

## Hidrogeológiai vizsgálatok a budavári barlangrendszerben

Hajnal Géza

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, hajnal@vit.bme.hu

Farkas Dávid

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, david0106@freemail.hu

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A budai Várhegyen található barlangrendszerben 10-15 darab ásott kút található. A vízszint, hőmérséklet és vízkémiai vizsgálatok együttes elemzése alapján sok információt nyerhetünk ezekről a kutakról, illetve a terület vízháztartásáról. A kutak szivattyúzása és annak rendszeres ismétlése még több adattal szolgál a terület vízföldtani tulajdonságairól. A korábbi ilyen irányú méréseknek vélhetően technikai akadályai voltak, a szivattyúzások tervszerű ismétlésével sok kérdésre választ kaphatunk, (például a kutak közötti kommunikáció, kútvi-zek eredete, esetleges havária jelenségek megelőzése, stb.).

*Kulcsszavak:* kutak, vízadókéesség, közművesztesség, vízkémia

### 1 BEVEZETÉS

A budai Vár alatt húzódó üreg- és barlangrendszer hidrológiai vizsgálatát az 1970-es évek elején Kessler Hubert kezdte meg. Vizsgálatait a kilencvenes évek közepétől folytattuk, mérve a barlangi kutak vízállását, vízhőmérsékletét, áramlási viszonyait, valamint elemeztük a vizek kémiai tulajdonságait. Az eredmények publikálása után (Hajnal, 2003) hosszú évekig nem folytatta senki a hidrológiai kutatásokat. A BME Építőmérnöki Kar Vízépítő Körének hallgatóival 2008 októberétől újra lehetőségünk nyílt a vizsgálatok folytatására.

Egy év alatt tíz kutat tudtunk vizsgálni, s mindegyikben próbaszivattyúzásokat is végeztünk. A visszatöltődési időkből következtetni tudtunk a terület vízháztartási viszonyaira. Ez azért nagyon fontos, mert a barlangrendszerbe nem csak a csapadékból, hanem a közművek veszteségeiből is történik beszivárgás, és ezek nagyságrendi megállapításához több vizsgálat együttes elvégzése szükséges.

### 2 KIALAKULÁS, GEOMORFOLÓGIAI HELYZET

A Várhegy környezete a középső pleisztocénben rögökre töredezett, völgyekkel felszabdalt hegységelőtéri térszín volt, amelynek legjelentősebb vízfolyása az Ördögárok-patak volt (Krolopp et al., 1976). Közben a patak völgyében Máriaremetétől a Rózsadombig, majd a Várhegy helyén előtörték a budai melegforrások, melyeknek jelentős mézstartalmuk volt, s édesvízi mészkő lerakódások jöttek létre. A terület jelentősen megemelkedett a mindél végi szerkezeti mozgások következtében, a törésvonalak mentén újabb és újabb völgyek alakultak ki. A Duna bevágódásának hatására mélyebb szintre vágódott az Ördögárok is. Ez a Várhegy területén jelentős eróziót okozott, nagy vastagságban pusztultak le a harmad- és negyedidőszaki üledékek. Az Ördögárok a hegy északi részén átlagosan egy méter vastagságban lerakta üledékét, amelynek tengerszint feletti magassága 150 m. A.f. körüli (Kadič, 1942). A pleisztocén közepétől az

újholocénig a Nap-hegy és a Várhegy között húzódó észak-nyugati – dél-keleti irányú törésvonal mentén az Ördögárok völgye is folytatta bevágódását. Így megkezdődött a Gellérthegy - Nap-hegy és a Várhegy között lévő lejtős terület átvágása (Scweitzer in Krolopp et al., 1976).

A Várhegy típusos folyami terasz-sziget, keleti, dél-keleti részét a Duna meredek völgyoldala, nyugati, dél-nyugati, valamint déli oldalát az Ördögárok határolja és különíti el a Budai-hegység szomszédos, fiatal üledékekkel fedett rögeitől (Rózsadomb, Martinovics-hegy, Nap-hegy, Sas-hegy), és a sasbércszerű Gellérthegytől (Krolopp et al., 1976, Scheuer, 1986).

A Várhegy fennsíkját 405.000 m<sup>2</sup>-re, oldalainak, illetve lejtőinek felszínét mintegy 750.000 m<sup>2</sup>-re becsülik. A plató hossz tengelye 1500 m, a hegy teljes hossza 2000 m. A plató szélessége 450 m és 120 m között változik. A csuszamlással, derázióval átformált eróziós terasz-sziget átlagos magassága 155-160 m, legnagyobb magassága 170 m A.f. dél felé 150, 145-135, 120-115 m (m A.f.) magasságú szintekkel fokozatosan csökken a Tabán és a Duna felé (Scheuer, 1986). E szintek egyben jelzik a Nap-hegy - Várhegy közötti törésvonal mentén az ismételt bevágódó Ördögárok fokozatos mélyülését. A pleisztocén kéregmozgások alakították ki a sasbércet, illetve ekkor rakódott le a kavicsos homok, és édesvízi mészkő.

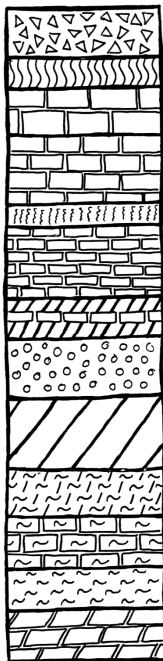
## 2.1 Földtani felépítés

### Triász alaphegység

A Várhegy délkeleti végén 1938-ban mélyítették az úgynevezett Várkerti termálkutat (Horusitzky, 1939), ami mindmáig a legtöbb információval szolgál a hegy rétegtani, földtani felépítéséről.

A 261 m mélyfúrás 238 m mélységben érte el a felső-triász dolomitot, amiből a közeli Gellérthegy fő tömege is áll. Így bebizonyosodott, hogy a harmadidőszaki képződmények fekvőjét a területen ismert legidősebb kőzetfésülés, a hévíztárazó és vezető felső-triász dolomit alkotja (Scheuer, 1986).

### Eocén



A triász képződményekre vékony (8-9 m vastag), erősen kovás, szürke képződmény települt, amelyet középső eocén tufának határoztak meg (Horusitzky, 1939; Kordos, 1969).

A Várhegy fő tömegét az eocén Budai Márga Formáció képezi, melynek a téma szempontjából két fontos tulajdonágát kell megemlíteni:

a., a márga nyomószilárdsága víz hatására lényegesen csökken, egyharmad-egynegyedére,

b., a márgaösszlet padjai uralkodóan D-i, ill. DNy-i dőlésűek, aminek kiemelt szerepe van a felszín alatt szivárgó vizek mozgásában.

A márga fedője az oligocén agyag, melyre völgytalpi üledék települt.

A hegy tetejét sapkaként borítja az átlagosan 8 m vastag édesvízi mészkő, melyet a területen feltörő meleg hévforrások alakítottak ki. Ebben a kőzetben és ennek alsó határán jött létre a világon igen ritka mésztufa üreghálórendszer.

1. ábra. A Várkerti fúrás rétegsora

### Vízföldtan

A klasszikus hidrogeológiai csoportosítás szerint a Várhegy platóján nem fordul elő talajvíz. Az antropogén feltöltés alatt húzódó édesvízi mészkőben karsztvíz áramlik a repedéseken kereszt-

tül. Mivel ez a réteg átlagosan 5-8 m vastag, itt sem a klasszikus értelemben vett karsztvízre kell gondolnunk. A legjobb meghatározás ezekre a vizekre a hasadékvíz. A mészkő változatossága, eltérő szerkezeti megjelenése miatt ez is változó mennyiségű lehet, a kapilláris hálózatban, de a néhány köbméteres üregrészekben is megjelenik. Az utánpótlódás a csapadékból és a közművek veszteségeiből táplálkozik.

