

A 2014/2015-ÖS ÉV FONTOSABB KUTATÁSI IRÁNYAI ÉS EREDMÉNYEI A BÜKKBEN

THE MAIN RESEARCH PROGRAMS AND THEIR RESULTS OF THE YEAR 2014/2015 IN THE BÜKK MOUNTAIN

SZEGEDINÉ DARABOS ENIKŐ^{1,2} – MIKLÓS RITA² –
TÓTH MÁRTON² – LÉNÁRT LÁSZLÓ²

¹MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport; ²Miskolci Egyetem, MFK, Környezetgazdálkodási Intézet daraboseniko@gmail.com

Abstract: Based on previous weather data, the central part of the Bükk Mountain is one of the most rainy area of Hungary. At the beginning of the millennium years many new automatic weather stations have been installed. With this weather data we can investigate trends and precipitation distribution. After in investigation of the last 22 years data of Bükk Karst Water Level Monitoring System, we experienced increase in the frequency of high rainfalls and long periods without precipitation. Other researches show that due to climate change, in some parts of Hungary the amount of annual rainfall decreased, contrarily in the Bükk the opposite can be observed however with different yearly distribution. The other 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 Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézetében nemrégiben zárult le egy Európai Unió projekt, ami felszín alatti vizek területén alapkutatással foglalkozott. Ezen belül fő 5 kutatási irány indult, melyből az egyik a bükki karszttal foglalkozott. Dolgozatunkban ennek a modulnak a főbb, hideg karsztvizekkel kapcsolatos eredményeit szeretnénk bemutatni.

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 vizs-

gálatokon 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.

Manapság nagyon sokszor hallunk híreket a klímaváltozásról, ill. ennek okairól és következményeiről. Az extrém csapadék események, melyek a vízgyűjtők egészét érintik, súlyos hatással lehetnek a társadalomra, mind városi területeken, mind pedig hegyvidéki vagy mezőgazdasági területeken. Semmler és Jacob 2004-es szimulációja szerint az európai régióban 50 % annak az esélye, hogy az adott évben egy extrém csapadéktól még előfordul majd nagyobb csapadék esemény (SEMMLER – JACOB 2004). May 2006-os vizsgálatait, ill. szimulációja szerint is megváltozott és tovább változik az európai hegységekben megszokott csapadékeloszlás (MAY 2006).

A felszín alatti vizeket használó vízmű vállalatok, ill. a gyakorló hidrogeológusok szakmai felelőssége igen nagy atekintetben, hogy felszín alatti vizeinket mennyiségi és minőségi szempontokat is figyelembe véve fenntartható módon hasznosítsuk, illetve hosszú távon megőrizzük (SZŰCS 2012, SZŰCS – MADARÁSZ 2013).

Célkitűzés

Jelen kutatásaink célja részben az volt, 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 vezetőképeséget 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, víz hőmérséklet, 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).

I. Táblázat
Table 1

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

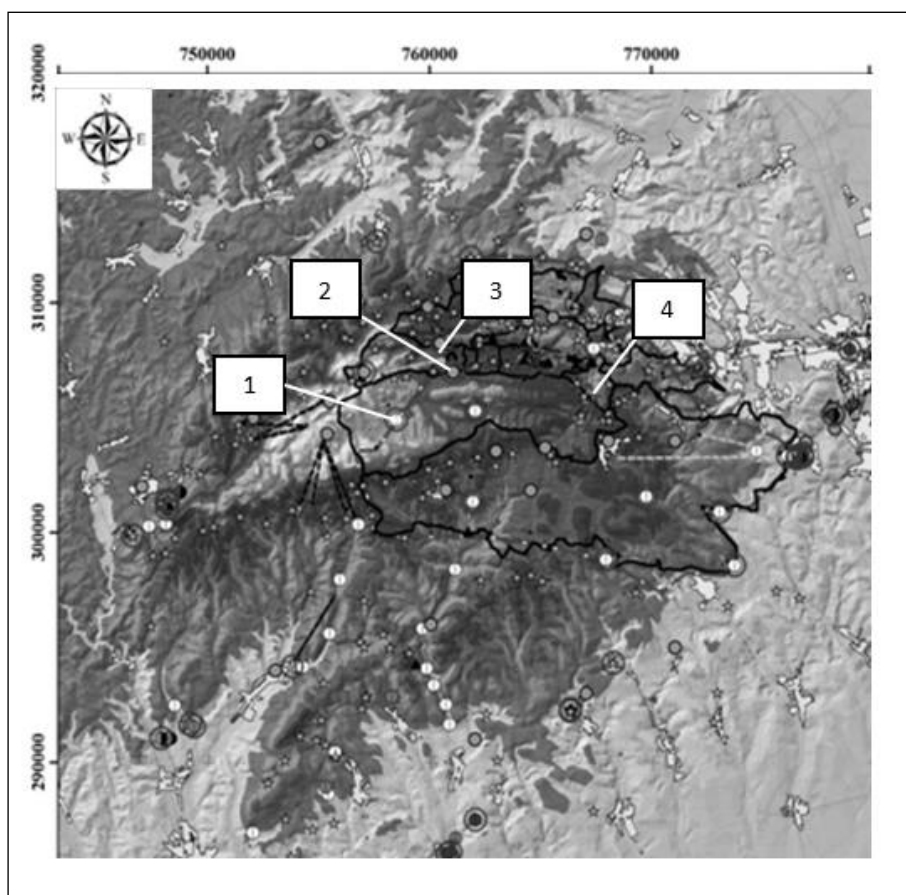
Szerző	Intézmény	Év	Vízgyűjtő terület [km ²]	Dinamikus vízkészlet [m ³ /nap]
Kessler H.	VITUKI	1954	199,8	113 400
Schmidt E. R.	MÁFI	1962	199,8	116 600
Sárváry I.	VITUKI	1964	235,2	153 400
Szlabóczky P.	KEVITERV	1973	450,0	191 800
Böcker T.	VITUKI	1977	200,0	213 700
Tóth G.	Egri Főiskola	1983	100,0	78 900
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 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, felhasználtuk 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 hézagterefogat értékkel fedtük le. Mindezek alapján úgy gondoltuk, hogy a teljes számítási módszer megújítása indokolt, a rendelkezésünkre álló új kutatási eredmények figyelembe vételével és felhasználásával.

