

ÚJ TÍPUSÚ VÍZKÉSZLET MEGHATÁROZÁS A BÜKKBEN

NEW METHOD OF KARSTWATER RESOURCES CALCULATION IN BÜKK MOUNTAINS

SZEGEDINÉ DARABOS ENIKŐ² – TÓTH MÁRTON³ – CZESZNAK
LÁSZLÓ¹ – LÉNÁRT LÁSZLÓ³ – HERNÁDI BÉLA⁴

¹Észak-magyarországi Vízügyi Hatóság; ²MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport; ³Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet; ⁴Mátrai Erőmű Zrt.

Cím: Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Környezetgazdálkodási Intézet, 3515, Miskolc, Egyetemváros
E-mail: hgtoth@uni-miskolc.hu

Abstract: The aim of our research is to propose a new water resource calculation method, which does not require water budget calculations. In this method the applied parameters are water level measurement data from monitoring wells and caves, using the Bükk Karst Water Level Observing System, well register data and geological information from the Bükk area. With this calculation the maximum, minimum and mean volume of water resource can be determined, moreover, knowing the yearly precipitation, the recharge can also be calculated.

Bevezetés

A felszín alatti vizeket használó vízmű vállalatok, ill. a gyakorló hidrogeológusok szakmai felelőssége igen nagy a tekintetben, hogy felszín alatti vizeinket mennyiségi és minőségi szempontokat is figyelembe véve fenntartható módon hasznosítsuk, illetve hosszú távon megőrizzük (SÁSDI 2002). Ennek érdekében szükséges tudnunk, hogy egy-egy vízbázis esetében mekkora hasznosítható vízmennyiséggel számolhatunk. A Bükk hegység vízháztartása, ill. a kitermelhető – hasznosítható – vízkészletének nagysága régóta foglalkoztatja a kutatókat (SZŰCS – HORNE 2009, SZŰCS 2012). A korábbi készletbecslések csaknem mindegyike vízháztartási vizsgálatokon alapult és dinamikus készletet határozott meg. Ezen számítások hátránya, hogy a pontos eredményhez a vízháztartási egyenlet minden elemét pontosan meg kell tudni határozni, ami mint tudjuk a rengeteg, nehezen mérhető tényező miatt nem könnyű feladat. 1954 és 2008 között összesen 13 különböző meghatározás eredményeit mutatja az I. táblázat (GONDÁRNÉ et al. 2008). 2008-ban a SMARAGD-GSH Kft. munkatársai már számítógépes modell alapján határozták meg az utánpótlódó felszín alatti vízkészlet nagyságát a

Bükkben. Számításaik során figyelembe vették a földtani felépítést, a talaj fizikai jellemzőit, a talaj vastagságát, a jellemző területhasználatot, éghajlati adatokat (csapadékeloszlást), ill. a felszín morfológiáját. A számításokhoz két szoftvert használtak: a WHI Unsat Suite programcsomag HELP modulját és az ARCGIS 9.1 szoftvert. Eredményük nem tér el lényegesen az *I. táblázatban* közölt korábbi értékektől. További előny, hogy a munka során egy terjedelmes és más szakterületek számára is értékes térképgyűjteményt állítottak elő (*BÖCKER – DÉNES 1977*).

Célkitűzés

Jelen kutatásaink célja, hogy az 1992 óta folyamatosan működő Bükki Karsztvíz Észlelő Rendszer (BKÉR) adatainak minél szélesebb körű felhasználásával egy új módszert dolgozzunk ki a karsztvízkészlet meghatározására, melynek alkalmazásához nincs szükségünk a vízháztartási vizsgálatok bizonytalan paramétereire. Jelenleg a bükki karszt területén több mint 30 helyen, de 1992 óta több mint 90 helyen – kutakban, megfigyelőkutakban, barlangokban és forrásokban – regisztráltuk folyamatosan a vízszintet, esetenként a vízhőmérséklet és fajlagos elektromos vezetőképességet a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer keretein belül. A rendszer egyik nagy előnye, hogy a Bükk hegység csaknem teljes területét lefedi, ezáltal lehetőségünk van összehasonlító és korrelációs vizsgálatok végzésére is az egyes mérőhelyekről származó adatok között (*DARABOS– LÉNÁRT 2008, MEZŐ 1995*). Az elektronikus vízszint, vízhőmérséklet, vezetőképesség és radon méréseket folyamatosan mérő és rögzítő mérőműszerekkel végzik. A mérési gyakoriság zömében 15-60 perc, de elvétve előfordult 10, ill. 240 perces gyakoriságú mérés is (*KOVÁCS 2006*).

A Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézete a miskolci karsztvizet termelő vízmű vállalatok számára folyamatosan végez térfogati készletbecslést. Ez a becslés a BKÉR adatai alapján, ténylegesen mért, ill. előre jelzett vízszintek felhasználásával készül már évek óta. A módszer előnye, hogy viszonylag egyszerű, pontos mérésen alapul, felhasználva hozzá a korábbi kutatási eredményeket is, melyekkel az eredmény pontosítható volt.

Hátránya viszont, hogy sem a földtani, sem a domborzati adottságokat nem vette figyelembe, az alkalmazott alapszint önkényesen lett meghatározva, a számításokhoz csupán egyetlen karsztvíz-figyelő kút 22 éves adatsorát, ill. aktuális mérési adatsorát használtuk, továbbá a teljes karsztos területet egyetlen hézagterfogat értékkel fedtük le. Mindezek alapján úgy gondoltuk, hogy a teljes számítási módszer megújítása indokolt, a rendelkez-

zésünkre álló új kutatási eredmények figyelembe vételével és felhasználásával.

I. Táblázat
Table I.

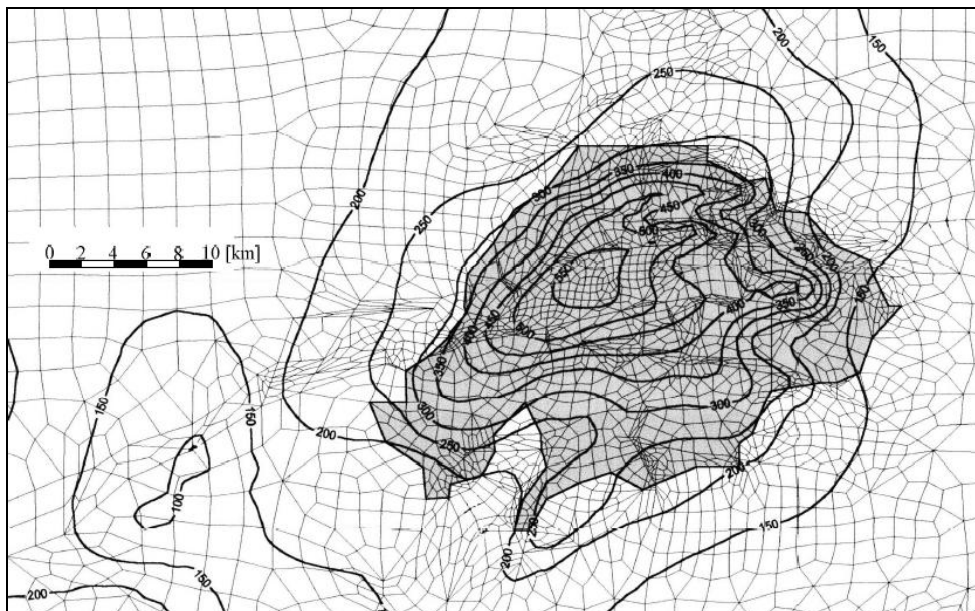
Különböző szerzők által becsült vízkészletek a Bükkben (GONDÁRNÉ et al., 2008)
The estimated water resources of Bükk by different authors (GONDÁRNÉ et al., 2008)