A mészkő alatt húzódó, egy-két méter vastag folyóvízi összletbe lejutó víz sem alkot összefüggő víztestet. Korábbi vizsgálatainkban kimutattuk, hogy különálló, kis vízgyűjtő zompok táplálják a labirintusban található ásott kutakat. A kutak között minimális az átszivárgás, szivattyúzás hatására sem jön létre áramlás. A vizek túlnyomórészt a Várlejtők irányába szivárognak el, alapvetően a budai márga repedésein keresztül. Ennek bizonyítékai a Várlejtőn található álforrások, melyekből a nyugati lejtőn található több, a kőzetrétegek délnyugati dőlésiránya miatt.

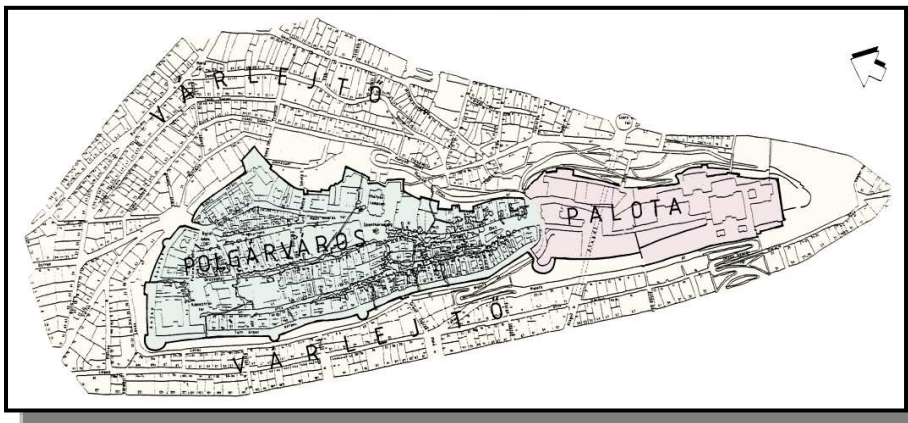
### *Beszivárgás*

Korábban kimutattuk (Hajnal 2003), hogy az édesvízi mészkőben szivárgó vizek akkor is megjelennek, ha hosszabb ideje nem hullott csapadék. Ennek oka a közművek vesztesége, elsősorban a vízellátó hálózat hibáiból eredően. Egy 5 mm átmérőjű hibahelyen 25 l/p hozamú víz szivárog el. Az összes betáplálás tíz százaléka jelenti ezt a veszteséget. Korábban a Várhegy Platójára vonatkozóan két időszakra végeztünk számításokat (1992-1995 és 1996-2000) havi betáplálási adatok felhasználásával. Az első időszakra 168 mm/év, a második időszakra 142 mm/év vízvezetékéből adódó beszivárgást kaptunk. (Ez körülbelül negyede az éves csapadéknak, melynek csak egy része szivárog a talajba/közetbe.) Az egyesített rendszerű csatornahálózatból az éves veszteség 160 mm/év. A két érték együttesen jelentős mennyiséget tesz ki. Természetesen a vizek megjelenése nem egyenletes, hanem pontszerű terhelésként jelenik meg, ami a mészkőpaplan alsó határán húzódó üreghálózatban jól megfigyelhető.

## 3 BARLANGOK, ÜREGEK, PINCÉK

A budai Várhegy mésztufaüregei eredeti kifejlődésükben szabálytalan, alacsony képződmények voltak, s ezeket az ember a történelem folyamán saját hasznára kívánta formálni. Ha kemény volt a mészkő a fejtét vájták ki, ha fejthető volt, akkor a főtét és az oldalfalak irányában terjeszkedtek. Utóbbiakat sok helyütt felfalazták, a főtét pedig pillérekkel alátámasztották (Kadić, 1942). Az üregekbe befolyó víz összegyűjtésére kutakat ástak, melyeket sokszor a főtétől a felszínig légaknákkal tettek könnyen hozzáférhetővé. A fent bemutatott folyamatok következtében mára számos elnevezés vált használatossá az üregek tekintetében. Hívjuk őket barlangnak, üregnek, pincének, mélypincének, barlangpincének, törökpincének, sziklapincének.

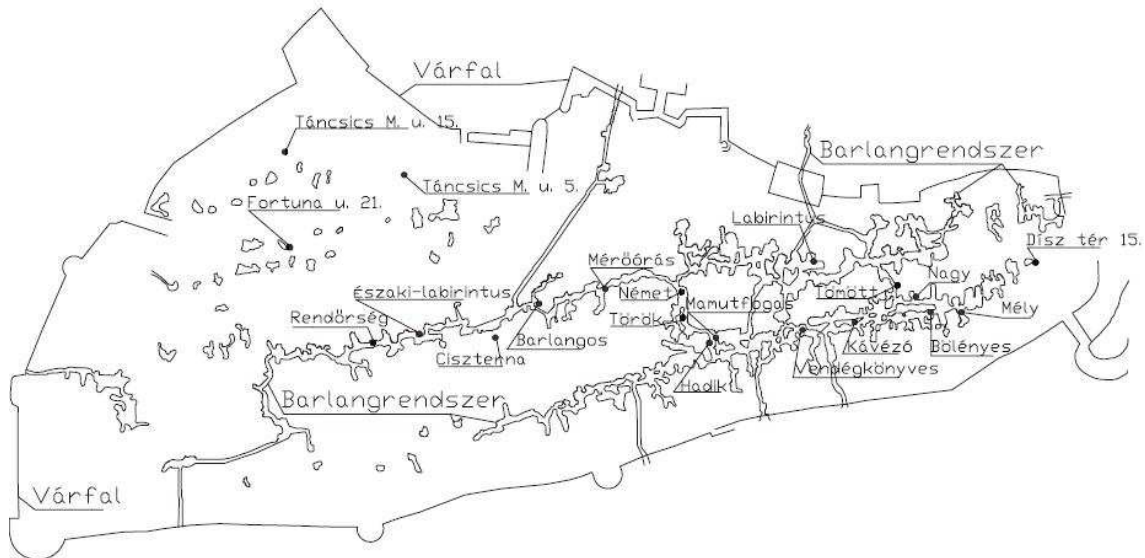
Az összefüggő barlangpincék összes alapterülete körülbelül 18000 m<sup>2</sup>, a különálló üregek összterülete körülbelül 4000 m<sup>2</sup>. Jelenlegi ismereteink szerint természetes eredetű üregek csak a Polgárvaros alatt találhatóak (2. ábra).



2. ábra. A budai Várhegy helyszínrajza

## 4 BARLANGI KUTAK VIZSGÁLATA

A megtalálható és azonosítható kutak száma folyamatosan csökkent az idők folyamán. A XVII. század derekán 75 (Zolnay, 1961), 1908-ban 28 kútról írtak (Szontagh, 1908), 1938-ban már csak 13 kutat vizsgáltak (Horusitzky, 1939), egy 1951-es térképeken 26 kutat jelöltek meg. A kilencvenes években összesen 20 kút került a látókörünkbe. Már a Kessler H. által 1971-ben feltárt kutak közül is több azonosíthatatlanná vált. Kessler H. vizsgálatai idején a kutakat be-szintezték, ám az adatoknak nyoma veszett.



**3. ábra.** A barlangi kutak elhelyezkedése

### 4.1 Vízzint és vízádóképesség

A barlangi kutak vízállásainak mérése viszonylagos rendszerességgel eddig két időszakban történt. Az első időszak 1970. 09. 06-tól 1971. 05. 30.-ig tartott (Kessler, 1971). E kilenc hónap alatt heti gyakorisággal mértek 12 kutat.

A második időszakban 1998 júniusától 2000 januárjáig mérték a vízszinteket, körülbelül havi egy méréssel tíz kút vízállását regisztrálták.