Egy további kutatási irányt képviselt a projekten belül a klímaváltozás vizsgálata. Munkánk során a Bükk hegység területén rendelkezésünkre álló napi csapadék és vízszint adatokat különböző szempontok szerint vizsgáltuk meg. Célunk elsősorban a mennyiségek és trendek változásának meg-

figyelése volt. Vizsgálataink során elsősorban a Bükki Karsztvíz Észlelő Rendszer (BKÉR) csapadék adatainak változásait vettük számba, ill. ezen változások hatását a Bükk vízforgalmára. Főleg az 1993 és 2013 közötti időszakot vizsgáltuk, mivel ez az az időintervallum, melyből csapadék és vízszint adatok is rendelkezésünkre állnak, viszont mivel az ÉM-VIZIG jóvoltából az 1960 és 2013 közötti, több mint 50 éves periódus éves csapadékadatai is rendelkezésünkre álltak, ezek vizsgálatára is sor került. Természetesen ezek a csapadékadatok elsősorban a karsztvízre, a karsztvíz szintjére gyakorolt hatásaik miatt érdekesek számunkra, így azok, az elmúlt 20 évben jellemző változásait is bemutatjuk a továbbiakban.



1. ábra: A Bükk hegységben lévő mérőhelyek

Jelmagyarázat: 1. Nv-17 monitoring kút, 2. Jávorkúti meteorológiai állomás, 3. Szinva-forrás, 4. Garadna-forrás
(HERNÁDI 2013, in: LÉNÁRT 2013)

Fig. 1.: monitoring points in the Bükk mountains

Legend: 1. Nv-17 monitoring well, 2. Jávorkúti meteorological station, 3. Szinva-spring, 4. Garadna-spring

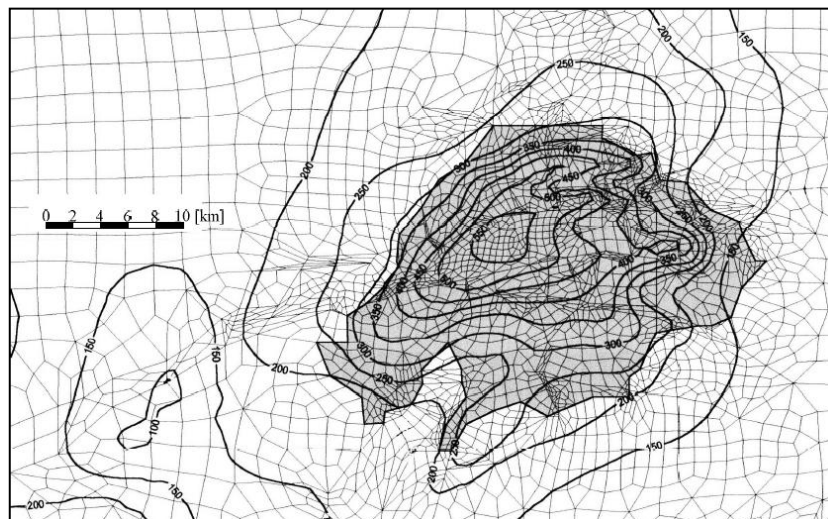
Az 1. ábrán látható a monitoring rendszer jelenlegi lefedettsége, mérési pontjai, ill. a vizsgálatba bevont 2 db forrás és 1 db megfigyelőhely, amely a Szinva (3), a Garadna-forrás (4) és a vízdomborzat szempontjából tetőhelyzetben elhelyezkedő Nagyvisnyó 17-es monitoring-kút (1).

A térképen jelölve láthatjuk még a Jávorkúti automata meteorológiai állomás (2) helyét is, korábbi vizsgálataink szerint ez a mérőállomás csapadék mennyiség szempontjából a Bükk egészét jól reprezentálja.

A vízkészlet 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 a 2. ábra (LÉNÁRT 2002, LÉNÁRT – DARABOS 2012, SZILÁGYI *et al.* 1980)

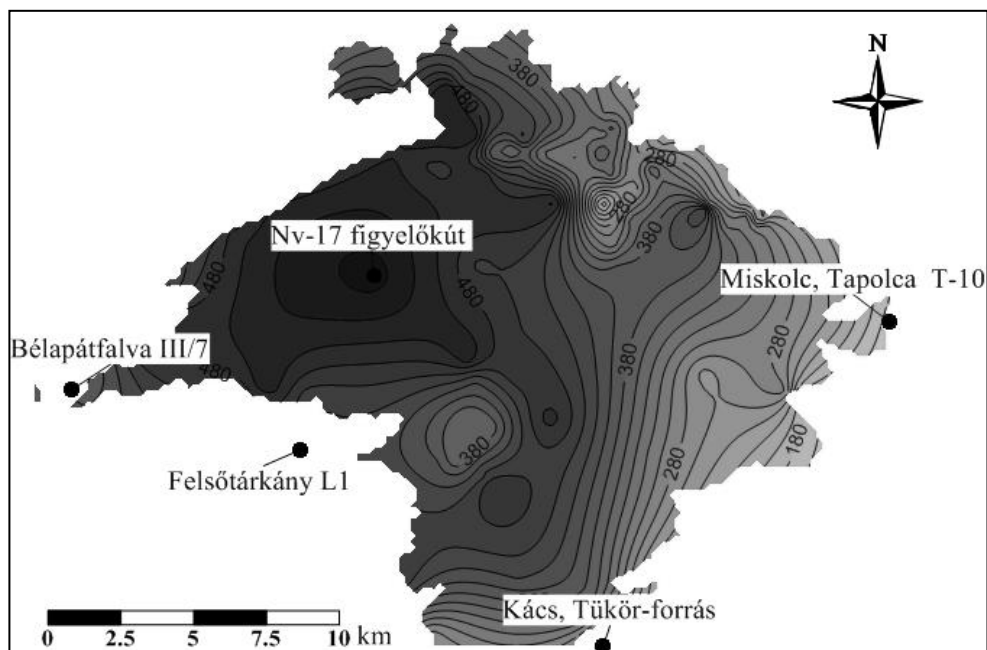
A mérési adatainkból, ill. a források fakadási szintjeiből Golden Software Surfer program segítségével előállítottuk a vízdomborzat felső burkoló felületét. Két esetet vizsgáltunk, az egyik a mérőrendszer működése alatt a Nv-17 mérőhelyen mért legalacsonyabb, a másik a legmagasabb vízszint időpontjában mutatja a többi mérőhely vízállását, ill. az adatok alapján létrehozott vízdomborzatot.