Szerző	Intézmény	Év	Vízgyűjtő terület [km ²]	Dinamikus vízkészlet [m ³ /nap]
Kessler H.	VITUKI	1954	199,8	113 400
Schmidt E. R.	MAFI	1962	199,8	116 600
Sárváry I.	VITUKI	1964	235,2	153 400
Szlabóczky P.	KEVITERV	1973	450,0	191 800
Böcker T.	VITUKI	1977	200,0	213 700
Tóth G.	Egri Főiskola	1983	100,0	78 900
Dénes Gy.	VITUKI	1983	114,5	98 500
Rádai Ö.	VITUKI	1984	255,0	177 500
Maucha L.	VITUKI	1984	254,9	195 600
Rádai Ö.	VITUKI	1984	256,7	208 200
Rádai Ö.	VITUKI	1986	258,4	183 360
Szabó, Lénárt, Wallacher	NME	1989	230,3	153 000
Székvölgyi K.	Smaragd-GSH	2008	232	112 595

A számítási módszer ismertetése

A vízkészlet számítási módszer alapját a BKÉR megfigyelőkútjaiban és barlangi mérőhelyeken regisztrált vízszintek, valamint a VIFIR forráskataszter bükki adatai jelentik. Korábbi vízdomborzat becslések és térképek születtek források és néhány megfigyelőkút adatai alapján, ezek közül egyet mutat az 1. ábra (LÉNÁRT 2002, LÉNÁRT – DARABOS 2012, SZILÁGYI et al., 1980). Ezek alapján tudjuk, hogy a felszín alatti vízdomb legmagasabb pontja az Nv-17 megfigyelőkútban mért vízszint. Ez indokolta, hogy a forráskataszter adatai közül nem használtuk azokat, amelyek a Nv-17 szintje fölött helyezkedtek el, mivel úgy gondoljuk, hogy ezek csak lokális áramlási pályákon mozgó vizek, ill. időszakos források. A mérési adatainkból, ill. a források fakadási szintjeiből Golden Software Surfer program segítségével előállítottuk a vízdomborzat felső burkoló felületét. Két esetet vizsgáltunk, az egyik a mérőrendszer működése alatt a Nv-17 mérőhelyen mért legalacsonyabb, a másik a legmagasabb vízszint időpontjában mutatja a többi mérőhely vízállását, ill. az adatok alapján létrehozott vízdomborzatot. Azért választottuk ezt az időpontot, mert korábbi, nagy vizek idején végzett vizsgálatainkból kiderült, hogy az árhullámok induló ideje csaknem minden mérőhelynél megegyezik, viszont a tetőzési idejünkben eltérnek, így nem

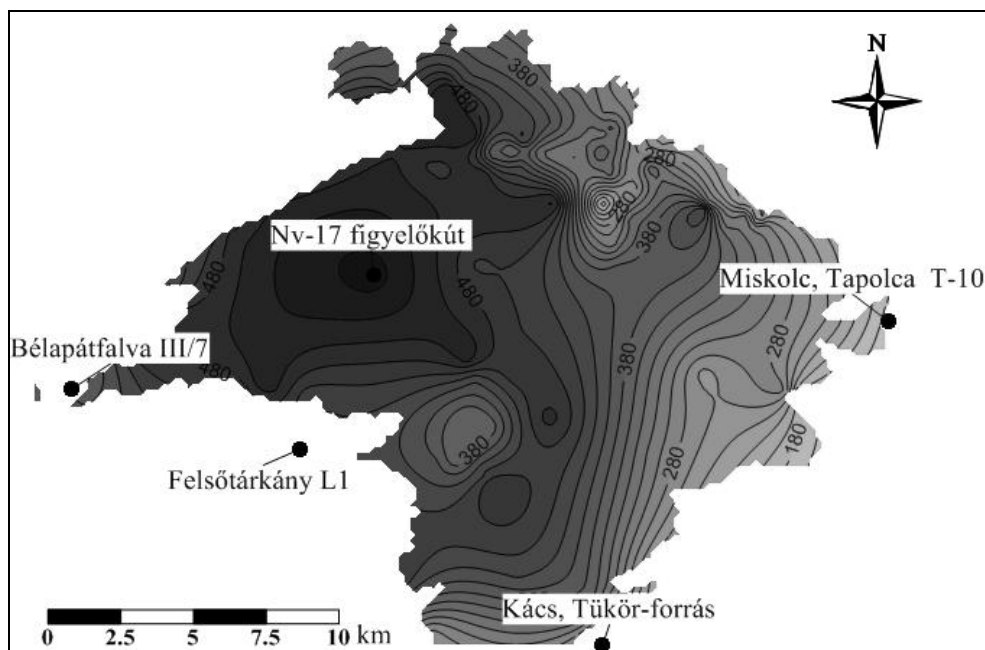
vehetjük figyelembe minden kút maximális vízállását, hiszen azok időben nem egyszerre jelentkeznek.



