ben, mely SQL programnyelven íródott (Balla et al., 2015). Ez azért is volt szükséges, mert az összes eddigi mért adatot, eredményt az új eredményekkel összevetve, korrekciók segítségével a még hiányzó eredményeket meg lehetett határozni, az előrejelzésekhez jobb becslést lehetett adni, és ellenőrzés céljára szintén hasznos.

Azért is volt fontos a program elkészítése, mert a műszerek és a terepi módszerek is sokat változtak az évek során, azonban szakember szükséges mindezen adatok pontos és korrekt felvitelére. Az előbb említett szakember-szükséglet ellenére, nyitott a program

felhasználása, hiszen a projekt célja nem csak a gazdasági szereplők, hanem a kutatók és egyéb tudományos tevékenységek számára is lehetőséget kínál.

A vízszint meghatározására a Fennsíkon, a Nagyvisnyó-17-es figyelő kútban kinyert adatok a legmegfelelőbbek. Ahhoz, hogy a termelés zavartalanul működjön, pontos előrejelzéseket kell tudni lehatárolni a karsztvíz szintjének tekintetében. A kezdeti időkből úgynevezett trendvonalakkal határozták meg a vízszintet, azonban az ezredforduló szeszélyes csapadékviszonyai és elég alacsony vízállása miatt egy új módszert dolgoztak ki. Létrehoztak két lehetséges esetet, az egyik lehet egy csapadék mentesebb időszak, alacsonyabb vízszinttel.

Ennek a lényege az eddigi adatsorokból, amik közel 20 év alatt felgyülemlettek létrehoztak egy általános csökkenési görbét. A 2000-es évek száraz időszakában (2011-2012-es év adatai alapján) az 525 mBf alatti térségek vízszintjeit extrapolálták. Ezután az egyenlet meghatározásához a görbe pontjait használták. A jellegörbe így kapott pontjait az utolsó mért vízszintmagasságokhoz állították, így meghatározva a csapadékmentes időszak várható karsztvíz szintjét.

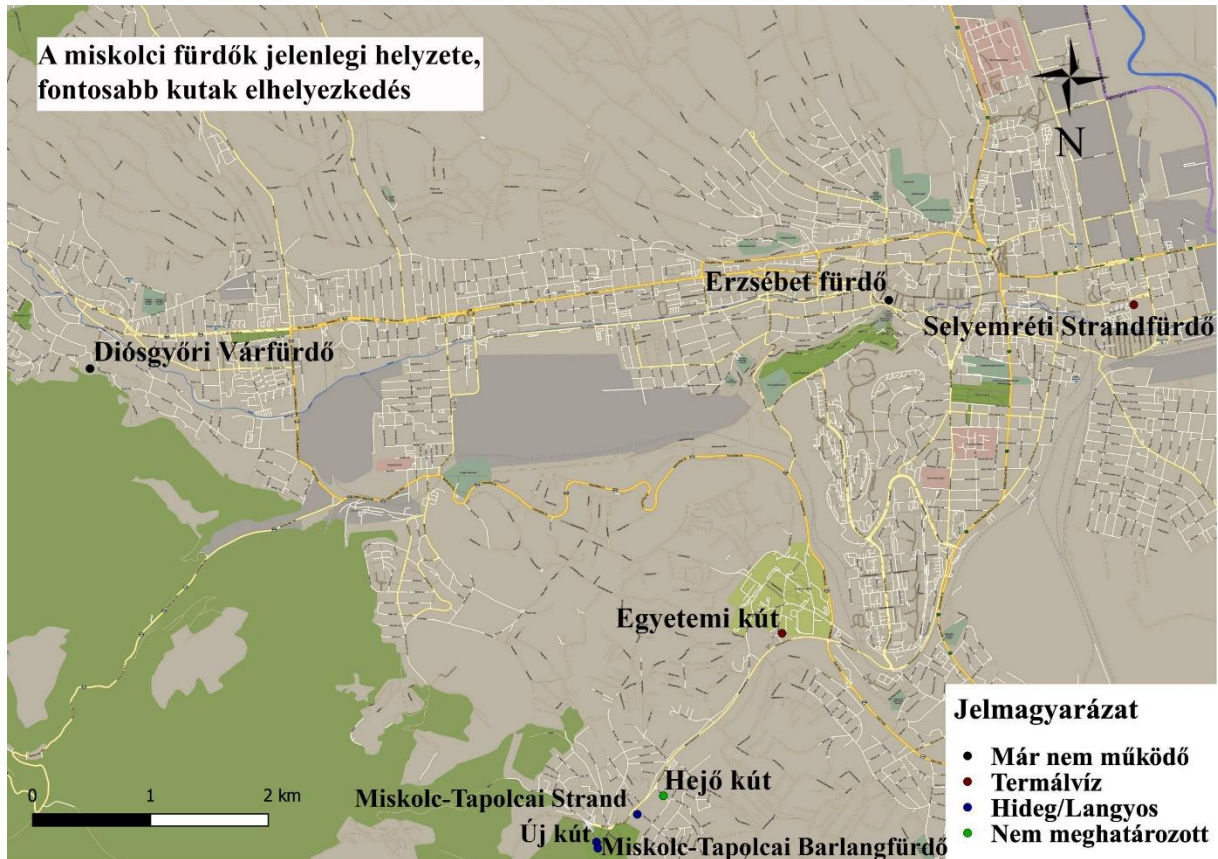
A másik lehetőség a csapadéktöbblet, azonban a több napi csapadék és a karsztvíz napi értékével összekapcsolódó reális matematikai összefüggés nincs. Van azonban egy úgynevezett hatékony csapadékcsoport nevű fogalom, ami alapján fajlagos emelkedést tudunk számolni a vízszint esetében. Ez az emelkedés átlaga 5,21 cm/mm, tehát ha 1 mm csapadék általában eső formájában esik 5,21 cm-et emelkedik a víz szintje. Ezáltal kijelenthető, hogy a csapadékosabb időszakokban, tehát tavasszal, tavaszi maximum, vagy ősszel, őszi maximum esetén havonta átlagosan 3-7 cm/mm az emelkedés (Lénárt et al., 2013).

