

Lénárt László¹ – Hernádi Béla² – Czesznak László³ – Horányiné Csiszár Gabriella⁴ – Szegediné Darabos Enikő¹ – Kovács Péter⁵ – Sűrű Péter¹ – Tóth Katalin³

A 2006-OS ÉS A 2010-ES BÜKKI KARSZTÁRVÍZ OKAINAK, LEZAJLÁSÁNAK, HATÁSAINAK ÉS HASONLÓ HAVARIÁK KIKÜSZÖBÖLÉSÉNEK ÁLTALÁNOSÍTHATÓ TAPASZTALATAI

BEVEZETÉS

A 2006-os és 2010-es bükki karsztárvizek oka alapvetően az extrém mennyiségű csapadék, ill. az extrém mennyiségű csapadék egyenlőtlen területi megoszlása volt, ami a klímaváltozásnak is jele lehet.

A karsztárvizek lezajlásában sok hasonlóság volt, de a csapadék mennyisége, ill. a karsztvízszint maximumának különbsége miatt részben az árvizek lefutásában, részben a hatásának voltak erősen eltérő részletei. (A legjelentősebb eltérés emberi hatásra vezethető vissza: 2006-ban a város nem volt felkészülve arra, hogy ilyen nagy karsztárvíz esetén is zökkenőmentes legyen az ivóvízellátás, 2010-ben viszont – az elvégzett kutatásokat, beruházásokat követően – az árvíz már nem érte felkészületlenül a vízszolgáltatót, azonban a keleti Bükk felszíni vizeinek meghatározó részét levezető Szinva-patak 2010. évi áradása jelentős károkat okozott Miskolcon, ez azonban már egy másik előadás témája lehetne.)

A szerzőcsoport összetételéből látszik, hogy a címben megfogalmazott feladatot a hidrogeológus és a klimatológus kutató, a városi vízellátó, a hatóság, az aktív barlangkutató szemszögből, tapasztalatainak felhasználásával próbáltuk megoldani, általánosítható összefüggésekig eljutva.

A klímaváltozás hatásának tekinthető, hogy a 2010-es, 1983 óta biztosan a legmagasabb karsztvízszintet létrehozó csapadékviszonyok után 2011-2012 során ugyanezen időszak legalacsonyabb vízszintjeit regisztráljuk a Bükkben – így most az árvízi helyzettel szemben az aszály vizsgálatával foglalkozhatunk majd a továbbiakban. (Az előadásban ezt megemlítettük, de az árvizek és szerepük volt a súlyponti kérdés.)

A 2006. ÉVI MISKOLCI KARSZTVÍZSZENNYEZŐDÉS

2006 június elején Magyarország legnagyobb vízszennyeződése (vízszennyezése) történt Miskolcon. Több mint 3000 ember került orvoshoz, – igen sokan nem mentek el – Miskolc jelentős részén a Miskolctapolcáról származó víz coli fertőzés miatt emberi fogyasztásra alkalmatlan volt. [3; 4; 6a; 6b; 8; 11; 12]

Döntőnek tekinthető, hogy egy rendkívül jelentős felszín alatti áradássorozatot okozó időjárási helyzet állott elő. Évek óta emelkedő, az 50 éves átlagnál magasabb évi csapadékmennyiségek; az 50 éves átlagnál jelentősen magasabb márciusi-áprilisi csapadék; gyors olvadás április elején; májusban az 50 éves átlag kétszeresének megfelelő csapadék csapadékcsoport formájában; erre a csapadékcsoportra érkezett a június 2-i 49-82 mm nagyságú, az egész Bükköt érintő nagycsapadék; ezt követően ismét a Bükk teljes területét lefedő, 3 nap alatt lehulló 32-51 mm csapadék. Ennek következtében szennyezésekkel terhelt áprilisi és júniusi felszín alatti árhullámok szuperponálódtak egymásra, s így a szennyezési hatás lényegesen felerősödött. Ily módon az eddigi legmagasabb, folyamatosan mérő-rögzítő műszerrel mért karsztvízszint (546,32 mBf) jött létre a Bükk hegységben, a karsztvízdomborzat tetőszintjén. Ezek a felszín alatti áradások emberi módszerekkel kivédhetetlenek voltak, haváriának tekinthetők, tekin-

¹Lénárt László, Szegediné Darabos Enikő, Sűrű Péter: *Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet*