1. ábra A Bükk és környezetének karsztvízszint térképe 1995 (Lénárt, 2002)
Figure 1. Map of karst water level of Bükk (Lénárt, 2002)

A maximum állapot látható a 2. ábrán, melyen a Bükk északnyugati részének egy darabját, valamint a délnyugati részét letakartuk, mivel ezeken a részeken az áramlási viszonyokat még nem tudtuk tisztázni. Ennek oka a délnyugati részen az, hogy a nagyon rossz vízvezető kőzetek alatt valószínűleg még a vizsgálati mélységünkön belül megjelennek a jól, ill. közepesen karsztosodó kőzetek, amit a későbbiekben a teljes áramlási kép megalkotásakor figyelembe szeretnénk majd venni.

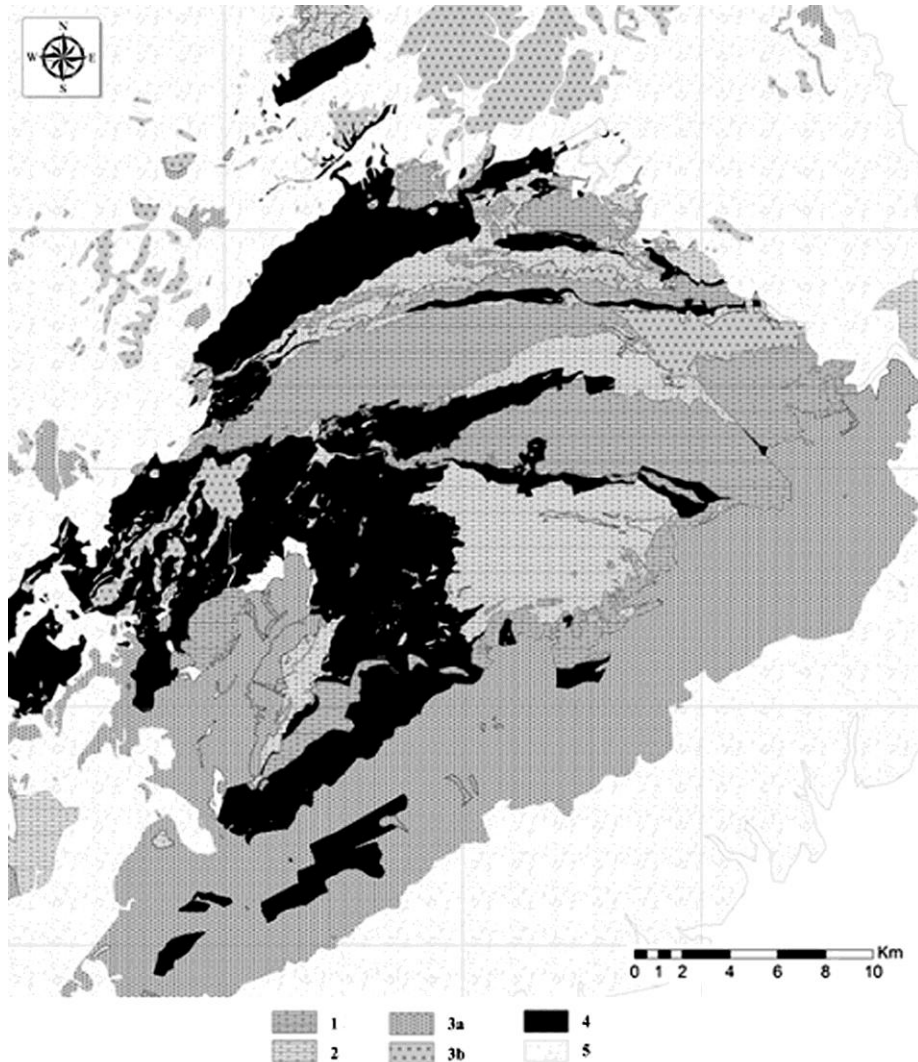
A vízszint térképek előállításával párhuzamosan megkezdtük a földtani adatok feldolgozását is. Karsztosodottság, ill. vízvezetőképesség szerint csoportokba soroltuk a földtani formációkat. Kezdetben a SÁSDI LÁSZLÓ által szerkesztett térképet használtuk (LÉNÁRT – SZEGEDINÉ 2012), viszont annak kategóriái nem teljesen feleltek meg a céljainknak, új kategóriákat kellett létrehozni, melyek a 3. ábrán láthatóak. Erre a beosztásra azért van szükségünk, mert a jellemző hézagterefogatokat ezekre a kategóriákra fogjuk meghatározni, melynek mélység szerinti változását a későbbiekben lehetőség szerint figyelembe kell venni.