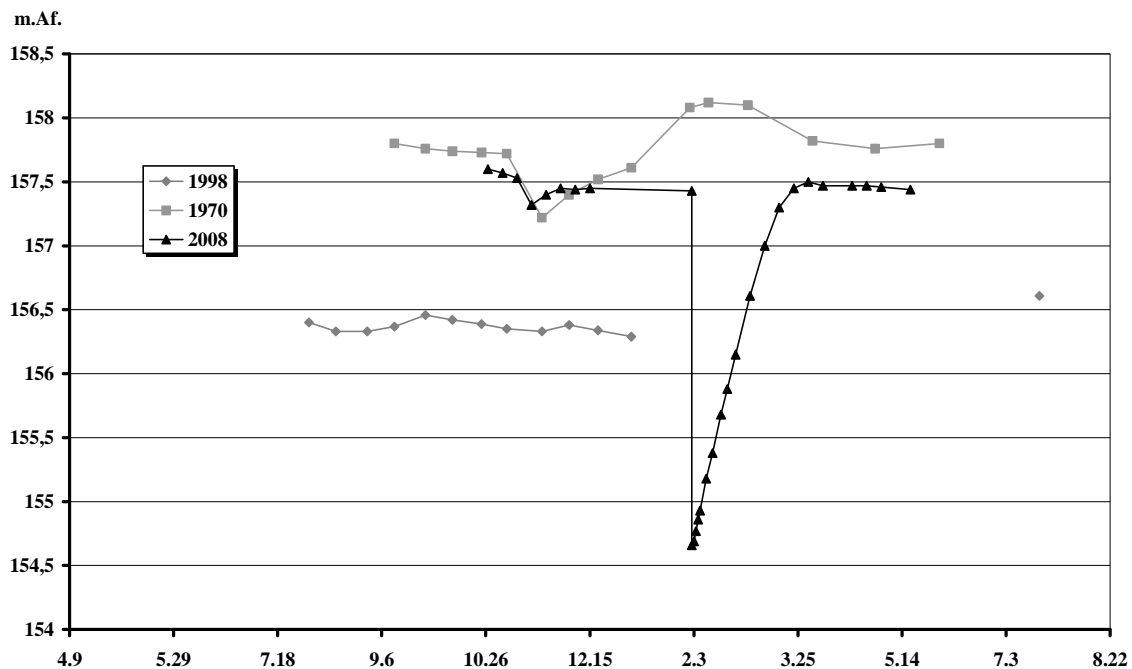
2008 októberétől újra kezdtük a méréseket heti gyakorisággal a Várbarlang déli részének hat kútjánál (Kávézó, Bövényes, Nagy, Világtengely, Vendégház, Mély). 2009 szeptemberétől valamint októberétől az északi rész 3-3 kútjánál (Északi-labirintus, Bárlangos, Mérőórás, Német, Hadik, Mamutfogas) folytattuk a több évtizede elkezdett méréseket. A Várbarlang 12 általunk vizsgált kútja közül tíznél volt arra lehetőség, hogy a vízállásokat összevessük a korábbi eredményekkel (Hajnal et al., 2009).

Fontos megjegyezni még, hogy az első periódus vízszintjei csak grafikus ábrázolásokon maradtak fenn, táblázatos formában az adatok nem álltak rendelkezésre, mérési jegyzőkönyveknek, konkrét adatoknak nincs nyoma, ezért az adatfeldolgozás és az ábrázolás rendkívül nehézkes volt.

A barlangi kutak vízádóképességét 1970-ben vizsgálták először (Kessler, 1971), majd az 1990-es évek közepén a Debreceni Búvárklub (DBK) szakemberei végeztek méréseket több alkalommal is (Debreceni Búvárklub 1994a, 1994b, 1996) (2. táblázat).

2009 februárjában a Várbarlang déli részének három kútjának (Bölényes, Nagy, Kávészó) szivattyúzására volt lehetőségünk. 2009 szeptemberében és októberében az északi rész három-három kút vize került leszívásra. A leszívás-visszatöltődés folyamata jól követhető a 4-10. ábrákon.

Az első mérési időszakban a Bölényes és a Vendégeknyves kútnál történt „vízkimerítés” (Kessler 1971) 1970 novemberének első napjaiban. Előbbi kút vízállása 1971 elejétől több mint 600 mm-t emelkedett, majd egy hosszabb csökkenő periódus után ismét gyorsan emelkedett (3. ábra). Ez az áprilisihoz képest közel ötszörös májusi csapadéknövekedés hatására következett be. A saját méréseink idején még egyértelműbben követte a kút vízállása a csapadék mennyiségét, ami a ritkább észlelések ellenére is egyértelműen megállapítható. A kút átlagos víznívója az első két mérési időszak között 1,40 métert esett. Az ábráról jól látható, hogy napjainkban a kút vízszintje a hetvenes évekbeli értékekhez áll közelebb, körülbelül egy méteres vízszintemelkedés történt az elmúlt tíz évben.



4. ábra. A Bölényes kút vízszint-idősorai

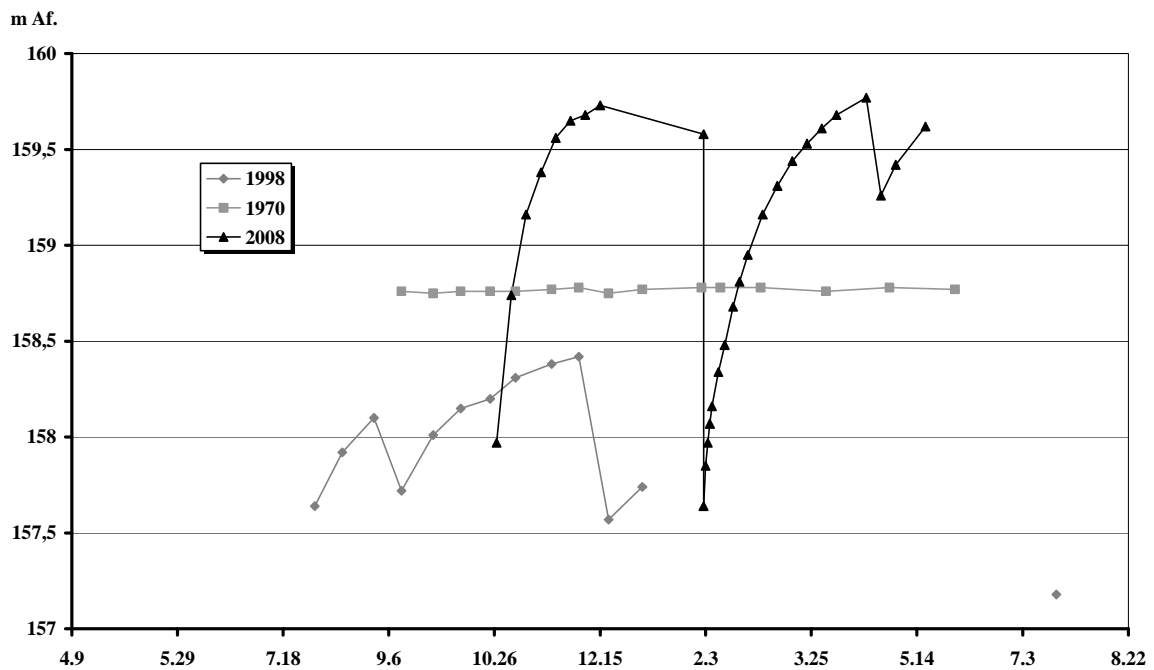
A Bölényes kút átmérője közelítőleg 1,46 m. A benne lévő 2,77 m-es vízoszlopot 40 l/p hozamú szivattyúval ürítettük ki 89 perc alatt. A visszatöltődés egyenletes volt, a kút vízadókapacitása 109,17 l/nap. Ez egy nagyságrenddel nagyobb érték a korábban mértékekhez képest. Ennek pontos okát csak megismételt vizsgálatokkal lehet kideríteni.

A hetvenes években a Nagy kút vízjátéka volt az egyik legkisebb (a maximális heti változás 38 mm volt), az 1998-ban kezdődő adatsor jóval szeszélyesebb (4. ábra). A csapadék mennyiség változásainak megfelelő előjellel változtak a vízállások, ennek mértéke az összes kút közül itt volt a legnagyobb. Az előjelhelyesség az 1999-es júniusi csapadékmaximum alkalmával felborult, ugyanis a kút vízállása, minden addigi mértéket meghaladóan süllyedt, mégpedig az addig feltételezett 157,6 m A.f. kútfenek szint alá (!) közel 40 cm-el. Ez azonban csak úgy volt lehetséges, ha a kút fenekét időközben újból kitisztították, amiről konkrét adatok nem állnak a rendelkezésünkre. Valószínűsíthetően a tisztítás idején a vizet folyamatosan szivattyúzták. Bár lehetséges, hogy a víz mozgását csak a csapadék mértéke befolyásolta a többi mérési időpontjában, fontos figyelembe venni, hogy ez a kút van az egyik legjobban kitéve a nem kívánt emberi beavatkozásoknak. A kút átlagos vízszintje közel 1,0 métert süllyedt az első két mérési időszak között.