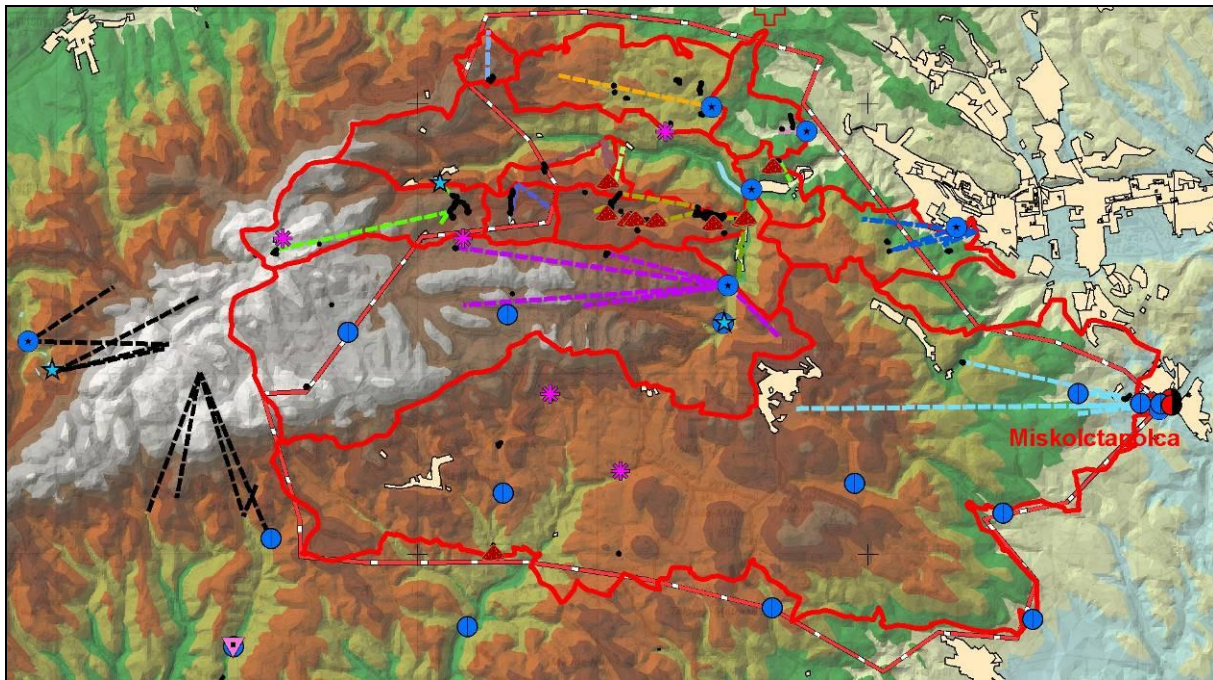
²Hernádi Béla: *Mátrai Erőmű, Bükkábrány*

³Czesznak László, Tóth Katalin: *ÉMI-KTVF, Miskolc*

⁴Horányiné Csiszár Gabriella: *Miskolci Vízművek, Miskolc*

⁵Kovács Péter: *ÉM-VIZIG, Miskolc*

tendők. (A tapolcai források 76 km²-es vízgyűjtő területére – *1. ábra* – kb. 17 millió m³ csapadék hullott májusban és június elején. A Bükkből történő összes karsztvíztermelés 2005-ben 25,2 millió m³ volt.)



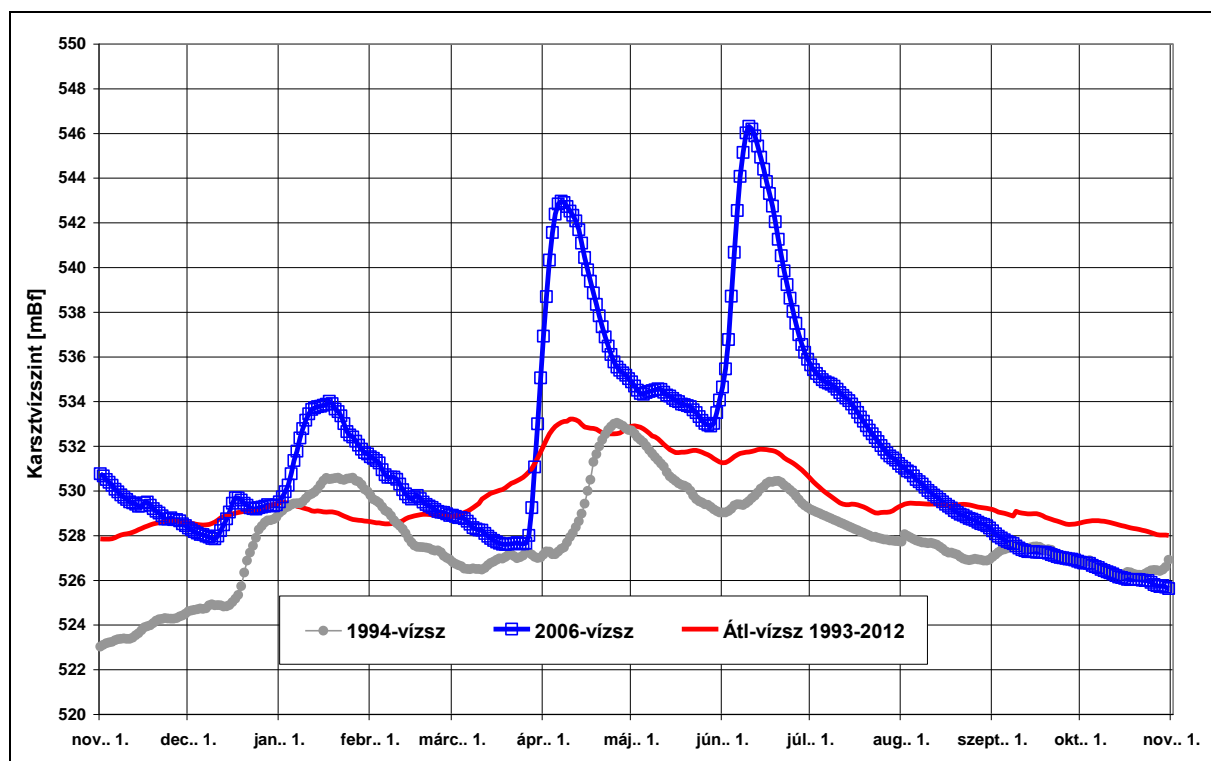
1. ábra. A miskolci vízműforrások védőterülete, azon belül az egyes források vízgyűjtői a legfontosabb felszín alatti áramlási irányokkal, Miskolc feltüntetésével (Hernádi, 2011)

