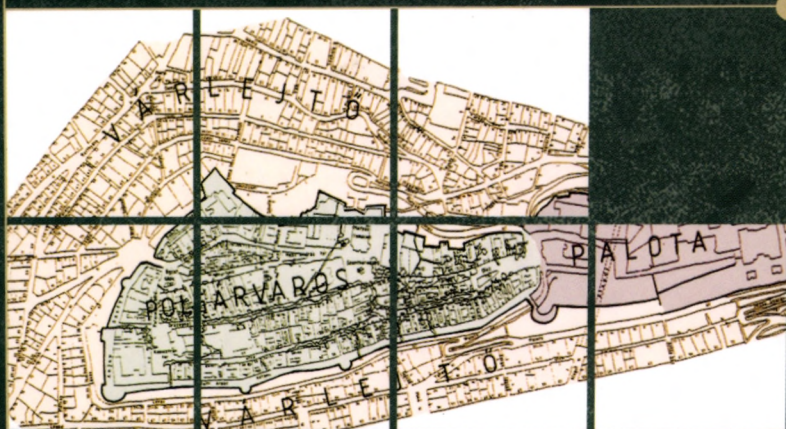


A BUDAI VÁRHEGY HIDROGEOLOGIÁJA



Hajnal Géza

Géza: A budai Várhegy hidrogeológiája

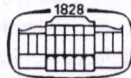
1. november

72

A BUDAI VÁRHEGY
HIDROGEOLOGIÁJA

HAJNAL GÉZA

A budai Várhegy hidrogeológiája



AKADÉMIAI KIADÓ

ISBN 963 05 7922 7

Kiadja az Akadémiai Kiadó,
az 1795-ben alapított
Magyar Könyvkiadók és Könyvterjesztők Egyesülésének tagja
1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 19.
www.akkrt.hu
www.szakkonyv.hu

Első magyar nyelvű kiadás: 2003

© Hajnal Géza, 2003

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános előadás,
a rádió- és televízióadás, valamint a fordítás jogát,
az egyes fejezeteket illetően is.

Printed in Hungary

Tartalom

1. BEVEZETÉS	7
1.1. Előzmények	8
1.2. Vizsgálati módszerek	8
1.2.1. <i>A szakirodalom áttekintése</i>	8
1.2.2. <i>Helyszíni vizsgálatok</i>	9
1.2.3. <i>Laboratóriumi vizsgálatok</i>	9
1.2.4. <i>Adatfeldolgozás, értelmezés</i>	11
1.3. Kutatástörténet	11
2. FÖLDTAN	14
2.1. Kialakulás, geomorfológiai helyzet	14
2.2. Földtani felépítés	15
2.2.1. <i>Triász alaphegység</i>	15
2.2.2. <i>Eocén</i>	16
2.2.3. <i>Oligocén</i>	20
2.2.4. <i>Negyedidőszaki képződmények</i>	21
2.3. Tektonika	29
2.4. Üreg- és barlangképződés	31
3. HIDROGEOLÓGIA	34
3.1. Barlangok, üregek, pincék	34
3.2. Kőzetek fizikai és vízföldtani jellemzése	38
3.3. Barlangi kutak vizsgálata	44
3.3.1. <i>Vízállás</i>	45
3.3.2. <i>Hőmérséklet</i>	53
3.3.3. <i>Vízadóképesség</i>	54
3.3.4. <i>Vízkémia</i>	56
3.3.5. <i>Áramlási viszonyok</i>	63
3.3.6. <i>Összefoglalás</i>	65
3.4. Csepegő vizek	67
3.5. Várlejtők	71
3.5.1. <i>Szivárgók, Alagút</i>	71
3.5.2. <i>Vízkilépések (fakadó vizek, források)</i>	74
3.5.3. <i>Talajvízszint-észlelő kutak</i>	75