Az előbb felvázolt eredmények és fejlesztések által a folyamatos monitoring lehetőséget kínál az adott terület pontosabb vízgyűjtő területének lehatárolására, védőidomok pontosabb kijelölésére és tematikus térképek létrehozására. Ez a térkép különböző termálpotenciál felmérésekhez, karsztosodottság mértékének megismeréséhez, áramlási rendszerek felvázolásához is segítségül szolgál. A térinformatikai rendszerek fejlődése és a BKÉR együttes használata e lehetőségek mellett napjaink fontos kérdésére, a csapadék viszonyok és szélsőségek vizsgálatra is használható. Legfrissebb kutatások az árvizekhez kapcsolódnak, amelyeket felszín alatt, a barlangokban végeznek.

A fürdők általános jellemzése Miskolcon

A fürdőkultúrához elengedhetetlen számos fürdő megléte, a vizsgált terület – Miskolc – esetében adott ez a feltétel. Az előbb felvázoltak szerint komoly vízkészlettel rendelkezik ez a

település, amely képes utánpótlódni és megújulni. A következő bekezdésekben a fürdőkről általánosságban fogok beszámolni, koncentráva az őket tápláló karsztvízre. A vizuális megjelenítés érdekében egy térképpel illusztrálom a jelenlegi helyzetet (8. ábra).



8. ábra A miskolci fürdők jelenlegi helyzete, fontosabb kutak elhelyezkedése

(Forrás: Saját szerkesztés)

A térkép jól mutatja a hegység peremi részén elhelyezkedő forrásokat és a ráépülő fürdőket. Jól látható a térképen az is, hogy, a nem hegységperemi részen települt fürdők esetében mesterségesen fúrt kút látja el a termálvízutánpótlást. Mint már említettem, minél mélyebbre fúrunk, annál melegebb vizet találhatunk (6. ábra), ez történt például a Selyemrét I. és Selyemrét II. kút esetén is.

A 8. ábra egy általam GPS készülékkel felmért tematikus térkép. A célom először az volt, hogy fúráspon adatbázis alapján, a fürdőket tápláló kutakat keresem meg és mérem fel. Azonban akadályok, műszaki határ zárok (kerítés), és az évek során átalakult környezet miatt ez nem valósult meg, vagy csak részben.