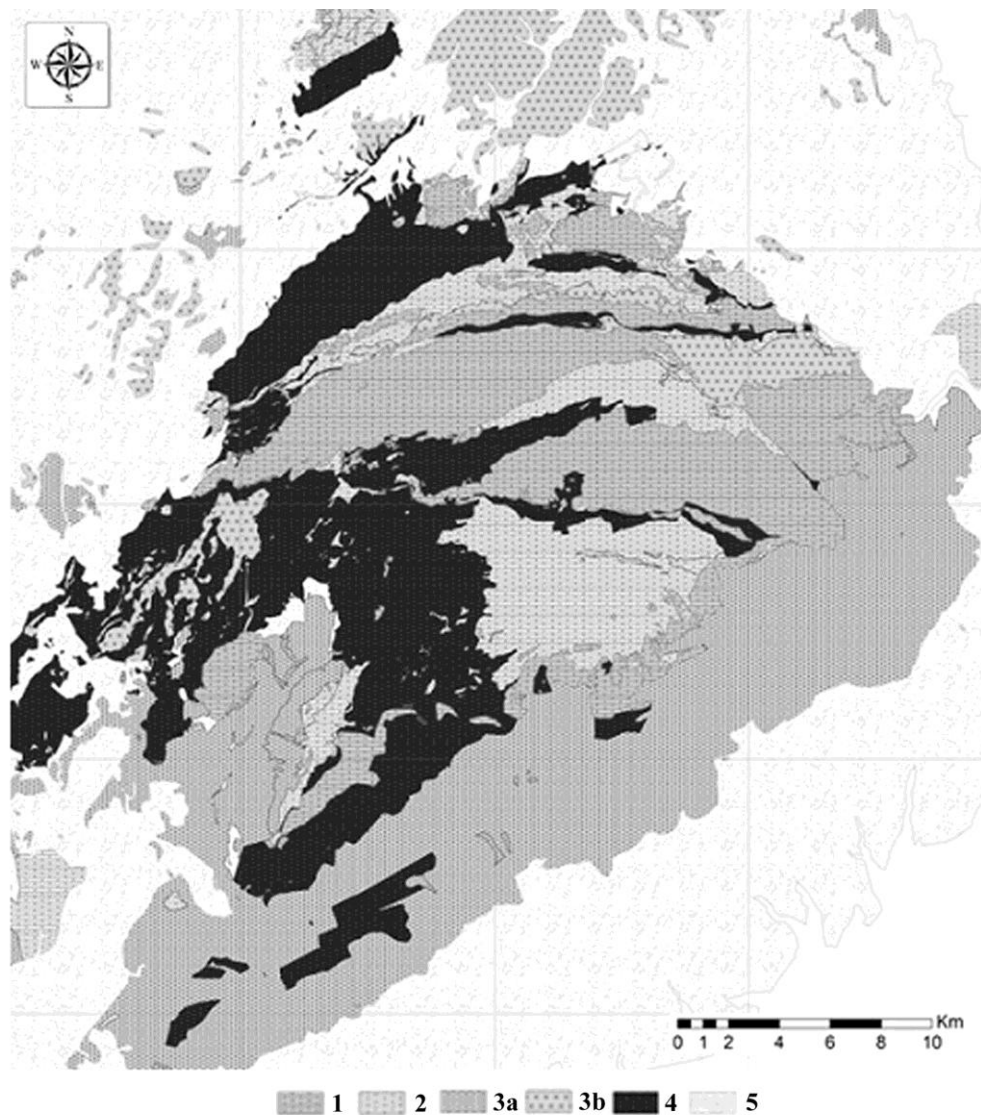
2. ábra A Bükk és környezetének karsztvízszint térképe 1995 (Lénárt, 2002)
Fig. 2. Map of karst water level of Bükk (Lénárt, 2002)

A maximum állapot látható a 3. ábrán, melyen a Bükk északnyugati részének egy darabját, valamint a délnyugati részét letakartuk, mivel ezeken a részekon 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 megkezdtuk 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 4. 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.



3. ábra A Bükk jellemző vízszint térképe az Nv-17 mérőhely maximum vízszintje idején
 Fig. 3. Isoline map of water level of the Bükk in case of water level maximum of Nv 17 monitoring well