3.5.4. Fúrások vizei	79
3.5.5. Pincevizek	80
3.5.6. Langyos vizek (hévizek)	80
4. VÍZMÉRLEG	83
4.1. A korábbi számítások ismertetése	83
4.2. Természetes vízutánpótlódás	85
4.3. Közművesztésegekből származó vízutánpótlódás	89
4.3.1. Vízellátás	89
4.3.2. Csatornázás	96
4.3.3. Távhő	98
4.4. A számítás algoritmus	99
4.5. A számítás eredményei	103
4.6. Kessler módszere a Várhegyre vonatkoztatva	107
5. ÖSSZEFOGLALÁS	109
5.1. Eredmények	109
5.2. Javaslatok	111
5.3. Rövid összefoglalás	112
Summary	113
Köszönetnyilvánítás	114
6. IRODALOM	115
6.1. Felhasznált irodalom	115
6.2. Tervek, szakvélemények	118
6.3. Egyéb, a témához kapcsolódó irodalom	123
Jelölések	128

1. Bevezetés

A víz teremtő erejének köszönhetjük a budai Várhegy létrejöttét a hegy gyomrában lévő mésztufabarlangokkal együtt, s alapvetően a víz a pusztítója is a világörökség részét képező hegynek és a rá épült városnak. Ezért is szükséges összegyűjteni és szintetizálni a határterületek (térképeszet, geológia, hidrológia, mérnöki tudományok, építészet, régészet, bányászat, barlangászat) által dokumentált számos információ vízzel kapcsolatos megfigyeléseit, adatait. Valamint azért, hogy a jövő építészei és a barlangok hasznosítói biztos kézzel nyúlhassanak e műszakilag rendkívül komplex feladathoz.

A Budapesti Műszaki Egyetem hallgatójaként kezdtem érdeklődni a budai Várhegy vízháztartása iránt, s 1993-ban ebből a témából készítettem diplomamunkámat is. Ez után három évig a Mérnökgeológia Tanszék doktoranduszaként folytathattam a Várhegy vizeivel kapcsolatos kutatásokat. 1996 és 1999 között a FŐMTERV Rt. tervezőjeként a Várhegyen jelentkező geotechnikai problémák – illetve az új beruházások talajmechanikával és hidrogeológiával kapcsolatos feladatainak – megoldásában működhettem közre. Az utóbbi két esztendőben ismét a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME), az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken egyetemi tanársegédként folytathattam kutatásaimat.

Várható életkoromnak egyhatodát – egyhatedét, tíz évet foglalkoztam eddig a budai Várheggyel. Ez az én életemből sok, a hegy életéhez képest kevés – ha a hegy mára kialakult földtani állapotát körülbelül kétszázézer évvel ezelőttre teszszük – a húszad részre. És ha kutató elődeim Várhegyre szánt idejét összeadjuk – ők a XIX. század derekán az Alagút építése miatt kezdtek tudományos vizsgálatokba – akkor is lehetetlennek tűnő vállalkozásba fogtam, amikor 150 év alatt összegyűjtött tapasztalataikhoz kívántam hozzátenni újabb ismereteket. Hogy mégis megpróbálkoztam ezzel a nehéz feladattal, annak több objektív és szubjektív oka is van.

Az objektív ok, hogy számtalan szakma jeles képviselője munkálkodott és munkálkodik a Várhegy „jó karba helyezése” (SZONTAGH 1908) érdekében, a terület hidrológiai és hidrogeológiai leírásaival azonban csak egyes tanulmányok részleteiként találkozhatunk. Pedig a mélyépítési szempontból szorosan összefüggő mélypince- és barlangrendszerek, támfalak, várfalrendszerek, épületek és közművek állagmegóvása, felújítása és karbantartása nem lehetséges (vagy legalábbis rendkívül nehézkes) a „vizes” alapkutatások eredményeinek ismerete nélkül. Ilyen kutatások viszont csak a hetvenes évek elején és napjainkban folytak, illetve foly-

nak. A rendelkezésre álló adatok, részeredmények rendezetlenek és feldolgozatlanok voltak.

A szubjektív okok minden eddigi Vár-kutatót magával ragadtak; velem sem történt másképp. Aki egyszer elkezdett komolyabban foglalkozni ezzel a területtel, az nem tudta abbahagyni. Erről árulkodik a témáról publikáló szerzők sora. Megszereztük ezt a gyönyörű, a világon egyedülálló, részben természeti, részben ember által alkotott képződményt.