Az opálosodást okozó szennyező anyagnak a felszínről felszín alatt mozgó (nagyon sok esetben hevesen áramló) vízbe való kerülése (nyitott víznyelőkön keresztül), ill. a barlangokban lerakódott törmelék felszakadása ilyen magas vízszinteknél, ill. az olyan dinamikus karsztvízszint emelkedésnél, ahol a tetőhelyzetben lévő karsztvízszint maximális emelkedésének mértéke 1,96 m/nap volt, törvényszerű és szintén kivédhetetlen. Ehhez járultak a bakteriális fertőzést adó szennyező góccok anyagának a felszín alatti vízbe való kerülése. A részletesebb vizsgálatok alapján opálosodás (zavarosodás) és a bakteriális szennyezés között tapasztalati összefüggés van, bár azok zömmel különböző közegekből származnak. (A fenti módon szennyezett víz tisztítása ultraszűréssel megoldható, de igen drágán.)

A Miskolc-tapolcai Vízbázis bakteriális elfertőződése a fekália szennyezőanyagok az illegális módon a karsztra való vezetése, ill. emberi hanyagság miatt a karsztvízbe való jutása miatt történt. (Nagy tömegű potenciális szennyezőanyag található a miskolc-tapolcai vízgyűjtő egyes részein, így Miskolc-tapolca több területén, Bükk-szentlászló-Tatárarok térségében, Répáshuta-Balla-völgyben.) Viszont itt is ki kell hangsúlyozni, hogy ez a bakteriális szennyezés valószínűleg nem következik be, ha nincs ekkora karsztvízszint, ill. ilyen dinamikus karsztvízszint emelkedés.

A *2. ábrán* az addigi 15 évi vizsgálat egy jellemzően alacsony vízsztintjét (1994), a legmagasabbra emelkedő görbét (2006), valamint az 1993-2012-es évek átlagos értékeit ábrázoltuk. (A *3. ábrán* látható, hogy 2006-ban már áprilisban is „karsztvízszint-rekord” született, amit előbb a 2006-os maximális vízsztint, majd 2010-ben 3 további magas karsztvízszint múlt felül.) Ezt a magas áprilisi vízsztintet egy átlagosnál magasabb májusi vízsztint követte, majd az erre szuperponálódó május végi - június eleji csapadékcsoport rendkívül jelentős emelkedése.

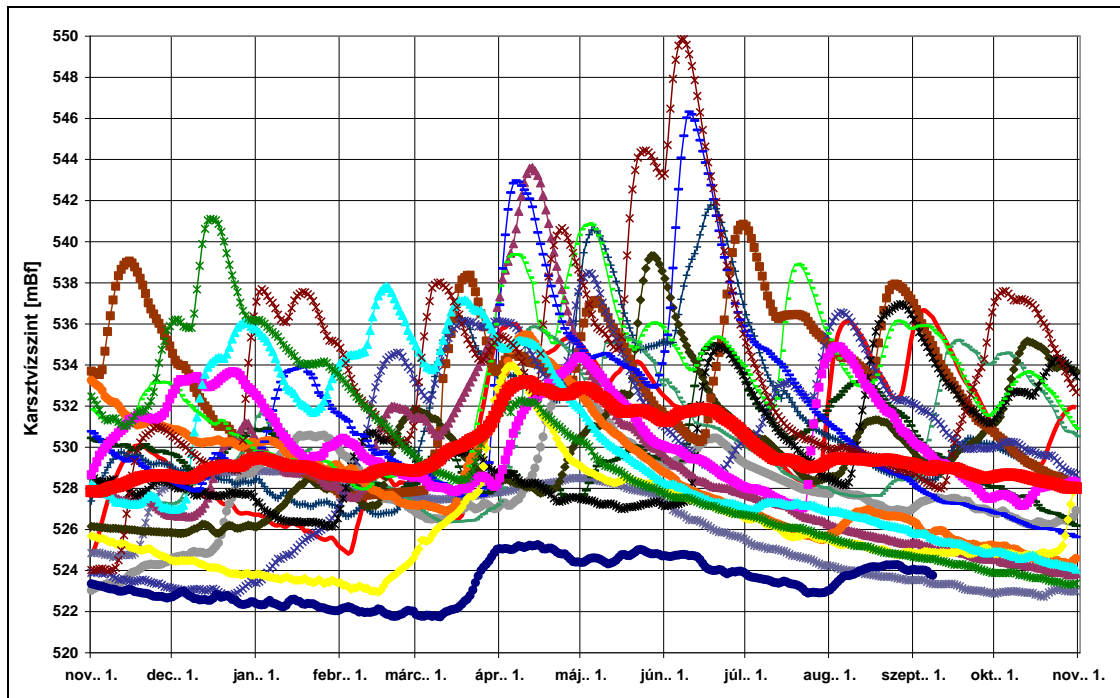
A 2010-es napi átlagos karsztvízszint az 549,85 mBf-i szinten tetőzött. (A mérésenkénti átlag ettől csak néhány cm-el tért el.)