2. ábra A Bükk jellemző vízszint térképe az Nv-17 mérőhely maximum vízszintje idején
 Figure 2. Isoline map of water level of the Bükk in case of water level maximum of Nv 17 monitoring well

A szükséges térképek előállítását követően, az a további feladatunk, hogy meghatározzuk azt az alapszintet, amely fölött elhelyezkedő vízmennyiséget számolni akarjuk. Ez a szint a korábbi számítások során az 1993-ban mért abszolút minimumnak gondolt vízszintérték volt, 2012 márciusában azonban ez alá csökkent a vízszint. Ez számításbeli és morális problémákat is okozott, egyrészt negatív vízkészleteket kaptunk eredményül, másrészt felvetődött, hogy esetleg a régebbi kategorizálás szerint értelmezett statikus készletek termelése folyik, ami többek között ökológiai szempontból sem lenne megengedhető. A kérdéskörben érintett szakemberek közül mindenki tudta, hogy ennek oka, csupán csak a szerencsétlenül megválasztott viszonyítási szint volt, a statikus készlet termelése nem folytatható, hiszen a források (néhány időszakos forrás kivételével) zavartalanul működtek. Itt gondoljuk megemlíteni azt is, hogy korábbi vizsgálataink alapján úgy gondoljuk (KUN *et al.* 2010), hogy a Bükk hegységben a hideg-meleg karsztrendszer összefüggő egységet alkot, így nem beszélhetünk dinamikus, ill. statikus készletekről. Beszélhetünk viszont lassan, ill. gyorsan utánpótlódó kitermelhető karsztvíz készletről (LÉNÁRT 1978). E kettő határát 480 mBf-i szinten határoztuk meg karsztosodottsági, ill. leürülés vizsgálatok segítségével. A lassan utánpótlódó készlet alsó határa pedig a hegységben előforduló - ten-

gerszint feletti magasságot tekintve - legalacsonyabban lévő forrás szintje, vagyis Miskolctapolca (127 mBf).



3. ábra A Bükk földtani formációira karstosodottság szerint felállított kategóriák, alaptérkép: Less 2005
 Jelmagyarázat: 1. jól karstosodó kőzetek, 2. gyengén karstosodó kőzetek, 3a. nem karstos, hasadékos kőzet: riolilit és dácit tufa, 3.b. nem karstos, hasadékos kőzet: egyéb, 4. nagyon rossz vízvezető kőzet, 5. törmelékes üledékek

Figure 3. Rock categories by different karstification, base map: Less, 2005
 Legend: 1. well karstified rocks, 2. weakly karstified rocks, 3a. not karstified, fissured rocks: rhyolite and dacite tuff, 3b. not karstified, fissured rocks: other, 4. poor water-bearing rocks, 5. clastic sediments