1.1. Előzmények

A több évre tervezett kutatás keretében feladatomban tekintetem a Várhegy területére vonatkozó gazdag és szerteágazó földtani kutatások eredményeinek pontosítását, összefoglalását, illetve a geotechnikai kutatások eredményeivel történő kiegészítését. A két tudományág eredményeinek felhasználásával olyan egyszerűsített földtani modellt kívántam alkotni, amely a hidrogeológiai kutatások alapját képezheti.

Korábbi mérési adatok felhasználásával és laboratóriumi vizsgálatokkal kívántam meghatározni a budai márga és az édesvízi mészkő vízzel kapcsolatos közetfizikai paramétereit, elsősorban a vízáteresztő képességét.

Célul tűztem ki:

- a Várhegyen megjelenő természetes- és közmű eredetű vizek rendszerezését;
- terepi és laboratóriumi vizsgálatokkal a barlangi kutak vízháztartásának és vízminőségének meghatározását;
- a Várhegy vízmerlegének az eddig részletesen nem vizsgált közművesztések figyelembevételével történő meghatározást.

1.2. Vizsgálati módszerek

1.2.1. A szakirodalom áttekintése

A budai Várról a különféle tudományterületek és szakágak cikkei, tanulmányai és szakvéleményei mind tartalmukat, mind megjelenési formájukat tekintve szerteágazóak. Sokszor egy közművállalat irattárában félrerakott, feledésbe merült vázlat jóval több hasznos információval szolgál a kutató számára, mint egy ötvenoldalas tanulmány. A témával kapcsolatban át kellett tekintenem a nem mindig tudományos igényű ismeretterjesztő irodalmat is, illetve az olyan tudományos cikkeket, amelyek látszólag nem függenek össze választott témámmal. Az egyik legnagyobb nehézséget az irodalom feldolgozása alkalmával a mérnöki tudományok és a természettudományok, legfőképp a geotechnika és a geológia terminus technicusa és vizsgálati módszere közötti különbségek áthidalása jelentette. Ezen adatok, eredmények együttes közlése a földtani és a vízföldtani kutatások más területein is új eredményekre vezethetnek. A tervezővállalatok iratkezelési, tervtárolási szokásai miatt anyagaikat elkülönítve rögzítettem az irodalomjegyzékben.

1.2.2. Helyszíni vizsgálatok

Vizsgálataimat alapvetően meghatározta az, hogy milyen céllal mentem ki a terepre. Egészen más lehetőségeim voltak akkor, amikor egyetemi doktoranduszként alapkutatót végeztem, mint amikor a FÖMTERV Rt. szakembereként egy konkrét tervezési probléma megoldása volt a feladatomban. Bejárásaim alkalmával számos helyszíni vázlatot, részlettérképet készítettem, s számtalan információt gyűjtöttem az őslakosok elbeszélései alapján. Részt vettem több tucat földtani szelvény leírásában és a tektonikai elemek mérésében.

- 1993 novemberétől 18 hónapon keresztül csapadékmérő műszert (ombrométer) üzemeltettem a Táncsics Mihály utca 5. számú ház padlásán. A berendezést az Országos Meteorológiai Szolgálat bocsátotta rendelkezésemre.
- 1993 májusától 1994 februárjáig a Debreceni Búvárklub szakembereivel részt vettem a barlangpincék kútjainak vizsgálatában. Ennek keretében feltártunk régen vizsgált kutakat (pl. Táncsics Mihály u. 15. alatti kút), próbaszivattyúzásokat és vízfestéseket végeztünk.
- 1994 áprilisától egy éven keresztül a barlangpincék 7 kútjában vízszintmérő műszert üzemeltettem. A mechanikus vízszintmérő órákat a Fővárosi Vízművek Rt. bocsátotta rendelkezésemre.
- 1993-tól 2000-ig a barlangpincék kútjaiból, a csepegő vizekből, a Várlejtő forrásaiból, a fakadó vizekből, és az Alagút víztelenítő vágataiból vízmintákat gyűjtöttem laboratóriumi vizsgálatokhoz.
- 1998 júniusától az Ariadne barlangászcsoport vezetőjével, Sásdi Lászlóval újra kezdtük a barlangi kutak vízszintmérését, valamint a vizek pH értékének, hőmérsékletének és vezetőképességének helyszíni meghatározását.
- 2000 januárjában ellenőrző magassági méréseket végeztünk a Labirintus déli részén (pince padlószint, kútkáva).
- 1996 és 1999 között a FÖMTERV Rt., tervezőjeként fúrásokat és feltárásokat (támfal alapfeltárások) készítettem a Lovas út, az Anjou bástya, a Hunyadi János út és a Várbazár térségében, s figyelemmel kísértem az I. kerületi talajvízszint-észlelő kutak vízmérését. Folyamatosan konzultáltam a Szent György téri régészeti ásatás vezetőjével (Magyar Károly) a terület vizesedési és esetleges talajmechanikai problémáiról.
- 1993 és 1996 között a Belügyminisztérium Országos Pinceprogramjának keretében részt vettem az I. kerületi Önkormányzat által szervezett, a közművek állapotától a támfalak állékonyságáig minden vári mélyépítési problémával foglalkozó szakmai értekezleten, helyszíni bejáráson.