2. ábra. A Bükk karsztvízszintjének változása 1994-ben, 2006-ban, valamint 1993-2012 között a nagymezői Nv-17-es karsztvízfigyelő kútban (Lénárt, 2012)

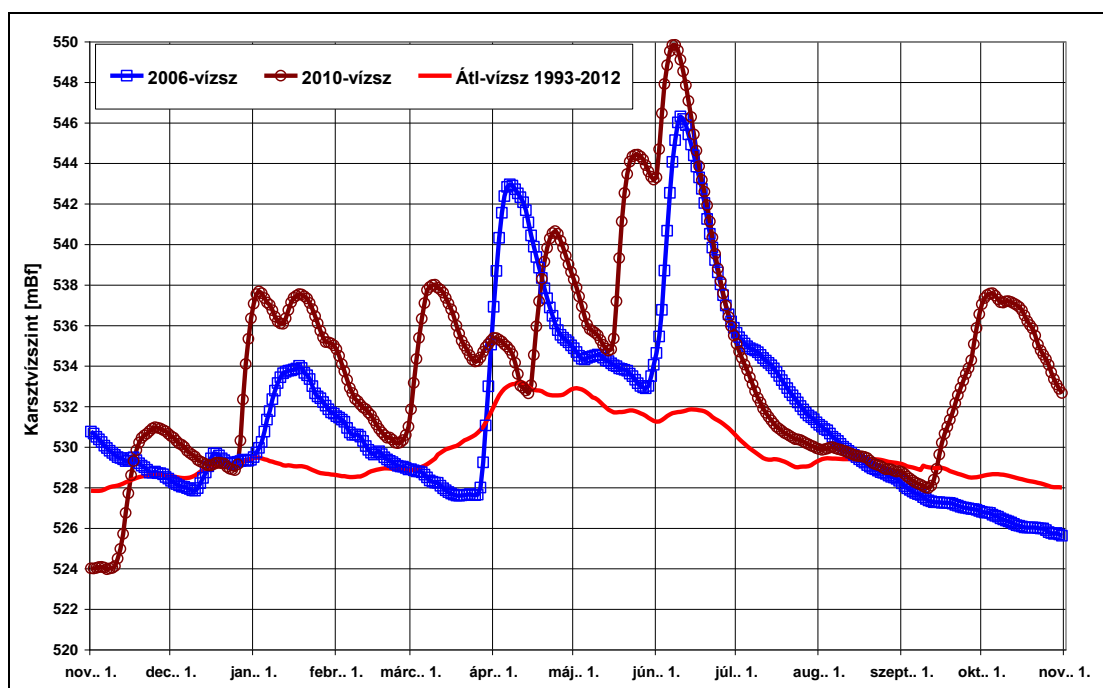
Ez a természeti eredetű havaria a víztermelés teljes intézményrendszerét figyelembe véve ki-védhetetlen volt, de a cél az, hogy a kutatásokkal és az azt követő műszaki megoldásokkal ez ne ismétlődhessen meg.

A Nv-17-es karsztvízfigyelő kút összes eddigi adatait a 3. ábrán mutatjuk be 2012 szeptember 5-ig. (Az egyes évek feltüntetésétől eltekintünk, mint a témánk szempontjából érdektelentől.)



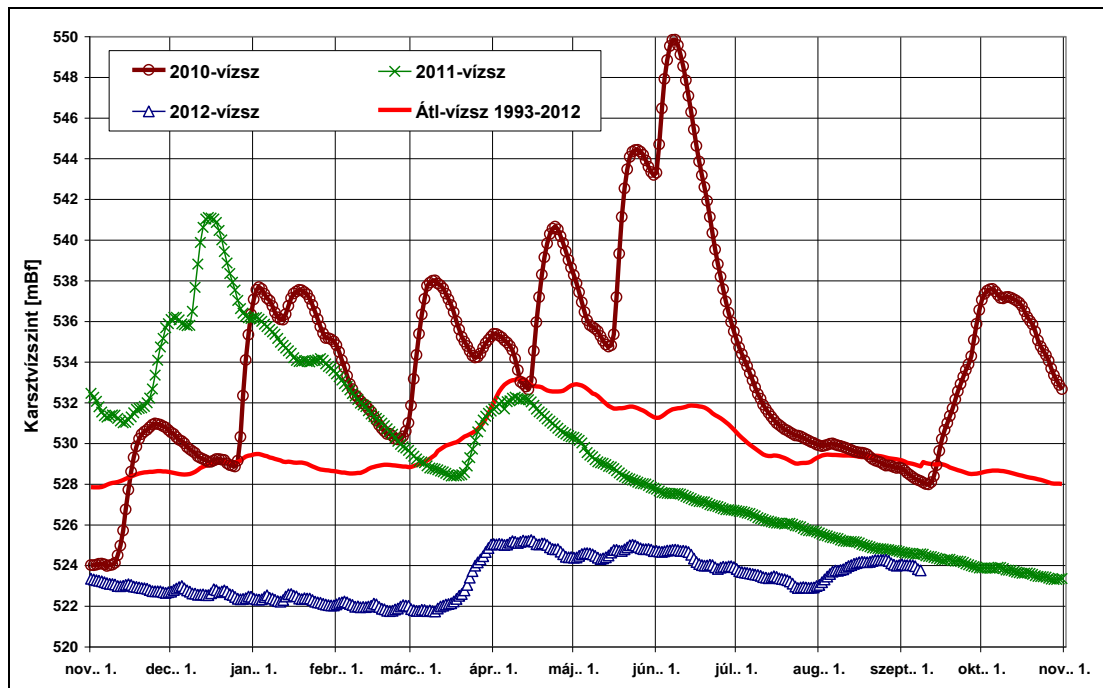
3. ábra. A Nv-17 kút vízszint adatai 1993-2012 között (Lénárt, 2012)

A 2006 utáni még magasabbra emelkedő (2010-es) árvízi szinteket a 4. ábrán mutatjuk be. Ezen az ábrán jól látható, hogy a relatív minimumok (és részben a relatív maximumok) egyre magasabban találhatók, ami a június eleji, eddigi legmagasabb, 549,85 mBf-i tetőző szintet eredményezte a Bükk-fennsík. Az is megfigyelhető, hogy a sokévi átlagot a 2006-os vízszint csak az év nagy részében haladta meg, viszont a 2010-es vízszint csaknem egész évben.