A vizsgált terület térfogati víztartalmának meghatározásához először elkészítettük a terület vízdomborzati térképét, melyhez a BKÉR adatbázisból azt az időpillanatot ragadtuk ki, amikor az Nv-17-es monitoring kút vízszintje a legalacsonyabb értéket mutatta, majd kiemeltük az adatbázisból a többi monitoring pont ebben az időpillanatban mért vízszint értékét is. Ebből az adatbázisból krigeléssel egy 200 m-szer 200 m-es rácshálót (grid fájlt) készítettük a Golden Software Surfer v.10 program segítségével. Ez a rácsháló az alapja a 2. ábrán bemutatott izovonalas térképnek. Ezt a vízdomborzat fájlt később horizontálisan elmetszettük a legalacsonyabb forrás szintjével, ami 127 mBf (Miskolc-Tapolca) volt. Így meghatároztuk a 127 mBf szint és a számított vízdomborzat közötti közet térfogatát. Innentől kezdve csupán a geológiai kategóriák leválogatása a feladat, valamint a kapott térfogat értékek porozitással történő szorzása.



4. ábra A „Jól karsztosodott” közet kategórián belüli számított vízszint adatok
Figure 4. The calculated water levels inside the boundary line of „Well karstified” category

A földtani térképen bemutatott karsztosodottsági és vízvezetőképesség szerinti kategóriákból ún. bln (boundary files, határvonal fájl) állományokat hoztunk létre, mely határvonalakkal vertikálisan elmetszettük a 127 mBf szinten már korábban horizontálisan elmetszett vízdomborzat rácsháló (grid) fájlt. Ezzel le tudtuk válogatni az adott közet kategóriában számított vízszint értékeket, tehát csak azokban a rácsháló pontokban volt vízszint értékünk, amely az adott határvonal fájlban belül esett (4. ábra). Erre

azért volt szükségünk, mert a porozitás értékét, mely által végül is ki tudtuk számolni a térfogati víztartalmat, amelyet kőzet kategóriánként adtuk meg. Ezeknek a porozitás értékek a megállapításakor irodalmi adatokat vettük alapul (BÖCKER – DÉNES, 1977, KOVÁCS 2006, LÉNÁRT 1978, MEZŐ 1995, SZILÁGYI *et al.*, 1980, SZLABÓCZKY 1988). Az ezek alapján meghatározott, ténylegesen alkalmazott értékeket a *II. táblázatban* mutatjuk be.

II. Táblázat
Table II.

A kőzet kategóriák porozitás értékei
Porosity of different rock categories

Kőzet kategóriák	Porozitás mértéke (%)
Jól karsztosodott	0,75
Gyengén karsztosodott	0,25
Rossz vízvezető kőzet	0,05
Nem karsztos, repedezett: dácit, riolit tufa	0,1
Nem karsztos, repedezett: egyéb	0,1

Eredmények

A Golden Software Surfer v.10 programmal végzett térfogat számítás során nemcsak, a számunkra érdekes geometriai test térfogatát tudjuk meghatározni, hanem az ahhoz tartozó alapterületet is (*III. táblázat*). Ez esetünkben azért volt különösen praktikus, mivel így az egyes kőzet kategóriákhoz tartozó területi kiterjedést is meghatároztuk, amit össze tudunk vetni a korábbi számítások eredményével. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a közölt eredmények nem a Bükk teljes területére számított készleteket jelenti, hiszen a DNY-i területeket – azok vízföldtani minőségének tisztázásáig – nem vettük figyelembe. Az *I. táblázatban* közölt vízgyűjtő terület értékekkel összevetve a mi általunk számított értéket láthatjuk, hogy nagyságrendileg megegyezik. Ebben a táblázatban láthatóak továbbá az egyes szerzők által számított dinamikus vízkészlet értékek is. (A későbbiekben az általunk számított terület és térfogat érték is nőni fog a DNY-i Bükkre számított értékekkel.)