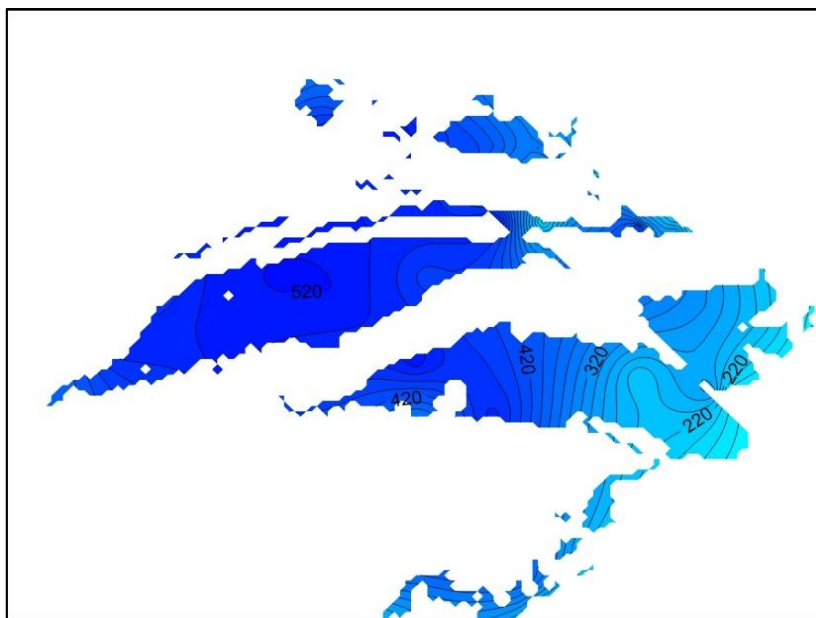
4. ábra A Bükk földtani formációira karstosodottság szerint felállított kategóriák, alaptérkép: Less 2005
 Jelmagyarázat: 1. jól karstosodó kőzetek, 2. gyengén karstosodó kőzetek, 3a. nem karstos, hasadékos kőzet: riolit és dácit tufa, 3.b. nem karstos, hasadékos kőzet: egyéb, 4. nagyon rossz vízvezető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

Fig. 4. 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 szükséges térképek előállítására után, az a további feladatunk, hogy meghatározzuk azt az alapszintet, amely fölött elhelyezkedő vízmennyiséget számolni akarjuk. A Bükk hegységben a hideg-meleg karstrendszer össze-

függő egységet alkot (LÉNÁRT 1978), így nem beszélhetünk dinamikus, ill. statikus készletekről. Beszélhetünk viszont lassan, ill. gyorsan utánpótlódó kitermelhető karsztvízkészletről. E kettő határát 480 mBf-i szinten határoztuk meg karsztosodottsági, ill. leürülés vizsgálatok segítségével. A lassan utánpótlódó készlet alsó határa pedig a hegységben előforduló - tengerszint feletti magasságot tekintve - legalacsonyabban lévő forrás szintje, vagyis Miskolc-Tapolca (127 mBf).

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 3. ábrán bemutatott izovonalas térképnek. Ezt a vízdomborzat fájlt később horizontálisan elmetstettük 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.



5. ábra A „Jól karsztosodott” közet kategórián belüli számított vízszint adatok
Fig. 5. The calculated water levels inside the boundary line of „Well karstified” category

A földtani térképen bemutatott karsztosodottsági és vízvezető-képesség szerinti kategóriákból ún. bln (boundary files, határvonal fájl) álmányokat hoztunk létre, mely határvonalakkal vertikálisan elmetszettük a 127 mBf szinten már korábban horizontálisan elmetszett vízdomborzat rácsháló (grid) fájl. Ezzel le tudtuk válogatni az adott kőzet kategóriában számított vízszint értékeket, tehát csak azokban a rácsháló pontokban volt vízszint értékünk, amely az adott határvonal fájlban belül esett (5. ábra). Erre azért volt szükségünk, mert a porozitás értékét, mely által végül is ki tudtuk számolni a térfogati víztartalmat, kőzet kategóriánként adtuk meg. Ezeknek a porozitás értéknek 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

A vízkészlet számítási módszer fejlesztése során elért eredmények

Az elvégzett 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 korábbi vizsgálatokkal ellentétben az általunk kidolgozott vízkészlet számítási módszer a pillanatnyi térfogati víztartalmat határozza meg. Eddig ilyen típusú készlet számítási módszerről a Bükk esetében még nem hallottunk, melynek legfőképpen az az oka, hogy nagyon sok vízszint adattal kell rendelkezni 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

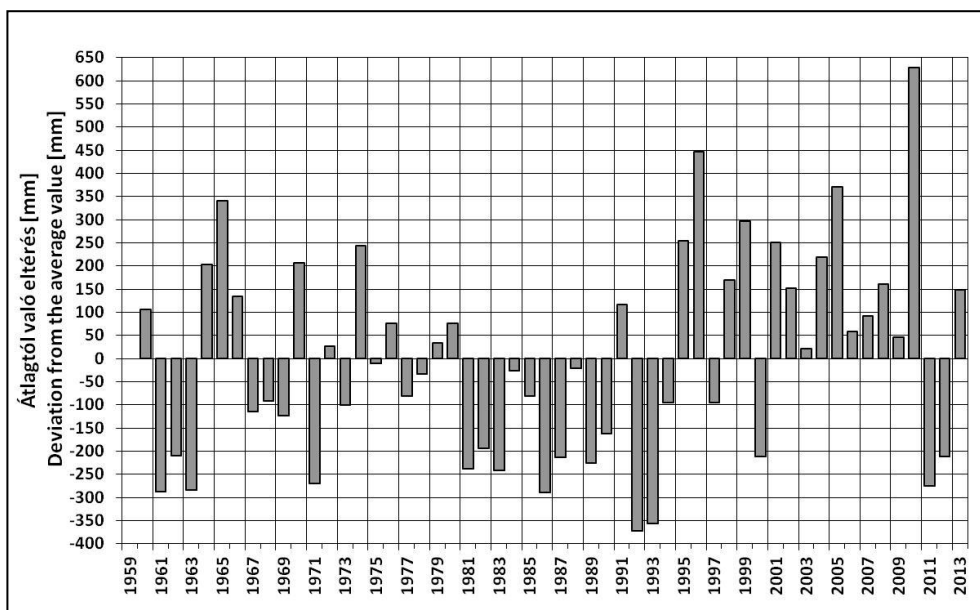
Számításaink alapján látható, hogy a Bükk hegység központi részében a jól karsztosodott kőzetek területi kiterjedése a legnagyobb 107 millió m², mely esetében a kőzet kategóriák között, a legnagyobb porozitás értékkel számolhatunk, így adódik, hogy az ebben a kőzet kategóriában tárolt víztérfogata 270 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.