A térképre ezért a fürdőket vettem fel pontonként, s olyan kutakat, amelyek hidraulikus kapcsolattal állnak termálvizes kutakkal. A fürdőket úgy ábrázoltam, hogy, ami jelenleg nem működik fekete ponttal, ami működik azt kétféleképpen, kék és piros ponttal. Értelemszerűen

piros a termál a kék a hideg/langyos vizet jelöli. Ma Magyarországon a 30 °Cnál melegebb vizet nevezik termálnak, ezért a barlangfürdő 20-25 fokos vize hideg/langyos. A zöld ponttal jelzett terület az új, feltételezhetően termálkút, mely a 2. ütemben megújuló Tapolcai strandfürdőt fogja kiszolgálni. Jelenlegi adatok alapján nem találtak megfelelő hőmérsékletű vizet a tervezett mélységben, ezért az új fürdőrészt szintén a Miskolc-Tapolcai barlangfürdő vize fogja táplálni.

Miskolc-Tapolcai Barlangfürdő

Magyarországon, sőt talán egész Európában egészen páratlan és egyedülálló ez a fürdő. Hidrológiai és elhelyezkedési szempontból is nagyon egyedi, hiszen ezt egy természetes barlangban alakították ki. A másik különlegessége, hogy nem egy kút táplálja vizét, hanem egy termálforrás. Ez a forrás a triász korú mészkőből a hegység keleti részén lévő aljzatából fakad. Ebből a forrásból 25-31 °C-os termálvíz tör a felszínre (Szlabóczky, 2009).

Azonban az évek során a szakszerűtlen járat bővítés és szomszéd telken kialakított Olasz kút (Új Kút, mely az ivóvíz ellátás biztosítására szolgál a városnak) elegyedést és hőmérséklet csökkenést okozott.

A Barlangfürdő komoly presztízzsel bír a turizmus és földtudományi-ökológiai térképen egyaránt, ezért az elmúlt időszakban komoly összegeket áldoztak a fürdő és környezete fejlesztésén. Ez azonban hátránya is, hiszen a bővítésnek és komolyabb beruházásoknak súlyos területi határai vannak.

Az első ilyen, hogy a fürdő alapja egy barlang. A terjeszkedés a barlangjáratok feltárása és hasznosítása során történhet, de ez is véges. A másik probléma a víz kérdése. Miskolc ivóvízellátásának komoly hányada az Új kútból (8. ábra) történik, ami a fürdő közvetlen szomszédságában található és kapcsolatban állnak. A hidraulikus kapcsolat a termál forrással és a Selyemréti kutakkal szintén rendkívül érzékeny, ezért a bővítés ebből az irányból is nehézkes. A harmadik ok a régészeti feltárások, amely a fürdő előtt határolja be a lehetőségeket.

Ezektől eltekintve a 90-es évek végétől egy komolyabb, IV. ütemű beruházás kapcsán, nagyjából elérte fejleszthetőségének csúcsát a fürdő.

A jelenlegi előadás szempontjából a II. ütemben elkezdett barlangfeltárások, új járatok bevonása a fürdőtérbe lehet érdekes, melynek befejezése még várat magára (9. ábra).



9. ábra A Barlangfürdő egyik új járata

(Forrás: Saját)

Erzsébet fürdő

Az előbb felvázolt Tapolcai Barlangfürdőtől eltérően az Erzsébet fürdő számos tulajdonságában eltér. Nincs különleges barlangrendszer, amely köré épülhetne a fürdő és nincs külön városrészben sem. Miskolc belvárosában található, egy elég impozáns téren, amelyet ma Erzsébet térnek hívnak (10. ábra).

A fürdőt kiszolgáló víz is egyedülálló itt, hiszen kezdetben a Szinva és Pápmalom vizét használták fel, majd a felszíni vizek minőségromlása és a növekvő igények miatt bővítésre került sor. Először egy nagy aknájú kutat fúrtak, melynek vizét fűteni kellett, majd később a fűtési költségek kiváltására termálvizes kutat létesítettek. Ezt az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat Észak-magyarországi Üzem végezte, sikerrel (üzemi hozama $500\text{m}^3/\text{d}$, 45 °C -s hévíz), de maradandó gyermekbetegségekkel (Szlabócky, 2009). A különleges elhelyezkedésének köszönhetően inkább a gyógyturizmusnak és a komoly kikapcsolódásra vágyóknak szánták ezt a fürdőt Miskolc belvárosában.