4. ábra. A 2006-os és a 2010-es árvízszintek összehasonlítása és az 1993-2012-es átlag (Lénárt, 2012)

Érdekes viszont az is, hogy a 2010-es maximális vízszint után következő két évben mennyivel alacsonyabb vízszintek alakultak ki a területen (5. ábra). 2011 novemberétől



5. ábra. A 2010-es, 2011-es, 2012-es és az 1993-2012-es átlagos vízszintek (Lénárt, 2012)

2006-OS JAVASLATOK A MISKOLCTAPOLCAI VÍZMŰ ÉS A VÁROS VÍZELLÁTÓ RENDSZERÉNEK BIZTONSÁGOS ÜZEMELTETÉSÉHEZ SZÜKSÉGES FEJLESZTÉSEK /FELADATOK/ MEGVALÓSÍTÁSÁRA [3; 6; 7]

Azonnali intézkedések megtétele, melyek zömmel 2006-ban megtörténtek

1. Kútszerkezeti felújítási munkák elvégzése.
2. A klórozás hatékonyságának fokozása, a túlfolyó víz klórmentességének biztosítása, a klórmentes nyersvíz mintavételezésének biztosítása.
3. A folyamatos ellenőrző méréseket lehetővé tevő helyszíni vízminőségi monitoring rendszer kiépítése, percnkénti adatlekérdezéssel, az esetleges bakteriális szennyezéssel járó kísérő jelenségek azonnali felismerésére.
4. A bakteorológiai gyorsteszték végzésére alkalmas műszerek beszerzése, akkreditált bakteriológiai saját laboratórium kialakítása, a vízminta vételek sűrítése a Kormányrendelet előírásán túlmenően az ÁNTSZ-szel és ÉmiKTVF-fel egyeztetve.
5. A belső védőterületen és közelében lévő felhagyott ivóvíz és csatornahálózati elemek feltárása, azok megszüntetése; a belső szennyvízelvezető rendszer átépítése nyomott rendszerűvé; a Barlangfürdő szennyvízelvezető rendszerének átépítése többszörösen védetté; a Hejő-patakba történt illegális szennyvízbekötések feltárása és megszüntetése; vízzárósági próbák végzése a vízbázisvédelem szempontjából kritikus csatornaszakaszokon; a vízmű fölötti szennyvízcsatorna visszaduzzadási vészjelzésének kiépítése; a bükk-szentlászlói és a bükk-szentkereszti szennyvízcsatornáknak a miskolci rendszerre való csatlakozási pontja alatt a szennyvízcsatorna-rácsakna vészszintjelzésének kiépítése.
6. A Vár-hegyi, felhagyott kőbányában lévő figyelő kút kitisztítása és annak rendszeres vízmintavételezése, vízszintjének folyamatos rögzítése.
7. Az üzemeltetési szabályzat felülvizsgálata és kiegészítése a még hiányzó előírásokkal, különösen a haváriák esetén szükséges intézkedésekkel.
8. A többi vízműforrások zavarosságmérővel történő felszerelése, a vízminőségi monitoring rendszer továbbfejlesztése a miskolctapolcai gyakorlati tapasztalatok alapján.

A következő években elvégzendő feladatok a vízbázisvédelem, a preventív védekezés folytatása, jelentős mértékű erősítése a 123/1997. /VII.18./ Korm. sz. előírásainak megfelelő védőterületek kialakítása érdekében