A klímaváltozás vizsgálatához kapcsolódó módszerek és eredmények

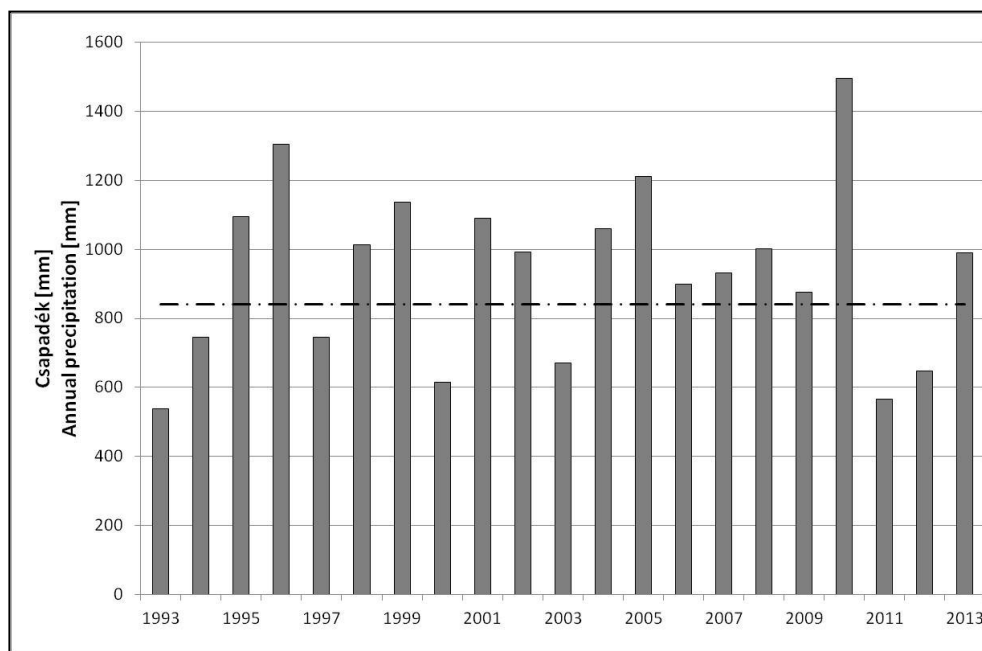
Vizsgálataink során Jávorkútról származó napi csapadék adatokat használtunk fel, korábbi vizsgálataink szerint ezek az adatok a Bükk teljes egészét jól reprezentálják. Vízsztinadatok tekintetében szintén napi átlag adatokat alkalmaztunk. Az Nv-17 mérőhelyen a vízszintek 521,7 és 549,8 mBf-i szintek között változnak a vizsgált időszakban. A monitoring kút földtanilag jól karsztosodó Bükkfennsiki Mészke formációban helyezkedik el. További két vizsgálati pontunk a Szinva- és a Garadna-források, melyek Miskolc és Ómassa vízellátása szempontjából kiemelt figyelmet érdemelnek, ill. a hegységben előforduló, a környező településeket is veszélyeztető nagyobb árvizekért felelősek. Vízyűjtőjük nagyrészt különböző karsztosodottsági fokú mészköveken helyezkedik el.

A 6. ábra az 53 éves csapadék adatokból számított átlagtól való eltérést mutatja az egyes években. Jól megfigyelhető, hogy 1960 és 80 között a csapadékos és száraz éveknek viszonylag egyenletes eloszlása látható, 1981-1994 között szinte minden évben az átlagtól kevesebb csapadék hullott Jávorkúton, míg 1995-től napjainkig inkább az átlagon felüli csapadékmennyiségek a jellemzőek.



6. ábra: Az éves csapadékok átlagtól való eltérése
Fig. 6.: Deviation of the annual precipitation from the average value

A 7. ábrán az 1993-2013 közötti értékek láthatóak. Fontos tény, hogy míg az előző ábra alapján számított átlagos éves csapadék 840 mm, addig az utóbbi 20 év átlaga jelentősen magasabb, 934 mm.

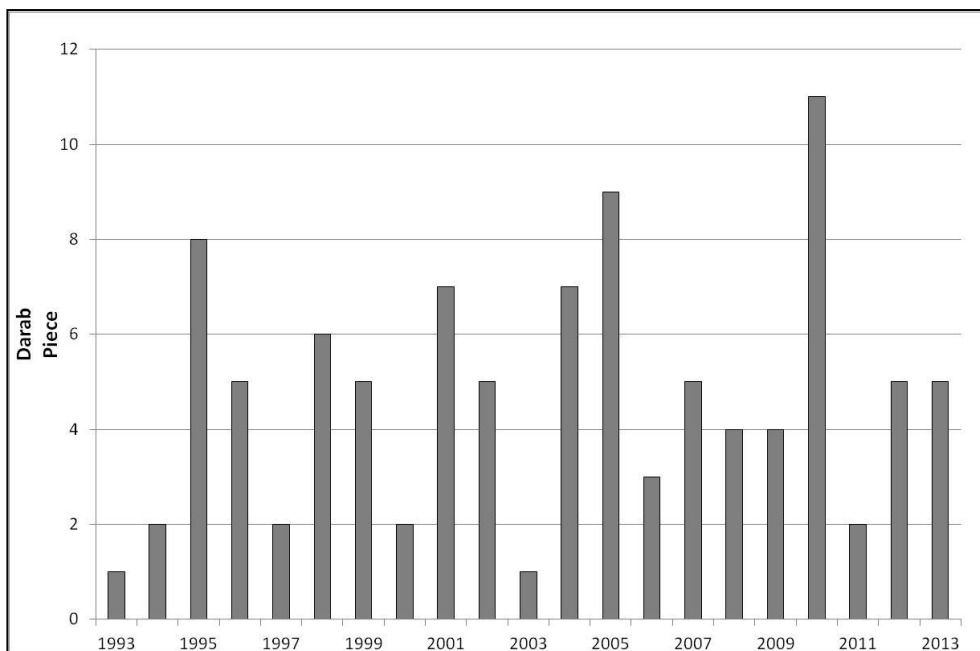


7. ábra: Éves csapadékok 1993 és 2013 között (jelölve az átlag csapadék: 840 mm)