A termálkúttal lehetett volna tovább foglalkozni, sőt a fürdővel is, azonban a tulajdonosváltás, a terület beépítettsége és folyamatos változása azt okozta, hogy 1990-es évektől nem üzemel fürdőként, s feltehetőleg már nem is fog.



10. ábra Erzsébet fürdő (1972)

(Forrás: FORTEPAN (Internet 5))

Miskolc-Tapolcai Strandfürdő

A Tapolcai Strandfürdő a Barlangfürdő sikerének árnyékban egy nyitott strandként kezdte meg működését 1923-ban. A vizét szintén a Barlangfürdőt tápláló forrásból kapta és kapja ma is, de a fürdő fejlesztéseknek köszönhetően saját kúttal fog rendelkezni. Sajnos a mai álláspont az, hogy nincs meg a megfelelő hőmérsékletű víz az új fűtő kútban, ezért marad a jelenlegi vízbetáplálás a Barlangfürdőből.

A strand a népszerűséget közelsége és remek mikroklimatikus adottságai adják, ami különleges fajok például a Hejő melletti szomorú fűzeknek és nagymúltú platánfáknak is volt köszönhető. A növekvő igények és a vízhiány egyre több kellemetlenséget okozott a fürdő működésében. A 80-as évekre egyre több gonddal küzdő fürdőt 2004-ben bezárták. A bezárása után a legtöbb vitát kiváltó fürdő Miskolc történetében. A városrészen élők, a média, a város sorozatosan fókuszban tartotta, azonban fejlesztésének elkezdéséhez komoly vitákra és rengeteg tervdokumentáció elkészítésére volt szükség. Hasonlóan, mint a Várfürdő esetében nem engedték a miskolciak, hogy elvegyék a strandjukat és 2013-ban egy 2 ütemben megújuló strandot kaptak vissza, amelynek első üteme elkészült (11. ábra) a második befejezése 2018-ra várható. Sajnos ezt a határidőt nem tudták tartani -feltehetőleg a vízellátási gondok miatt-, hiszen a kivitelezés 2019 első negyedében kezdődött el.



11. ábra A megújult Miskolc-Tapolcai strandfürdő

(Forrás: Internet 6)

Selyemréti strandfürdő

A következő fürdő az a ma ismert Selyemréti Strandfürdő, amelynek jelenlegi nevét és szerkezeti felépítését többször átformálta a történelem. Pályafutása a növekvő rekreációs igényeknek köszönhető, hiszen a városhoz még nem kapcsolt Görömböly/Tapolcán már üzemelt egy gyógyfürdő, sőt a strandfürdő tervei és indítása is készen álltak, a belvárosban a kisebb igények kielégítésére az Erzsébet fürdő adott teret, de egy strandfürdőre még vágytak a miskolciak. 1927-ben nyitotta meg a kapuit s villanytelepi strandnak nevezték el.

Az elnevezés onnan ered, hogy kezdetben a vizet fel kellett melegíteni, hiszen még termálvizet nem ismerték a környéken. Volt azonban egy telep, ahol villamosoknak állítottak elő elektromos áramot (villanytelep) és az ekkor keletkező hő a strandfürdő vizének melegítésére használták fel.

A fürdő épülete igen nagy kuriózum volt, hiszen tervezője nem volt más, mint aki a Margit-szigeti uszodát is tervezte, s aki egyébként olimpiai bajnok is volt egyben. Ő volt Hajós Alfréd, aki a strand mellett számos egyéb épületet is tervezett Miskolcon. A város tiszteletből egy komplett utcát nevezett el róla.

A „Villanytelepi” élete rövid volt, hiszen a modernizációnak köszönhetően a villanytelep elköltözött, megszűnt. A víz melegítésére más megoldást kellett találni. Az 1950-es években kőolaj és földgáz keresésére számos próbafúrás végeztek hazánkban, köztük Miskolcon is. Ennek eredménye volt, hogy a MHT (Magyar Hidrológiai Társaság) helyi Borsodi alapszervezete elintézte, hogy a kutatófúrás a mai nevén Selyemréti Strandfürdő területén történjen.