1.2.3. Laboratóriumi vizsgálatok

A területen gyűjtött vízmintákat 1996-ig a BME Vízellátás és Csatornázás Tanszékének laboratóriumában vizsgálták (dr. Kollár György vezetésével, Perényi



1. ábra. A budai Várhegy áttekinthető térképe

Ágnes). A pH érték, vezetőképesség, oxigénfogyasztás, nátrium- és klórintartalom kívül a vízminták 27 oldott elem tartalmát vizsgálták.

1996-tól a FŐMTERV Rt. Talajmechanika Iroda Vegyészeti laboratóriumában történtek a vízvizsgálatok (Olasz Gézáné). Ez a laboratórium elsősorban az építéssel kapcsolatos (pl. agresszivitás) vízvizsgálatokra rendezkedett be, ezért a mintákat csak kevesebb kémiai paraméterre volt módomban megvizsgáltatni.

A talajmechanikai fúrások talajmintáit a FŐMTERV Rt. Talajmechanikai laboratóriumában vizsgálták, az engedélyezési és kivitelezési tervfázisoknak megfelelő szabványok (MSZ 1443/1-9) szerint.

A mélypincékből és a támfalak környezetéből vett kőzetminták kőzetfizikai és kőzetmechanikai vizsgálatai Dr. Gálos Miklós vezetésével a BME Mérnökgeológiai Tanszék laboratóriumában, az építési kőanyagok szabványelőírásai szerint készültek.

A kőzetek (agyag és márga) ásványi összetételének röntgendiffrakciós és derivatográfus vizsgálata Kocsányiné Kopecskó Katalin vezetésével szintén a BME Mérnökgeológiai Tanszékén történt. A vízföldtani tulajdonságok meghatározását a vonatkozó szakirodalom (KOVÁCS 1972) alapján végeztem.

1.2.4. Adatfeldolgozás, értelmezés

A területen található egyedi barlangokról, üregekről, valamint a Nagy Labirintusról számtalan térképváltozat forog közkézen. Azonban a polgári védelmi és hadi célokra is használt üregek miatt az adatok jelentős részét korábban titkosították, vagy eltüntették. Így a rendelkezésre álló térképek között nagy eltérések mutatkoznak. Több térkép felhasználásával készítettem azt az egész Várhegyet tartalmazó változatot, amelyet a vizek vizsgálatának bemutatására alkalmasnak tartok, azonban ez a változat térképészeti szempontból sok kívánnivalót hagy maga után (1. ábra).

Hasonló a helyzet a földtani metszetek esetében is, ahol szintén több munka magassági értékét „dolgoztam össze”.

Az adatok együttes vizsgálatával új, az eddigieknél pontosabb következtetéseket tudtam levonni.

1.3. Kutatástörténet

Az első általunk ismert leírást a Várhegy földtani felépítéséről (SZABÓ J. 1863, 1879) készítette, majd Schubert Ignác pincetérképezésének idején a Várhegyen talált pizolittlepről írtak tanulmányt (SCHAFARZIK 1882). Az első részletes geológiai és hidrogeológiai kutatást (SZONTAGH 1908, 1909) végezte a területen az Alagút víztelenítési munkáinak segítségével.