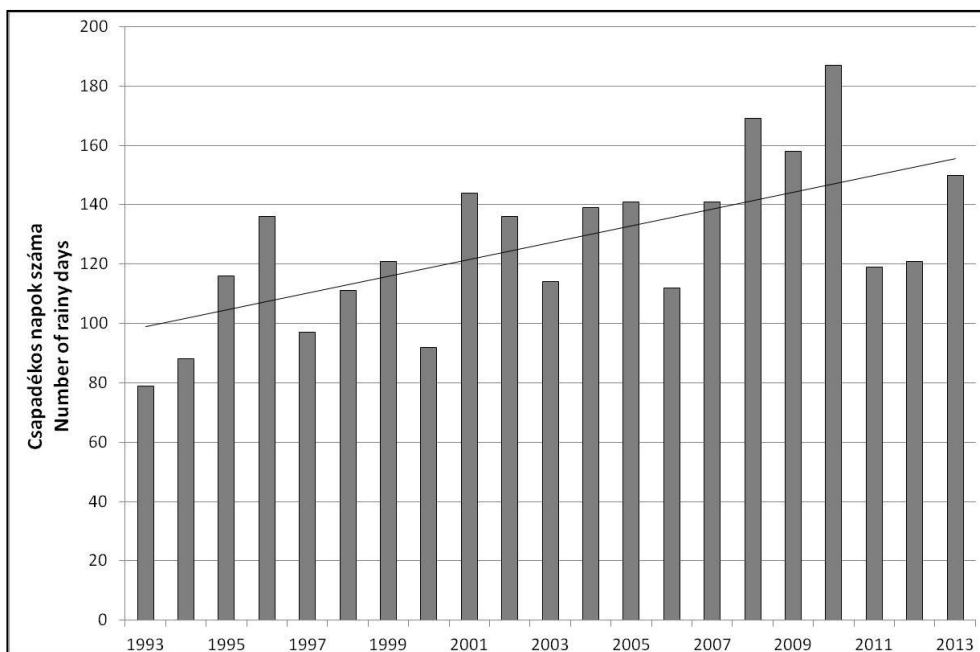
Fig. 7.: Annual precipitation 1993-2013 (marked the average precipitation: 840 mm)

Munkánk során az extrém események gyakoriságát és „méreteit” is vizsgáltuk, a 8. ábra a 30 mm-től nagyobb csapadékok darabszámát mutatja az adott években, az adatokra illesztett trendvonal ebben az esetben is határozott emelkedést mutat. Megfigyelhető, hogy az utóbbi 20 év legnagyobb karsztárvizének évében (KOVÁCS – LÉNÁRT 2012, LÉNÁRT et al. 2012, LÉNÁRT et al. 2013, LÉNÁRT 2013), 2010-ben fordult elő a legtöbb, ilyen csapadékeseményből összesen 11 volt, de az eddigi legszárazabb években, 1993-ban és 2011-ben is előfordult 1-2 ilyen csapadék esemény.

A 9. ábra a csapadékos napok számát mutatja az adott években, láthatjuk a határozottan növekvő tendenciát. Vizsgáltuk az adott évben előforduló legnagyobb napi csapadék értékek idejét is. Megfigyeléseink alapján az 1990-es években, inkább augusztusban, ill. szeptemberben jelentkeztek ezek a nagyobb csapadékok, míg 2001-óta a nagyobb csapadékok jellemzően inkább június-júliusban hullottak.

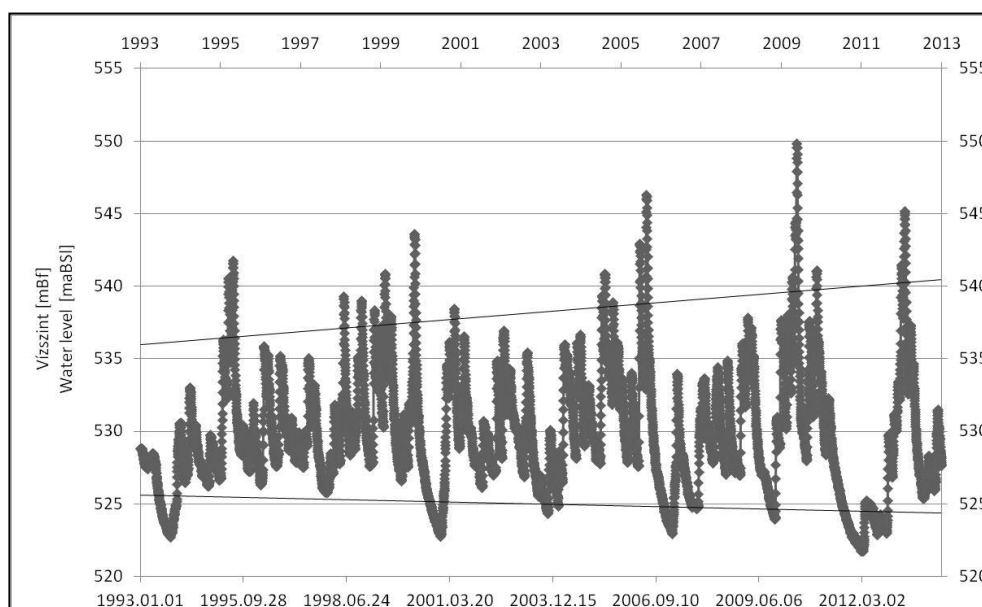


8. ábra: A 30 mm-től nagyobb csapadékok darabszáma az adott évben
 Fig. 8.: Piece of the larger then 30 mm precipitations in the year