A korábbi vizsgálatokkal ellentétben a mi általunk kidolgozott vízkészlet számítási módszer a pillanatnyi térfogati víztartalmat határozza meg. Eddig ilyen típusú készlet számítási módszerről a Bükk esetében nem tudunk. Ennek főképpen az az oka, hogy nagyon sok vízszint adattal kell ren-

delkeznünk ahhoz, hogy pontos vízdomborzatot készíthessünk. Ehhez pedig csak a Bükki Karsztvíz Észlelő Rendszer adatbázisa tud elegendő információt szolgáltatni.

III. táblázat
Table III.

A számítási módszer által kapott területi és térfogati eredmények
Results of calculation

Kőzet kategóriák	Terület (millió [m ²])	Kőzetben tárolt minimális víz térfogat (millió [m ³])
Jól karsztosodott	107,1	270,6
Gyengén karsztosodott	62,3	93,2
Rossz vízvezető kőzet	20,1	5,4
Nem karsztos, repedezett: dácit, riolit tufa	1,9	1,1
Nem karsztos, repedezett: egyéb	11,7	4,7
Összesen	203,1	375

Számításaink alapján látható, hogy a Bükk hegység központi részében a jól karsztosodott kőzetek területi kiterjedése a legnagyobb 107 millió m², mely esetében a kőzet kategóriák között, a legnagyobb porozitás értékkel számolhatunk, így adódik, hogy az ebben a kőzet kategóriában tárolt víztérfogata 270 millió m³. Ezt követi a gyengén karsztosodott kőzet kategória a maga 62 millió m²-es kiterjedésével és a benne tárolt 93 millió m³ víztérfogattal. A rossz vízvezető kőzet; a nem karsztos, repedezett: dácit, riolit tufa; a nem karsztos, repedezett: egyéb kőzet kategóriákban tárolt víz mennyisége az előbbi kettő kategóriához képes elhanyagolható, a három kategória együttesen teszi ki a 10 millió m³.

Figyelembe véve a pillanatnyi térfogati vízkészlet meghatározási módszer működését úgy gondoljuk, hogy a későbbiek során lehetőségünk lesz egy adott évben utánpótlódó vízkészlet mennyiségének számítására is. Ehhez majd azt kell szem előtt tartanunk, hogy bizonyos feltételeknek teljesülnie kell, a vízdomborzat számításakor. Kutatómunkánk következő lépéseként a módszer egy adott évben utánpótlódó vízkészlet mennyiségének számításra való alkalmasságát fogjuk megvizsgálni.

Összefoglalás

A Bükki Karsztvíz Észlelő Rendszer mérési adatait felhasználva egy olyan vízkészlet számítási módszert dolgoztunk, ill. dolgozunk ki, melyhez nem szükséges vízháztartási vizsgálatokat végezni. Munkánk során felhasználjuk a területről származó vízszintmérési adatsorokat (figyelő kutak és barlangok), forrás kataszteri adatokat, földtani információkat. A számításaink elvégzéséhez először egy vízdomborzatot készítettünk a BKÉR által szolgáltatott számos adatból. A vízvezetőképesség és karsztosodottság szempontjából kőzettani kategóriákat jelöltünk ki a Bükk hegység területén, melynek a későbbi porozitás értékek megállapításakor volt szerepe. A vízdomborzat és a kőzettani kategóriák összevetésével meghatároztunk vízzel telített kőzettér-fogatókat a 127 mBf szintig, melyeket a korábban említett porozitás értékekkel faktorozva megkaptuk a kőzetben tárolt víz térfogatát. Az irodalomban szereplő dinamikus vízkészlet adatokkal ellentétben ez a módszer a térfogati víztartalmat határozta meg. További céljaink között szerepel a módszer továbbfejlesztése annak érdekében, hogy az éves utánpótlódó vízkészlet is meghatározható legyen.

Köszönetnyilvánítás

A földtani térképek létrehozásában nyújtott segítségért szeretnénk köszönetet mondani Prof. Dr. Less Györgynek, Dr. Németh Norbertnek.