Ennek az eredménye hidrológiai szempontból nagyon előnyös volt, hiszen közel 600 méteren 900 l/perc vízhozammal több, mint 40 °C -os termálvíz tört fel (Szlabóczky, 2009). Ez volt Selyemrét I-es kútja, amely új lehetőséget teremtett a strand történetében.

Az 50-es években csak egy úszómedencével rendelkezett, azonban a feltárt kúttal más medence létesítésére is lehetőség nyílt. Ekkor építettek meg azt az építészeti remekművet, amelyet piskótamedencének neveztek el, hiszen alakja piskóta kinézetű volt, tervezője Menner László. A medence dögönyözővel is el volt látva és ez által komoly hírnévre tett szert az akkor már átkeresztelt fürdő (Augusztus 20.).

A megnövekedett igények és a vízhozam elégtelensége miatt eltervezték, hogy fúrják még egy kutat. Az új kút Selyemrét II. néven ismert. Vízhozama 5000 l/p és közel több mint 40 °C-os volt (Szlabóczky, 2009). Ennek a kútnak a fúrása után jöttek rá, hogy a fürdő vize hidraulikus kapcsolatban áll a Tapolcán található Barlangfürdő termálforrásával.

A 60-as években, az új kutat fúrása során egy időre lezárták, majd próbáltak fejlesztéseket eszközölni. A perifériából kieső területen lévő fürdő sorsát, – amely a Selyemrét városrészben található– egy jogszabály jelentősen befolyásolta. A 2008-as bezárása után 2013-ban ismét megnyitotta kapuit a különböző fejlesztéseknek köszönhetően, így ismét egy komolyabb hírnevű strandot kapott vissza Miskolc város lakossága (12. ábra).



12. ábra A megújult Selyemréti strandfürdő komplexuma

(Forrás: Internet 7)

A fürdő vizét a 2 ütemben fűrt Selyemrét I. és Selyemrét II. termálkútból táplálják. Az egyes kút vízhozamát nem, de a kettes kút vízhozamát növelték a nagyobb igények kielégítésének megfelelően. Az eddigi ismereteim alapján a hidraulikus kapcsolat, amit a

barlangfürdő vizével a korábbi időszakban kimutattak, az újrainvitást követően a növekvő vízkivitel során sem jelentett problémát. A jelenlegi összesített vízkivitel az I-es és a II-es termálkúttal 600.000 m³/év (Internet 8).

Diósgyőri Várfürdő

A Diósgyőri Vár közelségében szintén páratlan környezetben, az erdő szélén helyezkedik el a Diósgyőri várfürdő (8. ábra). A megváltozott értékrendek és a változó környezet miatt mára múltidőben lehet csak róla beszélni, annak ellenére, hogy vannak olyan csoportok, akik azt szeretnék, hogy ne így legyen (13. ábra).



13. ábra A Diósgyőri Várfürdő jelenlegi állapota

(Forrás: Saját)

A fürdő a vizét a hegység peremi, ÉK-i részéről előbukkanó forrásoknak köszönheti, melyek vize langyos, 19-22 °C-os volt. Későbbi törekvés volt vízhozam növelésére és a termálkarsztos zóna bevonására, ami egy melegebb víz hasznosítása lett volna, de a kivitelezési munkálatok nem sikerültek jól. A karsztakna kialakítása során elferdülés következett be, ezáltal alig érte el a termálvizet. A rossz kivitelezés nem lett körültekintően befejezve, így a bejutó víz a rendszerbe iszapot is bemosott és a karsztvíz hőmérsékletét is lehűtötte.

Az előző fejezetekben említett csapadékváltozás igen jelentős hatással volt a fürdő életére. A fürdőt tápláló forrást a 70-es években Miskolc ívóvíz ellátásának biztosítására kezdték el használni, hiszen erős vízhiány alakult ki.