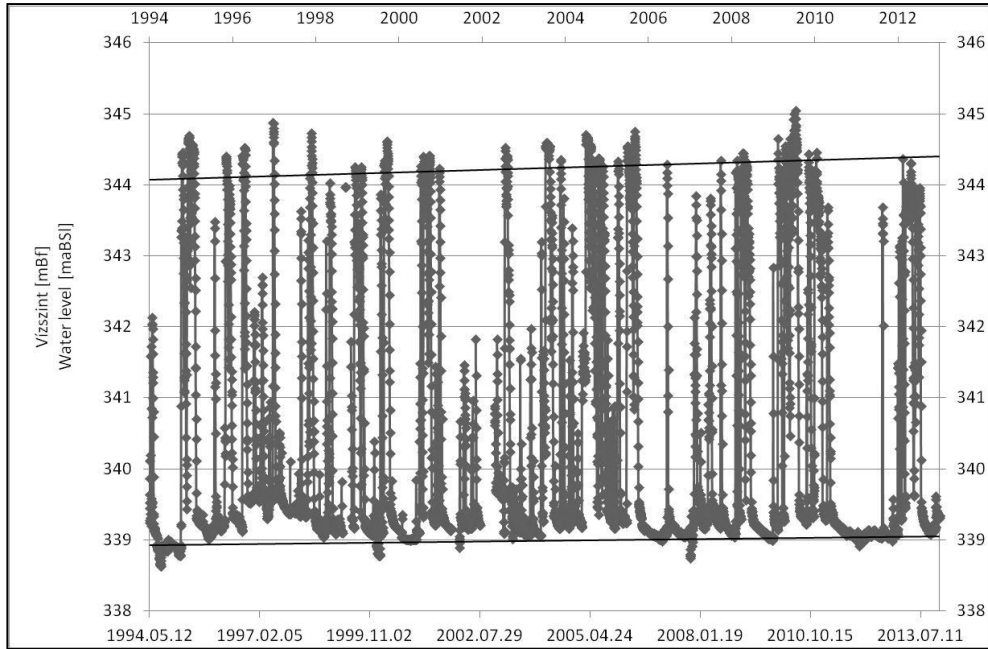
9. ábra: Csapadékos napok száma 1993-2013 között és a jellemző trendvonal
 Fig. 9.: Number of rainy days between 1993-2013 and the characteristic trend line

Ezek után azt vizsgáltuk, hogy a csapadékra jellemző trendek milyen változásokat idéznek elő a karsztvíz szintekben. A szélsőséges csapadékok és az emelkedő tendenciák szintén növekvő átlag vízszinteket okoznak. Az extrém nagy csapadékesemények, ill. a hosszabb száraz periódusok miatt egyre inkább növekszik a vízszint ingadozás mértéke, mind a figyelő kutak, mind a források esetében (10, 11, 12. ábrák). Továbbá van még egy nagyon kellemetlen és káros következménye ezeknek a hirtelen hulló, nagy mennyiségű záporoknak, mégpedig az, hogy igen jelentős méretű villámárvizek alakulnak ki miattuk, amik aztán jelentős károkat okozhatnak, ill. okoztak is már az érintett településeken. (pl. 2006-os vízszennyezés Tapolcán, ill. a 2010-es Bükki árvíz).

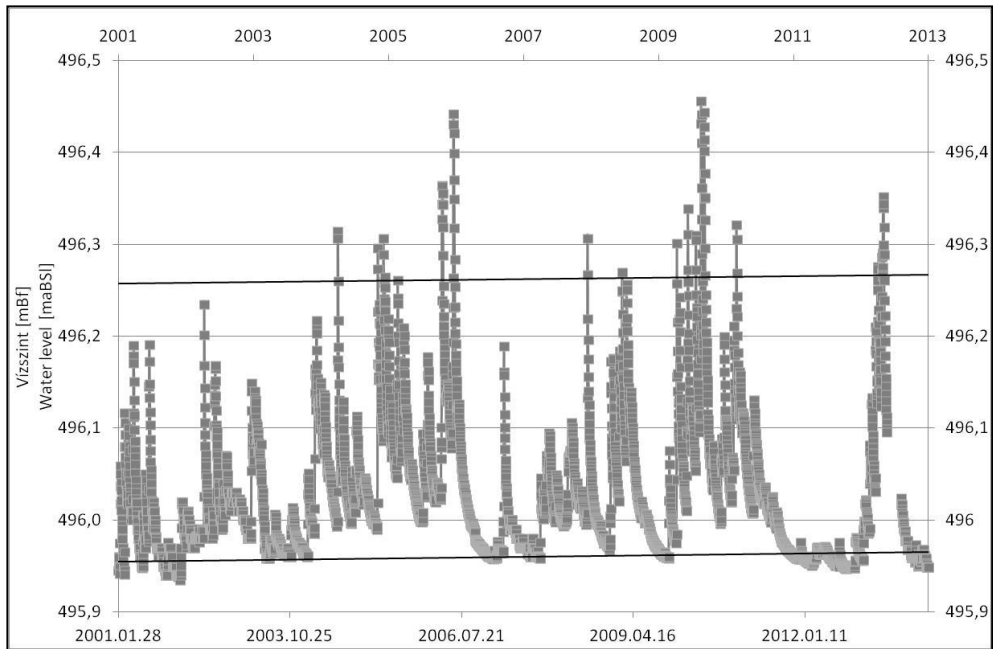


10. ábra: Nv-17 monitoring kút vízszintadatai 1993 és 2013 között, jelölve az éves maximumok és minimumok trendje

Fig. 10.: Water level in Nv-17 monitoring well between 1993 - 2013 and the characteristic trend line of yearly maximums and minimums



11. ábra: Szinva-forrás vízszintadatai 1994 és 2013 között, jelölve az éves maximumok és minimumok trendje
 Fig. 11.: Water level in Szinva spring between 1994 and 2013 and the characteristic trend line of yearly maximums and minimums



12. ábra: Garadna-forrás vízszintadatai 2001 és 2013 között, jelölve az éves maximumok és minimumok trendje
 Fig. 12.: Water level in Szinva spring between 2001 and 2013 and the characteristic trend line of yearly maximums and minimums

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 kőzetterfogatokat 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.