1. A bükki, földtanilag sérülékeny karsztvízbázist annak védelme, helyreállítása érdekében folyamatosan kutatni kell, a tanulságokat folyamatosan le kell vonni. (Részben megtörtént.)
2. A vízmű vizének karsztvízjárástól függő iszapterhelését (a karsztvíz lebegőanyag tartalmát) le kell választani ülepítéssel vagy szűréssel. (Az ultraszűrés megvalósítása folyamatban van.)
3. A teljes miskolci és a csatlakozó hegyvidéki vízműhálózat teljes körű felülvizsgálata, korszerűsítése, ill. felújítása elengedhetetlen. (Részben megtörtént, a 2009-2012-es diagnosztikai vizsgálatok erre is kitértek.) [1; 2]
4. Szennyvíztároló medencék, ürgödrös árnyékszékek, szikkasztók tényleges felmérése, szükség szerint a megszüntetése, az újonnan engedélyezett beüzemelés előtti tényleges ellenőrzése. (Részben megtörtént, a 2009-2012-es diagnosztikai vizsgálatok erre is kitértek.)
5. A MIVÍZ által (is) eddig végeztetett vízbázisvédelmi tevékenységet (karsztvízszint észlelő rendszer, barlangok szennyezettségének folyamatos vizsgálata és csökkentése, egyéb vízminőség-javító kutatások-beruházások) folytatni, adott esetben erősíteni kell. (Folyamatosan megtörtént.)
6. 2009-2012 között megtörtént a diagnosztikai felülvizsgálat, az új védőidom kijelölése folyamatban van.
7. Feltétlenül célszerű figyelembe venni a kutatásoknál és a különböző szintű döntéseknél, hogy a bükki hideg és meleg karsztvizek csak technikai értelemben választhatók szét egymástól, azok elválaszthatatlan egységet alkotnak és ennek a vízműszervezetek kapcsolatszerében is meg kell jelennie. [5; 9; 13; 14; 15; 16; 17]
8. A sok éves hidrogeológiai munkával megismert potenciális szennyező források aktualizált feltárása mellett minden kritikát kibíró, megismételt víznyomjelzéseket kell végezni, elsősorban nagy, vagy közepes vízhozamok (karsztvízszintek) mellett. (A 2009-2012-es diagnosztikai vizsgálatok erre is kitértek.) Ezek a területeken a szennyezés lehetőségét meg kell szüntetni a szennyező anyag keletkezésének megszüntetésével (ami igen jelentős tudati fejlődést és hosszú időt kíván) és az időszakos patakmedrek vízzáróságának megoldásával (ami jelentős költségeket jelent).
9. A legfontosabb források esetében a termelt vízmennyiség mellett a túlfolyó (ökológiai) vízmennyiségek szabatos, kb. hetenkénti rendszeres meghatározása (esetleg folyamatos észlelése) a vízminőségi adatok értelmezéséhez nélkülözhetetlen. (A 2009-2012-es diagnosztikai vizsgálatok keretében épültek ilyen mérőhelyek.)
10. Városi és hatósági segítséggel olyan egyeztetett helyi jogszabályokat, ill. működő munkakapcsolatokat kell alkotni, ill. kialakítani, amelyek a karszt jellegének megfelelően biztosítják a hatékony vízbázisvédelmet, valamint a folyamatos hatósági ellenőrzést.
11. Az építési engedélyeket szigorúbb – elsősorban vízbázisvédelmi – feltételekhez kell kötni és a feltételek betartását sokkal szigorúbban kell a helyszínen ellenőrizni. (A 2009-2012-es diagnosztikai vizsgálatok keretében is már ezen megfontolások alapján lettek figyelembe véve a korlátozások és tiltások)
12. Ki kell dolgozni egy riasztási szinteket tartalmazó rendszert csapadékok, vízszintváltozások, jelzésértékű vízminőség-változások alapján az árvízi (riasztási) szintekhez hasonlóan és azt folyamatosan üzemben kell tartani (a forrásokon az üzemeltető anyagi helyzetéhez mérten, 2007 óta kialakította a folyamatos 24 órás forrás monitoring vízminőség észlelési rendszert, riasztási és kikapcsolási határértékekkel).

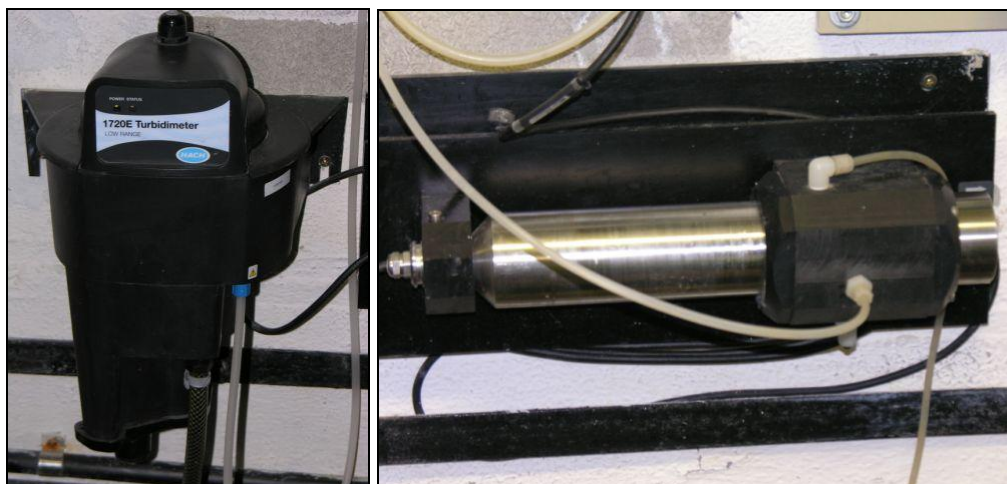
13. A megfelelő vízminőség fokozott mértékű biztosítása érdekében az eddigi mintavételezési gyakorlaton jelentősen változtatni kell. (A mintavételezés 2006 óta nyersvízből is és behatási időn túli hálózati vízből is történik! A Vízmű a jogszabályi gyakoriságtól sűrűbben végez vízminőség ellenőrzést, az akkreditált mérésekkel párhuzamosan gyorsított vizsgálatokat.)
14. Létre kell hozni egy olyan „havarria bizottságot”, ahol a magas riasztási szinteknél az operatív emberek mellett karszthidrogeológiai szakember is jelen van, s amelynek anyagi és szervezési lehetőségeivel az azonnali (és csak a havaria bekövetkezésekor aktuális) karszthidrogeológiai, vízkémiai, bakteriológiai, vízbiológiai stb. kutatások érdemben és azonnal elvégezhetőek, ill. magas riasztási szintek esetén a jelenlegi diszpécseri szintet meg kell emelni.
15. Egy tartós, a MIVÍZ Kft anyagi lehetőségeit messze meghaladó szakmai munka megszervezésére, a pénzeszközök megszerzésére, a beruházások lebonyolítására, a kutatási, víztermelési, államigazgatási és hatósági munka koordinálására létre kellene hozni egy állandó bizottságot pl. Miskolci Karszvízbázisvédelmi Bizottság néven, mely közvetlenül a Polgármester alá tartozna. Ennek a bizottságnak a vezetését a például a Miskolci Egyetem láthatná el a Bükki Karszvízszint Monitoring Rendszeren keresztül. [3; 7]