1. kép. A Bölényes kút a szivattyúzás után



5. ábra. A Nagy kút vízszint-idősorai

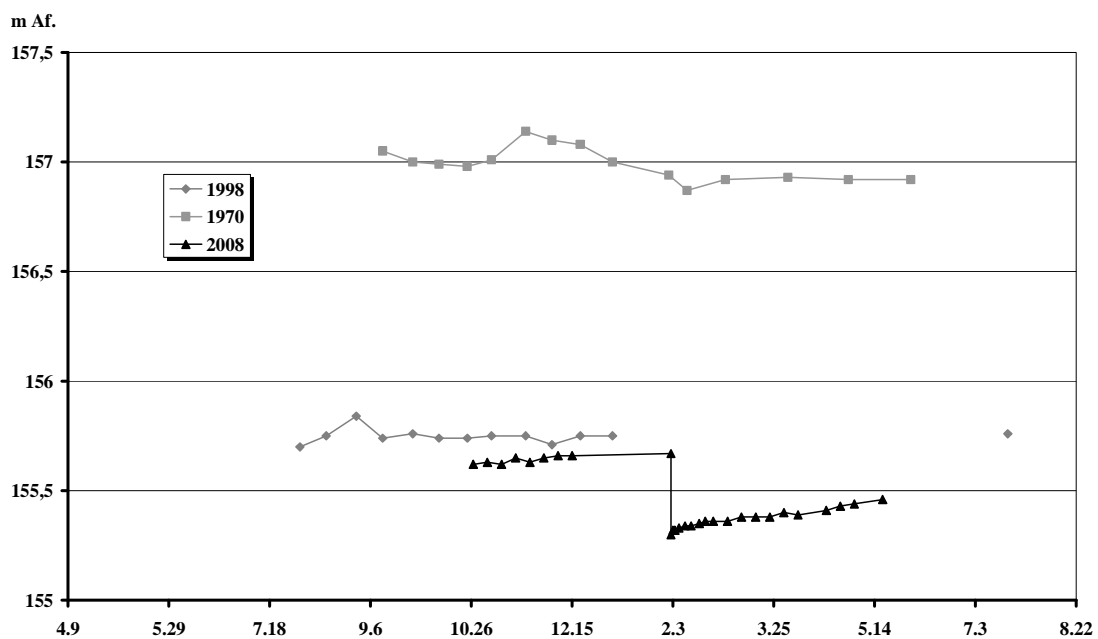
Mára a Nagy kútban a hetvenes évekhez képest is egy méteres vízszintemelkedés következett be. A Labirintus üzemeltetőinek szóbeli közlése alapján a kútból rendszeresen ki kell szivattyúzniuk a vizet, hogy ne öntsön ki.

A Nagy kút közelítő átmérője 1,34 m. A kútból 1,94 m-es vízoszlopot szívunk le, ugyancsak 40 l/p hozammal 70 perc alatt. Ahogy már jeleztük és a 5. ábrán is látszik, a kutat korábban többször is le kellett szívni. Sajnos ezekről nem készült dokumentáció, korábbi adatok pedig nem állnak rendelkezésre. A kút vízadóképessége 87,62 l/nap.



2. kép. A Nagy kút szivattyúzása

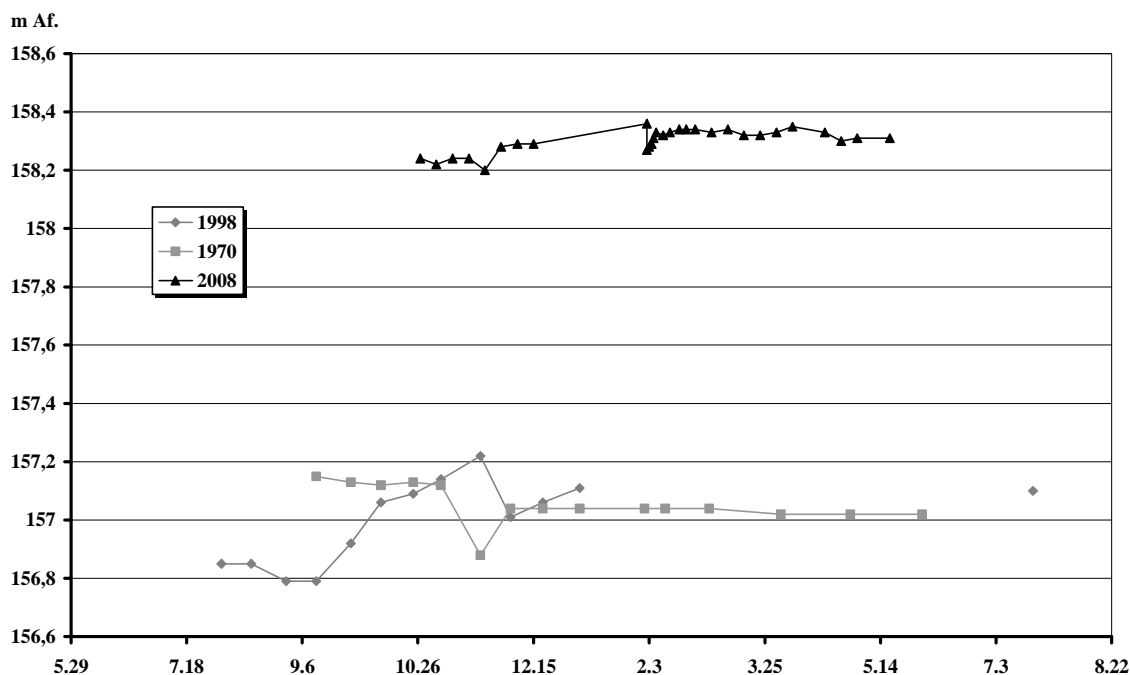
A Kávézó kút – ahogy a neve is elárulja – a másik legveszélyeztetettebb vízadója a Nagy Labirintusnak, mivel egy vendéglátóipari egység területén található. A legtöbb szemét, cigarettacsikk, papír, stb., ebben a kútban szokott előfordulni. Az első mérési időszakban változóan reagált a csapadékra, mivel a novemberi magas értékeket rugalmasan követte a vízállás, míg az 1971. májusi magas csapadékra semmilyen változás nem következett be (6. ábra). A több mint 1,2 m-es víznívó-csökkenést szenvedett kút vízállása az újabb mérések idején csak nagyon kis mértékben változott, s egyáltalán nem reagált a júniusi csapadék maximumra. Ez a kút volt az egyetlen, melyben a vízszint alig változott az 1998-as mérésekhez képest.



6. ábra. A Kávézó kút vízszint-idősorai

A Kávészó kút átmérője 0,90 m. A kút szivását 10 l/p hozamú búvárszivattyúval végeztük. A 37 cm-es vízszlopot 30 perc alatt sikerült leszívni. A kút fenéke tele volt hulladékkal és szeméttel. Vízáradóképesége csekély, 1,68 l/nap.

A Vendégekőnyves kút az egyetlen, amelynek nem csökkent a víznívója az első két mérési időszak között, sőt egy néhány cm-el meg is emelkedett (7. ábra). Érdekes, hogy mindkét mérőszorozat elején érzékenyen reagált a vízállás a csapadéokra, s mindkét sorozat második felében hatástalanok maradtak a nagyobb csapadékok is. Ez azonban nem magyarázható semmilyen természeti jelenséggel, ugyanakkor a Labirintus déli részének legnedvesebb pontján helyezkedik el ez a kút. Legújabb méréseink tanúsága szerint körülbelül egyméteres emelkedés történt a korábbi mérésekhez képest.



7. ábra. A Vendégekőnyves kút vízszint-idősorai

A Vendégekőnyves kút szivattyúzására nem volt lehetőségünk, de közelítő számítást úgy tudtunk végezni, hogy vödörrel kimertünk annyi vizet, hogy tíz centimétert süllyedjen a vízszint, és mértük a visszatöltődést. A vízáradóképeség 5,39 l/napra adódott.