Fontos még megemlíteni, hogy a fürdő felépítése elég egyszerű. 1 darab úszómedence, 1 darab gyerek medence, öltöző fülkék, higiéniai szükségletek kielégítésére szolgáló épületek és vendéglátó egységek voltak és egy szaunapark. A fürdőt 2005-ben újították fel, acélmentes

medencék kerültek beépítésre. A rekonstrukció után nem sokkal bezárták a fürdőt, szomszédos területen folyó építkezések miatt (Lovagi Tornák tere). A nagy múltú szaunaparkot, melyet Finnországtól kapott ajándékba a fürdő, nem lett felújítva, sőt hamarabb bezárták, mint a fürdőt. Külön érdekesség még, hogy a szaunához tartozó hidegvizes merülőmedence tulajdonképpen a Barlang-fürdőhöz hasonlóan egy barlangban kialakított medence volt. A 2014-es bezárása óta nem nyitott ki a fürdő. Az újra nyitásáért, megmentéséért sokan küzdenek a mai napig.

Mit hoz a jövő? Geotermikus potenciálok kihasználása

Az előző fejezetekben felvázoltam azt, hogy a Miskolcon és környékén a Bükknek köszönhetően előforduló karsztvíz lehet termásvíz is, amelyre a fürdőkultúra is épült az elmúlt évek során. A termálkarszt hőpotenciál hasznosításának másik módja a geotermikus energia kihasználása.

Ennek egy országos szinten is jelentős példája a Miskolc határában lévő projekt, melynek az elsődleges célja Miskolc lakossági-távhőszolgáltatásának támogatása, amit később ipari, mezőgazdasági tevékenységre is használnak, valamint a környező települések (Kistokaj) hőenergia igényének egy részét is kiszolgálja. A projekt neve: Gazdasági és társadalmi megújulás Miskolcon, amely KEOP pályázat keretében valósulhatott meg. A projekt kivitelezője a Miskolci Geotermia Zrt.

Az első próbafúrás nem várt eredményeket hozott. A triász korban képződött Bükkfennsíki Mészke Formációt közel 1500 méteres mélységben megtalálták, kiemelkedő vízhozammal, nagyjából 8000 l/perc és 90 °C körül hőmérséklettel, majdnem 3 bar nyomással tört a felszínre (Internet 9 alapján). A tervezett kútrendszert (1 db termelő kút) emiatt a kiemelkedő vízhozam mellett át kellett tervezni és 2 termelő kutas rendszert alakítottak ki. Ahhoz, hogy a rendszer stabil legyen, és mindig rendelkezésre álljon 3 visszasajtoló kutat létesítettek (1. táblázat).

1. táblázat Geotermikus hőenergiatermelésbe vont kutak Miskolcon (MAL: Termelő, KIS: Visszasajtoló)

Kút neve	Talpmélység (m)	Hőmérséklet (°C)	Vízhozam (l/perc)	Víznyelő Kapacitás (l/perc)
MAL-PE-01	2305	105	6600-9000	-
MAL-PE-02	1514	95	8000	-
KIS-PE-01	1737	-	-	1600
KIS-PE-01B	1093	-	-	5600
KIS-PE-02	1058	-	-	7000

Forrás: Internet 9 alapján szerkesztve



14. ábra PannErgy fogadóépülete Miskolc határában

(Forrás: Internet 9)

A projekt a célját elérte és megvalósult (14. ábra). 2012-ben bekapcsolódott Miskolc hőenergiájába ez a megújuló, környezetbarát energiaforrás. A későbbi fejlesztések is megvalósultak, mint említettem ipari termelésbe is bevonták, elindult egy mezőgazdasági felhasználás is, sőt az Avas lakótelepen kívül más városrészek is bekapcsolódtak a termelésbe (Tatár utcai hőközpont). A rendszer zártságának köszönhetően a visszatérő úgynevezett szekunderhő hasznosítása szintén kiépült, amelyet Kistokaj községe hasznosít jelenleg.

Összefoglalás

Látható tehát, hogy Miskolc, mint a fürdőkultúra egyik hazai fellegvára komoly potenciálokkal rendelkezik. A későbbiekben érdekes lesz figyelni a Barlangfürdő új járatainak bevonását vízhasznosítás szempontjából, a Tapolcai strandon elkészülő fejlesztések hatását szintén a Barlangfürdő karsztvízszintjén és a Miskolc határában lévő geotermikus rendszer kapcsolatát a karsztvízrendszerrel. Érdekes lesz még figyelni a klímaváltozás okozta szélsőségeket például: csapadékváltozás, hogy ez milyen hatással lesz szintén a vízszintre. Megoldandó kérdést fog felvetni a villámárvizek okozta problémák kezelése is ezen a területen.