A tiszta karsztvíz tartós biztosításához három úton (azok kombinációjával) lehet eljutni:

1. szüntessük meg a keletkezési helyén a szennyezést (lakossági szennyezés esetén elvileg ez, ha nehezen is, megoldható, de gyakorlatban ez ma még az emberek tudati szintjét és anyagi lehetőségeit ismerve nem fog menni),
2. akadályozzuk meg a szennyezett víznek a karsztba jutását az időszakos patakmedrek víz-záró burkolásával (drága, és a környezetvédők ellenvetésére is lehet számítani),
3. szükség szerint tisztítsuk meg a forráson kilépő karsztvizet (drága, folyamatosan fenntartott technológiát kell alkalmazni).

Valószínű, hogy az időszakos patakmedrek valamilyen burkolásával, a miskolctapolcai források árvízi hozamainak szükség szerinti tisztításával, ily módon komplex megoldással érhetünk célt a legkisebb befektetéssel, de csak akkor, ha az emberek „vízbázisvédelmi tudati átnevelését” sem hanyagoljuk el.

A legfontosabb beavatkozásnak a vízművek egységes, vízminőségvédelmi monitoring rendszerének kiépítését tartjuk, mely eddigi működése során lehetővé tette az azonnali beavatkozás lehetőségét. Ily módon a riasztási szint elérése esetén a fokozott készség mellett az alternatív vízellátási módok megszervezése is megkezdődhetett és vízmű kizárás esetén azok aktiválása is megtörtént. A forrás monitoring rendszer műszereiből a 6. ábrán bemutatunk néhányat.





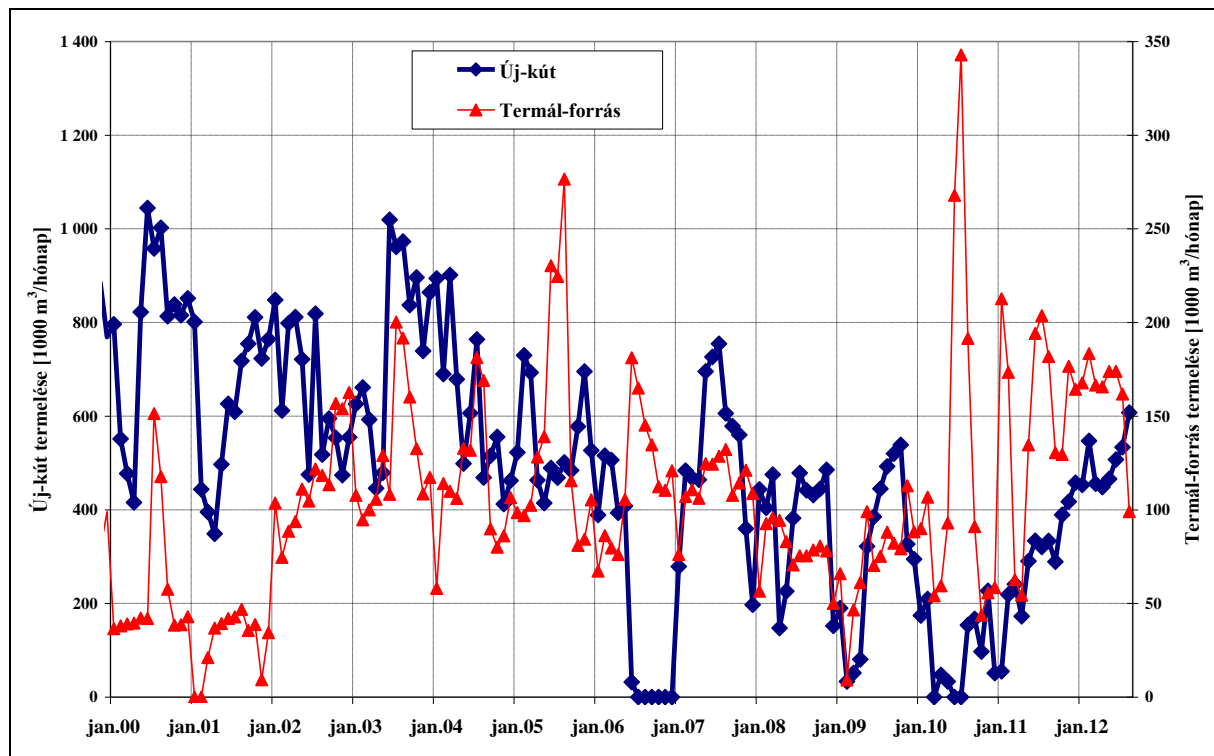
6/a ábra HACH-LANGE 1720E sc zavarosság mérőegység; HACH-LANGE UVAS plus sc szervesanyag tartalom mérőegység; Szervesanyag tartalom kijelző; Zavarosság kijelző; Beadási pont szabad Cl mérőegység; Beadási pont szabad Cl kijelző; pH és vezetőképesség mérőegység; pH mérőegység; Vezetőképesség mérőegység kijelző; Kijelző egység a kezelő teremben; Colilert gyorsteszt (Horányiné, 2007)



6/b ábra. Colilert gyorsteszt eredményt jelző tasak

Már előbb jeleztük, hogy bár a 2010-es felszín alatti és felszíni karsztárvíz lényegesen nagyobb volt a 2006-osnál, a vízellátásban ez nem okozott akkora fennakadást, mint 2006-ban. Sőt, 2010-ben olyan megbetegedés sem fordult elő, mely a szennyezett víz számlájára lett volna írható. (A 2006-os megbetegedések okainak pontos feltárásában bőven maradtak kérdőjelek, de ezek megválaszolására nekünk sincs megfelelő vizsgálati eredményünk.)