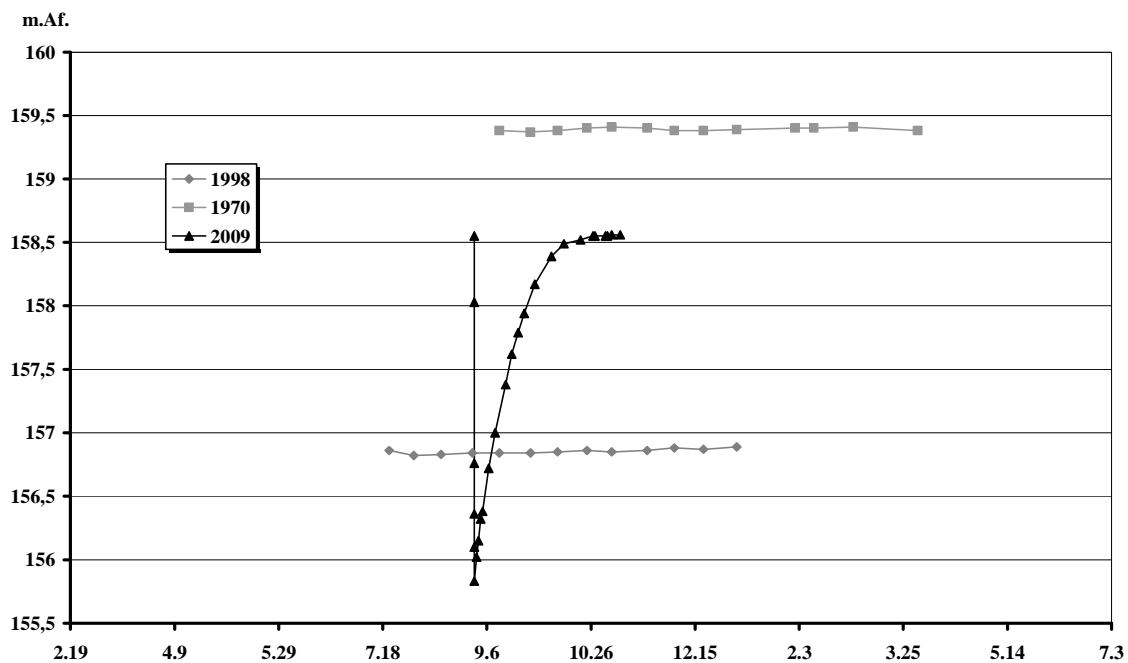
Az Északi-labirintus kútról sajnálatos módon nem áll rendelkezésünkre korábbi mérőszorozat, így jelen vízállásait nem tudjuk összehasonlítani előző adatokkal. Visszatöltődése rendkívül lassú a többi kúthoz viszonyítva. Szivattyúzása előtt közel 4,3 m vízszlopot volt található a kútban. Jelenlegi vízállása pedig azt mutatja, hogy a leszívását követő időszakban csupán 26 cm-t emelkedett vízsintje. Korábbi megfigyelések szerint a kút a csapadékokat gyorsan megérzi. A szeptember eleji esőzések idején 3-6-szor gyorsabban nőtt a kút vízszintje. Az októberi, illetve a november eleji esők hatása is érzékelhető a mérési eredményeken, de a szeptemberihez hasonló kiugró értékeket nem kaptunk.

Az Északi-labirintus kútból 4 óra és 45 perc alatt szivattyúztunk le közel 3,6 m vízszlopot 0,75 m-es átmérő mellett. 1993-ban 9,12 l/nap, 1994-ben 84,12 l/nap, 1996-ban pedig 528 l/nap volt az átlagos vízhozama. Általán végzett számítások alapján jelenlegi vízhozama 3,76 l/nap, mely egy illetve két nagyságrenddel is kisebb, mint a '94-es és '96-os mérések, de még a '93-as eredményhez képest is szerényebb vízáradóképeséget mutat.



Az Északi-labirintus melletti Rendőrség nevet viselő kút vízhozama a korábbi megfigyelések alapján olyan nagy volt, hogy rendszeresen kiöntött, ezért szükség volt egy szivattyúra, mely automatikusan bekapcsolt, ha a kút vízszintje elért egy bizonyos határt. Ezt a rendszert a '90-es években hozták létre. Mivel a barlangrendszer már nem fogad látogatókat a karbantartási munkákat elhanyagolták, nem vették figyelembe, hogy a szivattyú időközben elromlott. Ennek eredményeként a Rendőrség kútból származó víz kiöntött, járhatatlanná téve ezzel a hozzá vezető járatot. Lehetséges, hogy ez a nagy víztömeg az oka annak, hogy az Északi-labirintus kút vízadóképessége sokkal kisebb, a '90-es években, mivel az akkori mérésekkor leszívták a Rendőrség kútból származó vizet is. Biztos következtetést az Északi-labirintus kút vízadóképességének csökkenéséről csak akkor lehetne levonni, ha a Rendőrség és Északi-labirintus kutak vizeit egy időben le tudnánk szivattyúzni.

A Barlangos kút 1970-es illetve 1998-as idősorait egyenként vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a kút vízszintje kiegyensúlyozottnak tekinthető, mivel egyik hétről a másikra maximum 2 cm-es csökkenés vagy emelkedés figyelhető meg. A kútnak ezen jellemzője a 2009-es mérések alatt is megfigyelhető. A kút vizét leszivattyúztuk, majd folyamatosan regisztráltuk visszatöltődését, mely közel egy hónapig tartott. Méréseinket folytatva azt tapasztaltuk, hogy a leszívás előtti, valamint a visszatöltődést követő legutolsó adatnyerésünk között 1 cm különbség tapasztalható. Csapadékra való érzékenységet mutatja, hogy a szeptember elején és október közepén hullott jelentősebb esőket követően nagyobb vízhozamokat produkált. A kút víznívója az 1970-es idősorhoz viszonyítva 0,85 m-t esett, viszont az 1998-ashoz képest 1,7 m-t nőtt.



8. ábra. A Barlangos kút vízszint-idősorai

Barlangos kút átmérője 1,2 m, ami a felső pár cm-ben 1,7 m-esre szélesedik. A kútból 3,07 m<sup>3</sup> vizet szívunk le, ami 2 órát és 20 percet vett igénybe. Vízadóképességre átlagosan 88,32 l/napot kaptam. 1993-ban 552 l/napot, 1994-ben 38,4 l/napot mértek. Az adatokból látszik, hogy a frissen végzett mérések a '94-es adatokhoz vannak közelebb a vízadóképesség szempontjából.

A Mérőórák kút jelenlegi idősorát összevetve a '70-es '98-as adatokkal, megállapítható, hogy víznívója jelentősen csökkent: 1970-hez képest 5,2 m-t, 1998-hoz képest 2,6 m-t esett. Technikai okokból csak fél métert tudunk leszívni a 2,3 m magas vízoszlopból, így a visszatöltődésre kapott adatokat nem tekinthetjük teljes mértékben mérvadónak. Azt viszont megállapíthatjuk, hogy alig öt nap leforgása alatt a kút vízszintje már magasabban állt, mint a szivattyúzás előtt.

További viselkedésére – miszerint visszatöltődése után egy héttel drasztikusan csökkenni kezdett a szintje – a meglévő adatokból nem lehet pontos választ adni. A kút közelében jelentős vízszintesedés volt tapasztalható, melynek forrása feltehetőleg valamilyen közműhiba volt. A kút visszatöltődését követő pár napon belül a csepegés megszűnt és a kút szintje csökkenni kezdett.

A Mérőórák kútból csak fél méteres –  $1,86 \text{ m}^3$ -rel egyenértékű – vízszlopot tudtunk leszívni technikai okokból, ezért nem tekinthetjük teljesen mérvadónak az eredményt. (Az összefoglaló táblázatban ezt jelezve az érték dőlt betűvel szerepel.) 1993-ban 744 l/nap, 1994-ben 480 l/nap volt a vízádóképessége, a jelenlegi 451,8 l/nap.