Irodalomjegyzék

Balla, B. – Hernádi, B. – Lénárt, L. (2015): A Bükki Karsztvíz Észlelő Rendszer (BKÉR) adatainak adatbázisba szervezése. Miskolci Egyetem, XXXIII. Országos Vándorgyűlés

Gondárné Sőregi, K. – Székvölgyi, K. – Gondár, K. – Gyulai, T. – Könczöl, N. – Kun, É. (2008): Egy új módszer az utánpótlódó felszín alatti vízkészlet számítására hegyvidéki víztestek területén. Magyar Hidrológiai Társaság XXVI. Országos vándorgyűlés tanulmánykötet, Miskolc

Kozák, M. – Buday, T. – Ujhelyi, J. – Mcintosh, R. W. – Bálint B. (2009): A bükkelőtéri mélykarszt hévizeinek valószínű áramlási rendszere és terhelhetősége in: Pajtókné Tari, I., Tóth, A. (Szerk.): *A változó Föld-változó társadalom-változó ismeretszerzés*. Tudományos Konferencia, EKF Földrajz Tanszék, Eger, 93-103

Lénárt, L. – Szegediné Darabos, E. – Czesznak, L. – Kovács, P. – Hernádis, B. – Balla, B. – Sűrű, P. – Tóth, M. (2013): A bükki karsztvízszint észlelő rendszer (BKÉR) 1992-es létrejöttének oka és célja. A mérőrendszer üzemeltetése, kapcsolódások más projektekhez, főbb eredmények 2013-ig, jövőbeni céljai. Műszaki tudomány az Észak-Kelet magyarországi régióban, 40-50

Lénárt, L. – Szegediné Darabos, E. – Hernádi, B. (2012): A bükki hidegkarszt és a Bükk-térségi termálkarszt kapcsolatrendszerének kutatási eredményeinek összefoglalása. Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, MTA-ME Műszaki Földtani Kutatócsoport, Kútfő Project

Lénárt, L. (2006): A Bükk térség karsztvízpotenciálja – A hosszú távú hasznosíthatóságának környezetvédelmi feladatai. *Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek* 3 (2), 17-28

Lénárt, L. (2011): Hol van termálkarsztvíz a Bükk Térségben?, Miskolci Egyetem, *Multidiszciplináris tudományok*, 1 (1), 291-298.

Szegediné Darabos, E. – Lénárt, L. – Tóth, K. – Hernádi, B. – Kovács, P. (2014): A bükki karsztvízszint észlelő rendszer keretében gyűjtött hidrometeorológiai adatok elemzése. *Karsztfejlődés* XIX., Szombathely, 137-146

Szlabóczky, P. (2009): Miskolc fürdőinek történetéről. A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat, 77. kötet

Internet 1: <http://bnpi.hu/oldal/foldrajz-42.html> Letöltve: 2017.szeptember 23.

Internet 2: <https://www.agrotrend.hu/innovacio/fenntarthatosag/katasztrofat-hozott-az-aprilis-a-bukkkben> Letöltve: 2019.június 25.

Internet 3: https://www.met.hu/omsz/OMSZ_hirek/index.php?id=2576&m=2 Letöltve: 2019.június 25.

Internet 4: <https://map.mbfisz.gov.hu/nater/> 2017.november.14.

Internet 5: <https://fortepan.hu/#> Letöltve: 2019.június 27.

Internet 6: https://hellomiskolc.blog.hu/2016/05/27/hasznald_fel_a_szep-kartyadat_miskolcon_meg_keszul

Letöltve: 2019.június 27.

Internet 7: <http://selyemretifurdo.hu/galeria> - Hanák Tibor Letöltve: 2019.június 27.

Internet 8: <http://emiktf.hu/Ugyfelinf/engedelyek/doc/618-2014.pdf> Letöltve: 2017. november 9.

Internet 9: <http://pannergy.com/projektek/#miskolc> Letöltve: 2017. november 9.