Klímaváltozással kapcsolatos vizsgálataink során a jávorkúti csapadékmérő állomás adatait vizsgáltuk 1960-2013 között. Az eredmények azt mutatják, hogy a vizsgált 53 év csapadékatlaga: 840 mm, az 1960 és 1993 közötti időszak csapadék átlaga: 810 mm, míg az utóbbi 20 év csapadék átlaga: 934 mm, vagyis egyértelműen növekszik a csapadék átlagos éves mennyisége a jávorkúti adatok alapján.

Szintén növekvő tendenciát mutat a

- 30 mm-től nagyobb csapadékok előfordulása egy adott éven belül,
- a csapadékos napok száma,
- az adott évben előforduló maximális napi csapadék mennyisége.

A 2000 és 2013 közötti időszakban azt figyeltük meg, hogy az előforduló maximális csapadék időpontja egy adott évben egyre többször június vagy július hónapra esik, míg 1993 és 2000 között ennek ideje jellemzően valamelyik, őszi vagy téli hónapban volt jellemző.

Egyre nagyobb a veszélye a villámárvizeknek, ill. a helyi vízkárok kialakulásának a karszton (amit általában csapadékos május „*készít elő*”).

A vizsgált források és monitoring-kút átlagvízszintje szintén emelkedik, továbbá a vizsgált megfigyelő helyeken a vízszintmozgás egyre távolabb határok között történik. Megállapíthatjuk tehát, hogy a hegységben ténylegesen megfigyelhető a meteorológiai viszonyok változása (a szélsőségek gyakoribbá válása, ill. növekedése), melyek természetesen hatással vannak a hegység vízforgalmára is. A Magyarországra prognosztizált aszályos

időjárás helyett azonban a Bükk hegységben egyre jelentősebb csapadékbőség figyelhető meg. Ennek okait munkánk során nem kutattuk, nem kívánunk állást foglalni, hogy ez a klímaváltozás természetes, vagy emberi hatás miatt következett-e be, de az adatok alapján egyértelműen kimutatható a Bükk hegységben.

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

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

GONDÁRNÉ SÓREGI 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*, 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.

KOVÁCS P. – LÉNÁRT L. (2012): A 2006-os és a 2010-es bükki karsztárvízet okozó csapadékok elemzése – VI. Magyar Földrajzi Konferencia, MERIEXWA nyitókonferencia, Szegedi Tudományegyetem, ISBN 978-963-306-175-6, pp. 1098-1108.

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
- LÉNÁRT L. – HERNÁDI B. – CZESZNAK L. – HORÁNYINÉ CSISZÁR G. – SZEGEDINÉ DARABOS E. – KOVÁCS P. – SÚRŰ P. – TÓTH K.* (2012): A 2006-os és a 2010-es bükki karsztárvíz okainak, lezajlásának, hatásainak és hasonló havariák kiküszöbölésének általánosítható tapasztalatai – VI. Magyar Földrajzi Konferencia, MERIEXWA nyitókonferencia, Szegedi Tudományegyetem, ISBN 978-963-306-175-6, pp. 538-548.
- LÉNÁRT L. – SZEGEDINÉ DARABOS E. – CZESZNAK L. – HERNÁDI B. – KOVÁCS P.* (2013): A bükki karsztárvízek kapcsolata a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) vízszintjeivel – IX. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, június 13-15, pp. 371-377.
- LÉNÁRT L.* (2013): A Bükkben keletkezett kitermelhető karsztvízkészlet folyamatos meghatározásának módszere XXII/a. (Az 1992. 10. 10. - 2013. 01. 01. közötti mérések értékelése) – Észak-magyarországi Regionális Vízművek Zrt., Heves megyei Vízművek Zrt., Mezőkövesdi VG Zrt. (megbízás)
- LESS, GY.* (2005): In: *PELIKÁN, P.* 2005: A Bükk hegység földtana – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest
- MAY W.* (2006): The simulation of the variability and extremes of daily precipitation over Europe by the HIRHAM regional climate model – Global and Planetary Change, 57 (1-2) pp. 59-82.
- 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*, 2002: A Bükki Nemzeti Park, Hegyek, erdők, emberek, Bükki Nemzeti Park Igazgatósága, pp. 609
- SEMMLER T. – JACOB D.* (2004): Modeling extreme precipitation events - a climate change simulation for Europe – Global and Planetary Change, 44 (1-4) pp. 119-127.
- SZILÁGYI G. – BÖCKER T. – SCHMIEDER A.* (1980): A Bükk-hegység regionális hidrodinamikai képe és karsztvízforgalma – Hidrológiai Közlöny, 60 (2) pp. 49-96.

- SZLABÓCZKI P.* (1987): A Bükk-hegység hasznosítható karsztvízkészlete – Hidrológiai közlöny, 58 (4) pp. 145–192
- SZLABÓCZKY P.* (1988): Miskolc térsége karsztvíz készletének háttér hidrológiai vizsgálata a térségi vízműkapacitások növelése céljából – I. ütem, Mélyépítési tervező vállalat, Jelentés kézirat,
- SZŰCS P. – HORNE R. N.* (2009): Applicability of the ACE Algorithm for Multiple Regression in Hydrogeology – Computational Geosciences 13., pp. 123–134.
- SZŰCS P.* (2012): Hidrológia a Kárpát-medencében – hogyan tovább? – Magyar Tudomány, (5), 554–565, Budapest
- SZŰCS P.* (2012): Hidrológia a Kárpát-medencében – hogyan tovább? – Magyar Tudomány, 2012. 5., HU ISSN 0025 0325, pp. 554-565.
- SZUCS P. – MADARASZ T.* (2013): Hydrogeology in the Carpathian basin – how to proceed? – European Geologist, No. 35, May 2013, ISSN: 1028-267X, pp. 17-20.