**3. kép.** Mérőórák kút szivattyúzása

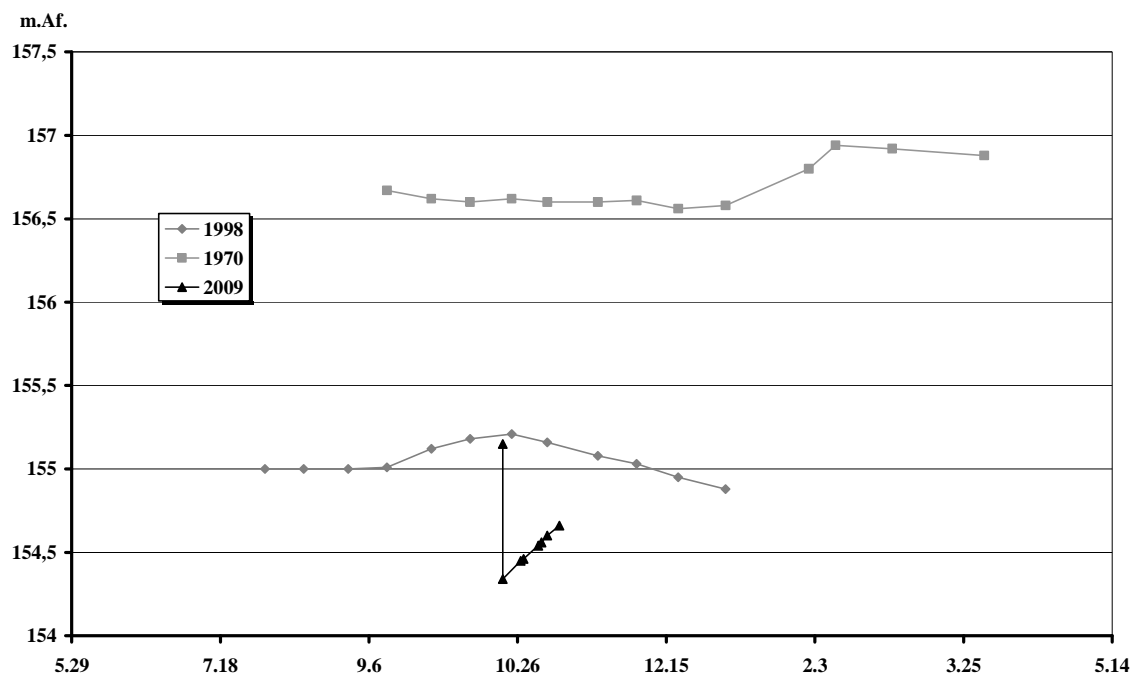
A Német kút elsőként regisztrált vízszintje ad lehetőséget következtetni arra, hogy jelenlegi vízállásainak értékei a '70-es és '98-as évek adatsoraival által kirajzolt görbék között helyezkednek el. 1970-es víznívóhoz képest kb. 1,3 m-t csökkent, míg 1998-as vízállásokhoz képest több mint 0,75 m-t növelt a jelenlegi vízszint. Sajnálatos módon a visszatöltődés még nem ment végbe teljesen, mivel technikai okok miatt ezt, valamint a Hadik és Mamutfogas kutakat csak október második harmadában tudtuk leszívni.

A Német kútból 1,24 m vízszlopot szívtunk le, melyhez 10perc elegendő volt. Átmérője 1,05 m. Jelenlegi vízádóképessége 17,85 l/nap. Összehasonlítást nem tudtuk végezni, mivel korábbi adatok nem állnak rendelkezésemre a vízádóképességre vonatkozóan.

A Hadik kút szivattyúzás előtti vízszintje csupán pár cm-rel van lejjebb az 1998-ban ugyanabban az időszakban mért szintjétől, vagyis közel megegyezik vele. Fent említett okok miatt ez a kút sem tudott még jelenleg teljesen visszatöltődni. A görbén látható, hogy október utolsó napjaiban kissé csökkent a visszatöltődés mértéke, viszont november elején újra a visszaesés előtti nagyságrenddel történik a vízszint folyamatos növekedése. A növekedésbe való „visszazökkenésre” nem valószínű, hogy magyarázat a november eleji csapadék, mivel a többi kút adatsoraiban csak pontszerű ugrás következett be az esőzés hatására. Tehát a jelenleg rendelkezésre álló adatokból nem vonható le a pontos következtetés a visszaesésre.



4. kép. A Német kút szivattyúzása a 100 l/perc teljesítményű szivattyúval

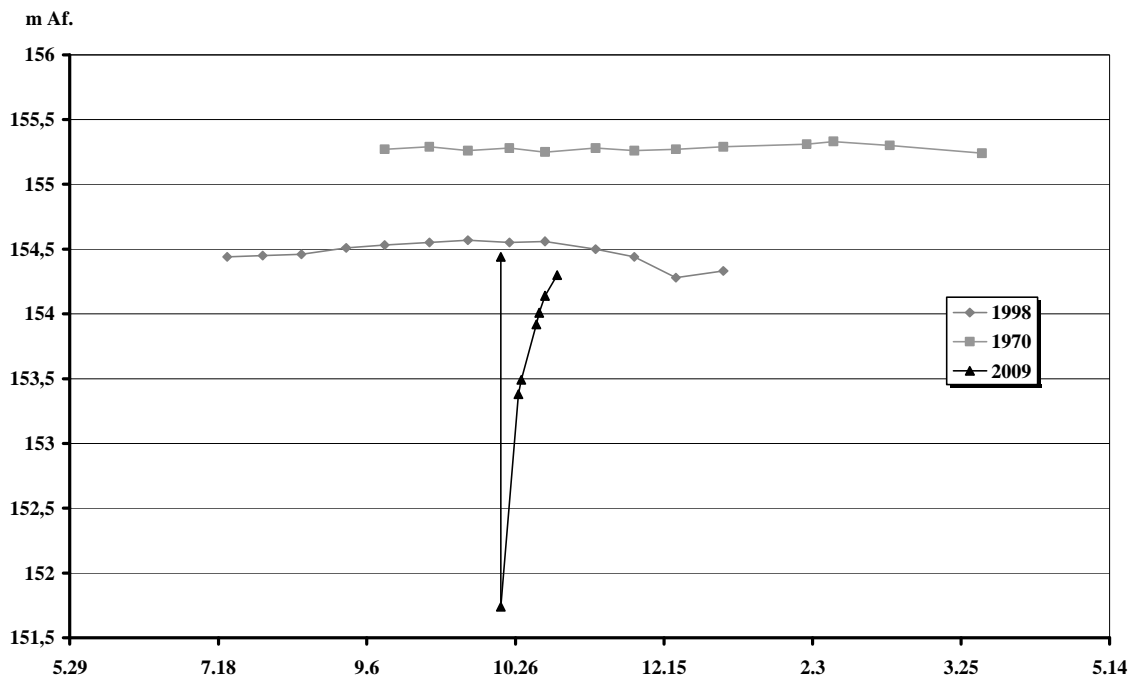


9. ábra. A Hadik kút vízszint-idősorai

A Hadik kútban  $0,67 \text{ m}^3$  víz volt található, melyet hat perc alatt szívtunk le. A kút átmérője 1,1 m, mélysége 2,5 m. Vízádképessége átlagosan 15,52 l/nap. Előző adatsorok hiányában összehasonlításra – a Német kúthoz hasonlóan – nincs lehetőségünk.

A Mamutfogas kút a mellette pár méterre elhelyezkedő Hadik kúthoz hasonlóan a kút leszívás előtti szintje csak pár cm-rel kisebb az 1998-as idősorához képest. Visszatöltődése rendkívül gyors, de sajnos még ez a sebesség sem volt elegendő, hogy utolsó mérésünkör elérje a le-

szívás előtti vízszintet. Görbéjéről leolvashatjuk, hogy az első hat napban több mint 1,6 m-t növekedett a kút vízszintje! A korábbi megfigyelések szerint a kút lomhán, de reagál a csapadékra. Az újabb méréssorozatot vizsgálva nem lehet ezt az állítást maximálisan igazolni, mivel a csapadék hatására nem figyelhető meg nagyobb mértékű visszatöltődés, mint például a Barlangos vagy Német kút esetén. Előző kutatások azt is bizonyították, hogy a Hadik és Mamutfogas kút között nincsen kapcsolat annak ellenére, hogy csupán pár méterre helyezkednek el egymástól. A kutak szivattyúzásokor semmi jele nem mutatkozott annak, hogy bármiféle kapcsolat lenne a két víztömeg között.