A két árvíz okozta különbségekre a 7. ábra adatai is rámutatnak. 2006-ban az Új-kút termelése több, mint egy fél évig szünetelt a hálózat felé, de 2010-ben ez a szünet jóval rövidebb volt és elővigyázatossági jellegűnek tekinthető. Emellett 2006-ban az ÉRV-től kapott a város a szokásosnál lényegesen több parti szűrésű vizet a vízellátás biztosítása érdekében, viszont 2010-ben, amikor az ÉRV parti szűrésű vízbázisai árvíz alá kerültek, akkor Miskolcra, többek között a Termál-forrásból ment a karsztvíz az ÉRV által ellátandó területre, így a MIVÍZ Kft. 23 környező települést látott el ivóvízzel a 2010-es havária helyzetben.



7. ábra. A miskolctapolcai Új-kút és a Termál-forrás havi termelése (Vízű adatok, 2012)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- BÖCKER, T. – VECSENYÉS, GY. [1983]: Miskolc város vízellátására foglalt karsztforrások védőidomának víz- és környezetvédelmi atlasza. Hungalu, Budapest.
- IZÁPY, G. – MAUCHA, L. [1992], A Bükk-hegység vízháztartási viszonyai. A Bükk karsztja, vizei, barlangjai konferencia, ME, 1992. május 28-30. pp. 131-142. Miskolc.
- KÁDÁR, S. – LÉNÁRT, L. [2006]: Vízszennyezés tényfeltáró bizottság végső jelentése. Miskolc Megyei Jogú Város Polgármesterének felkérése, Miskolc.
- KARÁDY, L. – LÉNÁRT, L. – VOJTILLA, L. [2007]: A 2006 júniusában történt miskolci karsztárvíz hidrogeológiai okai, vízminőségi következményei, a hasonló havariak megelőzése érdekében tett lépések. FAV, előadás, ill. <http://fava.hu/balatonfured2007/index.html>, honlapon a teljes előadási anyag megjelent. Balatonfüred, március 28-29.
- LÉNÁRT, L. [2005]: Some aspects of the „3E’s” (Economics-Environment-Ethics) model for sustainable water usage in the transboundary Slovakian and Aggtelek karst region based on some examples from the Bükk mountains. PhD Thesis Work, 2005, Kassa/Košice.
- LÉNÁRT, L. [2006a]: A miskolctapolcai új-kút szennyező forrásainak feltárása, műszaki megoldási javaslatok a hosszútávú, biztonságos karsztvíztermelés biztosításához. Miskolci Vízművek Rt megbízás, 2006.
- LÉNÁRT, L. [2006b], A Bükk-térség karsztvízpotenciálja – a hosszú távú hasznosíthatóságának környezetvédelmi feladatai. = Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek, III. évf. 2. sz. pp. 17-28. Miskolc.
- LÉNÁRT, L. [2007]: A 2006 júniusában történt miskolci karsztárvíz hidrogeológiai okai. MHT Vándorgyűlés, Tata, 07.04-06. (Az előadások CD-n, ill. az MHT honlapján jelentek meg. <http://www.hidrologia.hu/ovgytata/25/fooldal.html>)
- LÉNÁRT, L.: A miskolci karsztforrások monitoring rendszere. Miskolci Vízművek Kft. megbízás, 2007.
- LÉNÁRT L. [2008]: Hideg, langyos és meleg karsztvíz-zónák a Bükkben és környezetében. Mineral waters in the Carpathian Basin 5th International Scientific Conference. pp. 41-50. Csíkszereda.

- LÉNÁRT L. [2002-2012]: A Bükkben keletkezett kitermelhető (meleg)karsztvíz-készlet folyamatos meghatározásának módszere (IX.)XXI/b. (A 2002. 08. 28. - 2012. 01. 01. közötti mérési eredmények értékelése.) Miskolci Vízművek Rt megbízás.
- LÉNÁRT L.[1992-2012]: A Bükkben keletkezett kitermelhető karsztvízkészlet meghatározásának módszere XXI/a. (Az 1992. 10. 10. - 2012. 01. 01. közötti mérési eredmények értékelése.) Miskolci Vízművek Rt, Észak-magyarországi Regionális Vízművek Rt, Heves megyei Vízművek Rt, Mezőkövesdi VG Rt, Smaragd GSH-Kft, Miskolci Egyetem megbízás.
- LÉNÁRT, L. [2010]: The Interaction of Cold and Warm Karst Systems in the Bükk Region. Proceedings of the 1th Knowbridge Conference on Renewables, pp. 111-118, Miskolc.
- SZLABÓCZKY, P. [1974]: Karsztvíz tározó rendszer termohidraulikai vizsgálata Miskolc környéki adatok alapján = Hidrológiai Közlöny, 54. évf. 11. füz. pp. 516-523.
- LIEBE, P. [SZERK.][1994]: Magyarország vízkészleteinek állapotértékelése. VITUKI Rt., 1994, Budapest.
- LIEBE, P. [EDITOR][2002]: Guide groundwaters in Hungary. Compiled by The Hydrological Institute of VITUKI Plc. Ministry of Environment and Water, Budapest.
- VITUKI [2002] Vízkészletgazdálkodási atlasz, Budapest.