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

IRODALOM

BÖCKER T. – DÉNES GY. (1977): A Szinva, Anna, Diósgyőri és Tapolcai forráscsoportok védőidoma, Miskolc város vízellátásába bekapcsolt karsztforrások védőidomának lehatárolása – Témaszám: III. 4. I. 8., VITUKI, Budapest, pp. 59-63.

DARABOS E. – LÉNÁRTL. (2008): Csapadék és karsztvíz szintek összefüggéseinek vizsgálata a 2006. évi bükki karsztárvíz elemzése során – Karsztfejlődés XIII., pp. 43–60,

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 Hidro-

- lógiai Társaság XXVI. Országos Vándorgyűlés Tanulmánykötet, 2008, pp. 1–16.
- KOVÁCS B.* (2006): A tapolcai Termál-kút hidraulikai viszonyainak elemzése numerikus modellszámításokkal – A „tapolcai Termál-kút, hidrogeológiai szakvélemény” c. munka, 7. rész, Miskolci Egyetem, Miskolc, pp. 7-8.
- KUN É. – GONDÁRNÉ SÓREGI K. – KÖNCZÖL N. – WEISER L.* (2010): A Kenderföldi Demjén K-11-es jelű termálkút védőidomának meghatározása – Kézirat, 34, Budapest.
- LÉNÁRT L.* (1978): Adatok a karsztos beszivárgás vizsgálatához a Létrási-Vizes-barlangban (Magyarország, Bükk hegység) végzett csepegésmérések alapján. – Nemzetközi Karszthidrológiai Szimpózium. Budapest, 1978. MKBT-MFT-MMT kiadvány. pp.: 50-64.
- LÉNÁRT L.* (2002): A bükki karsztvízkutatás történeti áttekintése. – A bükki karsztvízkutatás legújabb eredményei c. konferencia kiadvány, pp. 1–18
- LÉNÁRT L. – DARABOS E.* (2012): A bükki karsztvízkészletek meghatározási problémái, Műszaki Tudomány Az Észak-Kelet Magyarországi Régióban – Műszaki füzetek, pp. 231–240
- LÉNÁRT L. – SZEGEDINÉ DARABOS E.* (2012): The hydrogeological relations of the thermal karst of Bükk mountains (Northern Hungary) – Proceedings of the 13th National Congress of Speleology, Speleodiversity, pp. 209–214
- LESS, GY.* (2005): In: *PELIKÁN, P.* (szerk.): A Bükk hegység földtana. – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest
- MEZŐ GY.* (BKMI), (1995): Távlati vízbázisok biztonságba helyezésének programja, A bükki karszt-rendszer földtanivízföldtani és szimulációs modellje – Kutatási jelentés, kézirat, pp. 1–32
- SÁSDI L.* (2002): Vízrajzi, vízföldtani viszonyok – In: *BARÁZ CSABA* (szerk.): A Bükki Nemzeti Park, Hegyek, erdők, emberek, Bükki Nemzeti Park Igazgatósága, pp. 155-167.
- SZILÁGYI G. – BÖCKER T. – SCHMIEDER A.* (1980): A Bükk-hegység regionális hidrodinamikai képe és karsztvízforgalma, – Hidrológiai Közlemény, 60. (2), pp. 49-96.
- SZLABÓCZKI P.* (1987): A Bükk-hegység hasznosítható karsztvízkészlete – Hidrológiai közlemény, 58(4), pp. 145–192
- SZLABÓCZKY P.* (1988): Miskolc térsége karsztvíz készletének háttér hidrogeológiai vizsgálata a térségi vízműkapacitások növelése céljából, I. ütem, Mélyépítési tervező vállalat, Jelentés kézirat,
- SZÚCS P.* (2012): Hidrogeológia a Kárpát-medencében – hogyan tovább?, – Magyar Tudomány, 2012/ 5, pp. 554–565.

SZŰCS, P. – HORNE, R. N. (2009): Applicability of the ACE Algorithm for Multiple Regression in Hydrogeology – Computational Geosciences 13., pp. 123–134