10. ábra. A Mamutfogas kút vízszint-idősorai

A Mamutfogas kútban található 2,7 m magas vízszlopot 1,55 m-es átmérő mellett 46 perc alatt sikerült leszívni. 1994-ben 43,2 l/napos vízádóképeséget produkált. Az általunk végzett mérések és számítások egy nagyságrenddel nagyobb értéket, 206,30 l/napot eredményeztek.

A 2008-as mérési időszak kezdete óta az OMSZ honlapjának adatai szerint többször is hullott a sokévi átlagot meghaladó csapadék Budapest területén. Decemberben három egymást követő napon 10 mm-t meghaladó csapadék hullott, 2009 februárjában is több volt a néhány mm-es csapadékos napok száma. A kutakban történt kis visszaesés utáni enyhe emelkedés megfigyelhető a vízszinteknél a déli rész kútjainál. Az északi területen az Északi-labirintus, Barlangos és Német kutaknál lehet arra a következtetésre jutni, hogy reagálnak a csapadékra kisebb vagy nagyobb mértékben, melyek főként szeptember elején, október közepén és november elején hulltak. A csapadékok hatásának pontosabb kimutatására hosszabb adatsorokra lenne szükség.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy az összehasonlítás alá vonható kilenc kútból hétnek az 1970-es években volt a legmagasabb az átlagos vízállása. A két kivétel a Nagy-, valamint a Vendégkönyves kút, melyeknél nemcsak hogy vízszintemelkedés figyelhető meg a hetvenes évekhez képest, de a három mérési időszak közül a 2008-as időszak átlagos vízmagassága a legmagasabb. A Kávézó, Hadik és Mamutfogas kutak 2008-2009-es idősorai közel megegyeznek az 1998-as adatsorral. A Barlangos, Német illetve Bölényes kutaknál vízszintemelkedés történt a '90-es évekhez képest. A Mérőórás kút az egyetlen, melynek grafikonjáról határozottan leolvasható, hogy 2009-es vízszintje jóval alacsonyabb, mint az előző évtizedekben. A vízállás-változások okainak megállapítására rendszeres mérésekre és jóval több adatsorra lenne szükség!

1. táblázat. Barlangi kutak vízádóképessége

Kutak vízádó- képessége	1971.	1993.	1994.	1996.	2008.- 2009.
	(l/nap)				
Dísz tér 15.	-	-	480	1008	-
Mély	4	-	4	-	-
Bövényes	16	-	14	-	109
Kávézó	-	-	-	-	2
Nagy	-	-	-	-	88
Vendégkönyves	43	-	-	-	5
Labirintus	-	1296	744	720	-
Mamutfogas	-	-	43	-	206
Hadik	-	-	-	-	16
Német	-	-	-	-	18
Mérőórás	-	744	480	-	452
Barlangos	-	552	38	-	88
Ciszterna	9	-	-	-	-
É-i Labirintus	-	9	89	528	4
Rendőrség	-	-	5400	7200	-
Táncsics M. 5.	-	-	10 080	12 000	-
Táncsics M. 15.	-	-	13 000	12 000	-
Fortuna 21.	-	-	1440	1440	-

Az 1. táblázatból látható, hogy nagyon kevés mérés történt és azok is csak rövid ideig tartottak. A vízhozamokat a leszivattyúzott kutak visszatöltődési idejéből számították, ennél az eljárásnál pedig fokozottan igaz az „egy mérés, nem mérés” elve. A '70-es és '90-es évek eredményeiből mégis levonható egy fontos következtetés. A Polgár város északi részén található legtöbb kút vízádóképessége két-három nagyságrenddel nagyobb, mint a déli részen található kutaké. Ennek pedig egyértelműen földtani oka van, ugyanis az északi részen nagy kiterjedésben megtalálható az Ördögárok teraszkavicsa, míg a déli részen jóval kötöttebb talajok fordulnak elő az édesvízi mészkő alatt.

2008-2009-ben vizsgált kutakról elmondhatjuk, hogy '70 és '90 évek adataival összehasonlítva csak a Barlangos kútnak nem változott egy vagy több nagyságrenddel a vízádóképessége, viszont 2,5-szer nagyobb értéket produkált, mint '98-ban. A táblázatból kivehető, hogy a Kávézó, Nagy, Német és Hadik kutak vízádóképességéről nem születtek még adatok, így összehasonlításukra nincs lehetőségünk. Általánosan elmondható, hogy a sekélyebb, kisebb vízoszloppal rendelkező kutak vízhozama jóval kisebb, mint a mélyebb kutaké.

Fontos volna részletesebben megvizsgálni ennek a területnek a földtani adottságait, mind a vízádó rétegek, mind pedig az esetleges törések szempontjából.

#### 4.2 Hőmérséklet

A múlt század elején egy-két alkalommal megmérték néhány kút vizének hőmérsékletét, többségük 12°C-os volt (Szontagh, 1908).

Ugyancsak néhány adat áll rendelkezésre 1938-ból (Horusitzky, 1938), amikor 13 kút víz hőmérsékletét regisztrálták. Az értékek 10,5 és 13,85°C között változtak. Ebben a mérési időszakban 8 és 11°C volt a levegő hőmérséklete az üregekben.

Az első hosszabb adatsor 1970-71-ben született (Kessler 1971), akkor a kút vizek hőmérséklete 10,6 és 15,8°C között változott, és a víz hőmérséklet többé-kevésbé követte a levegő hőmér-



séklet-változását. A mérések eredményei itt is csak grafikus formában feldolgozva maradtak meg, a görbékről leolvasott minimum, maximum értékeket közöljük (kerekítve) kutanként. Az 1998-as méréseket körülbelül havi gyakorisággal végezték, a legújabb mérési időszakban hetente mértünk (2. táblázat).

**2. táblázat.** A barlangi kutak vízhőmérséklete

Kutak	1970 - 1971.		1998 - 1999.		2008-2009	
	min. °C	max. °C	min. °C	max. °C	min. °C	max. °C
Bövényes	13	14	13,7	16,0	13,3	15,4
Nagy	14	15	14,3	18,0	14,2	16,8
Kávézó	13	14	16,2	17,6	15,4	17,7
Vendégkönyves	12	13	15,3	17,2	15,5	16,6
Mamutfogas	14	15	12,0	14,0	13,6	13,8
Hadik	15	16	10,0	14,5	13,4	15,4
Török	12	14	11,5	14,0	-	-
Német	13	14	12,0	14,3	13,6	14,1
Mérőórás	13	14	13,0	14,8	13,9	15,4
Barlangos	11	13	14,1	16,0	15,3	15,3
Északi-labirintus					13,1	13,2
Mély	-	-	-	-	13,3	14,3
Világtengely	-	-	-	-	14,7	18,5

Korábban végzett mérések során a legalacsonyabb értéket a Hadik kútban (10°C), a legmagasabbat a Nagy kútban (18,0°C) kapták. A minimum értékeket kivétel nélkül az 1999. január 4.-i regisztrálás alkalmával, a maximumok a nyári hónapokban, vagy koraósszel születtek. Az első mérésorozat adatai jóval kiegyenlítettebb képet mutatnak a másodikénál. A '70-es években az egyes kutak minimumai között 4°C, a maximumok között csupán 3°C, míg a '90-es évek mérésoránál, a minimumoknál 6,2°C, a maximumoknál pedig 4°C volt a különbség. (Érdekese, hogy a Hadik kútban volt az első esetben a maximum, a második esetben a minimum hőmérséklet. Ennek okát az lehet, hogy ez a kút, illetve barlangszakasz közvetlen kapcsolatban van a felszínnel a főtében található nyitott kürtön keresztül. Ezért a léghőmérséklettel egyidejűleg a vízhőmérséklet is érzékenyebb lehet a meteorológiai hatásokra.)

Az általunk készített adatsorok egyenetlenségei között megfigyelhető az a tendencia, hogy a Labirintus déli, vizsgálataink idején hasznosított, és így helyenként fűtött részen a vízhőmérsékletek átlagosan magasabbak, mint a Labirintus É-i részén található kutaknál.

A 2008-2009-es adatsort összehasonlítva az 1998-1999-es mérésekkel megállapítható, hogy a Kávézó kút kivételével nem történt változás a hőmérséklet szélsőértékei között.

### 1.1. Vízkémia

A barlangi kutak vizeinek múlt század eleji kémiai vizsgálatainak eredményeit több tanulmány is rögzíti (Szontagh, 1908; Horusitzky, 1938).

A Várbarlang kútvizet néhány kémiai komponensre vizsgáltuk gyorsesztekkel, valamint konduktométerrel.

A csapvízzel összehasonlítva jól látható, hogy az erősen szennyezett kútvizek nem ebből a dunai vízbázisból származnak. A Bövényes, Kávézó és Nagy kút mintái igen hasonló összetételűek, csupán a nitrátion mennyisége tér el jelentősen. Az összes keménységet okozó kalcium és magnézium ionok valószínűleg a környező kőzetekből oldódtak ki, míg a magas kloridtartalomért az utak sózása tehető felelőssé. A nitrátion fokozott jelenléte korábbi szerves szennyezésekre utal.

A Vendégekőnyves kút vize jelentősen eltér az előzőektől. Ennek magyarázatát jelenleg nem tudjuk, az okok feltárása további vizsgálatokat igényelne.

**1. táblázat.** Vízkémiai vizsgálatok eredményei (2009. február 2.)

Kút neve	Vezetőképeség mS/cm	Összes keménység nK°	Klorid mg/l	Nitrit mg/l	Nitrát mg/l
Bövényes	2,61	38	675 923	0 0	100 118
Nagy	2,10	28	475 533	0 0,1	75 168
Nagy (szivattyú- zott)	2,02	27	425	0 0	75
Kávészó	2,36	36	575 249	0 0	0 0
Vendégekőnyves	1,08	13	200 107	0,05 0,5	50 16
Északi-labirintus	2,7	35	525	0,75	100
Északi-labirintus (szivattyúzott)	2,0	36	425	0,5	50
Barlangos	9,6	98	1491	0,75 0	75 83,6
Mérőórás	1,38	31	100 220,1	1 0	75 136,4
Mamutfogas	1,72	26	334 319,5	0,08 0	49 143,6
Csapvíz	0,42	18	25	0	0

*A dőlten szedett számok az 1999-ben és 2000-ben végzett vizsgálatot jelölik.*

Északi-labirintus, Barlangos, Mérőórás és Mamutfogas kutak mindegyikénél csökkent a nitrátion koncentrációja. Elmondható, hogy a klorid ion koncentráció a déli rész kútjaiban magasabb, mint az északi kutak vizében.

## 5 ÖSSZEFOGLALÁS

A barlangrendszerben egy-egy alkalommal regisztrált adatokból nehéz pontos következtetéseket levonni a terület vízháztartásáról. Például a csapadékból keletkező beszivárgás kimutatható egy-egy pontban a főtén, de gondoljuk végig, hogy az 5-10 méter vastag forrásvízi mészkörétegen, illetve a felette lévő feltöltésen milyen bonyolult úton juthat el a víz az észlelési pontba. A kőzet repedéshálózata rendkívül változatos formát mutat, a felszínen a burkolt és burkolatlan felületek aránya igen változó, stb. A közművek veszteségeiből származó vizek ugyancsak változó útvonalakon juthatnak a Labirintusba, és a vízkémiai vizsgálatokkal nem is feltétlenül megkülönböztethetők a csapadékvíztől. A kutak vízállását ezeken a tényezőkön túl a kút környezetében a kőzetek fajtája, dőlése, porozitása is befolyásolja, amiről szintén csak kevés információval rendelkezünk. A kutak többsége ki van falazva, korábbi felmérések nem terjedtek ki a kőzetkörnyezet pontos meghatározására. Egy részük a márgába, másik részük kavicsba lett mélyítve. Ezekre a tulajdonságokra sokszor csak visszakövetkeztetni tudunk, éppen az általunk végzett vízvizsgálatokból (például a vízáradékeség nagyságrendje alapján).

Az eddigi vizsgálatok alapján néhány konkrét megállapítás kijelenthető:

- A kutak vízállása általában csökkent az 1970-es évekhez képest, ami véleményünk szerint a közművesztések csökkenéséből következik (a közművek betáplált mennyisége majdnem a felére csökkent az utóbbi tíz évben).

- A kutak vízhőmérséklete szorosan követi a barlangi léghőmérsékletet.

- A kutak többsége önálló „vízgyűjtővel” rendelkezik, nem kommunikálnak egymással.

- A kutak vízáradóképesége az északi részen egy- illetve két nagyságrenddel nagyobb mint a déli részen.

Fontos volna monitoring-rendszer kiépítése, amely lehetővé tenné a további, egyidejű vizsgálatok elvégzését. Megfelelő számú adat ismeretében lehetővé válna a rendszer olyan mélységű modellezése, mely a gyakran bekövetkező havária események (útbeszakadások, csőtörések, kőzetmozgások) gyors orvoslását is segítené. Ha erre nincs mód, akkor rendszeres mérések elvégzésére van szükség.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönjük Tolnai Sándornak és Pozsgai Istvánnak a szivattyúzásoknál nyújtott segítséget. Köszönet Póth Zoltánnak a kémiai vizsgálatok elvégzéséért. Köszönjük Máté Szabolcsnak, Vajda Péternek és Mészáros Zoltánnak a szivattyúzásoknál és méréseknél nyújtott segítségét. Hajnal Géza kutatómunkájához anyagi támogatást nyújt a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO 00063/08/6).

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Hajnal G. 1995: A budai Várbarlangok hidrológiája, *Karszt- és Barlangkutató*, **10**: 211-223.
- Hajnal G. 2003: *A budai Várhegy hidrogeológiája*, Akadémiai Kiadó, Budapest
- Hajnal G., Farkas D., Máté Sz., Mészáros Z., Póth Z. 2009: A budavári barlang hidrológiai vizsgálata, *Mélyépítés* 2009/2: 16-21.
- Horusitzky H. 1939: Budapest Duna - jobbparti részének geológiai viszonyai. *Hidrológiai Közlemény*, **18** (1938). p. 404.
- Kadič O. 1942: A budavári barlangpincék, a várhegyi barlang és a Barlangtani Gyűjtemény ismertetése. *Barlangvilág*, **12** (3-4): 49-75.
- Kessler H. 1971: *A budai Várbarlangban végzett hidrológiai mérések értékelése*. Kézirat (FÖMTERV 30.891)
- Kordos L. 1969: A budai Várhegy és Várbarlang földtani viszonyai. *Karszt és Barlang*, 1969(2): 47-50.
- Krolopp E. 1976: A budai Várhegy negyedkori képződményei. *Földtani Közl.*, **106**(3): 198-228.
- Scheuer Gy. 1986: *A budai Várbarlang geológiai vizsgálata, geológiai állapotfelmérés*. Kézirat, Bp. 67.
- Szontagh T. 1908: *A budai várhegyi Alagút hidrogeológiai viszonyai* - Jelentés a Várhegyi Alagút vizesedésének okairól. Bp., p. 23.
- Zolnay L. 1961: Buda középkori vízművei. *Történelmi Szemle*, pp. 16-55.

### *Debreceni Búvárklub jelentései:*

- Összefoglaló jelentés a budai Várbarlang 1993. máj. 29. - 1994. jan. 28. között vizsgált és tisztított kútjainak hidrogeológiai megfigyeléseiről (kézirat, 1994.)
- Jelentés a Tánacsics u. 15. sz. kút állapotfelméréséről, összefüggés-vizsgálatáról és próbaszivattyúzásáról (kézirat, 1994.)
- Jelentés a budai Várnegyed 8 kútjának és 2 forrásának vizsgálatáról, melynek célja a zetek hálózati részarányának meghatározása (kézirat, 1996.)