A harmincas években kezdődött meg a mélypincék feltárása, a még különálló üregek egy részének tárókkal való összekötése. Ebben az időszakban építették át a barlangpincék („törökpincék”, „sziklapincék”) egy részét óvóhellyé, más részeket

pedig idegenforgalmi bemutatásra tettek alkalmassá. „A fővárosi és a kerületi előjáróság 1935-ben a Magyar Barlangkutató Társulatra bízta a budavári barlangpincék feltárását, és az idegenforgalmi szervek bevonásával Várhegyi Bizottság alakult.” (BENE et al. 1998) Ezen munkálatokhoz kapcsolódva folyhatott a negyedidőszaki képződmények kutatása, elsősorban Kadič Ottokár révén, aki részletesen foglalkozott a pleisztocén kori leletekkel is (KADIČ 1933, 1934, 1937, 1939, 1942). A barlangfeltárások alkalmával előkerült gerincesleleteket is megvizsgálták (MOTTL 1942, 1943). A Várhegy keletkezésével is több kutató foglalkozott a két világháború között (KÉZ 1933; CHOLNOKY 1936; PAPP 1936; HORUSITZKY H. 1939), s 1938-ban létesült a máig legmélyebb fúrás a budai Vár területén, a hegy déli részén. A feltárás vezetője Horusitzky H. volt, aki az eredményeket tudományosan feldolgozta, s azokat Buda hidrogeológiájával foglalkozó tanulmányában közreadta.

A nyugati Várlejtő csúszásveszélyes területeinek vizsgálatát az 1936-ban bekövetkezett Logodi utcai lejtőmozgás tette időszerűvé (POSEWITZ 1936; HORUSITZKY H. 1937; SCHMIDT E. 1940). A korabeli szakemberek publikációi számos értékes hidrogeológiai és geotechnikai információval szolgálnak.

A II. világháború idején óvóhelyként, illetve német katonai bázisként működő Labirintusról – ekkor épült meg a Sziklakórház, valamint légvédelmi óvóhelyeket is kialakítottak elsősorban az akkor a Várban székelő minisztériumok apparátusának – és különálló üregekről az ötvenes évek végéig nem áll rendelkezésünkre újabb, tudományos értékű feljegyzés, azonban ebben az időszakban is jelentős átalakításokat végeztek a hegy gyomrában, amelyekhez komoly feltárások szükségeltettek. Ezekből az adatokból sajnos csak a térképezés eredményei maradtak fenn az utókor számára.

A Várnegyedben folyó mérnöki beruházások és felújítások (közút, út, támfal, üreg stb.) előkészítésével és tervezésével megalakulása (1950) óta a FŐMTERV Rt. (és jogelődjei) foglalkozik. A vállalat az elmúlt ötven évben több száz tervet készített a területre, ezeknek túlnyomó többségéhez talajmechanikai szakvélemény is készült. A Várhegyen mélyített talajmechanikai fúrások száma meghaladja az ezret. Ezeknek nagy részét a FŐMTERV Rt. és a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat (FTV) megbízásából készítették. Előbbi cég számos, a területre vonatkozó hidrologiai tárgyú tanulmányt is készített. Témám szempontjából a legfontosabb, tudományos igényű- és jelentőségű szakvélemények a következők:

Vízivárosi támfalak 1965; A Várhegy területén jelentkező vízelöntések okainak vizsgálatáról 1971; Műszaki leírás a budai Várlejtők részletes rendezési tervéhez – Szivárgók és fakadó vizek (források) szakvéleménye 1988; Tanulmány a csatornahálózat állapotáról 1993; Budapest csapadékvizszoynainak feldolgozása és értékelése 1994.

A Várhegy tektonikai viszonyairól fontos információk láttak napvilágot a Földalatti Vasút (2-es Metró) tervezésével kapcsolatosan (JÁRAI 1954; WEIN 1971).

A politikai okokból is visszafogott, csak kutatási céllal történő adatgyűjtés a hatvanas évek elején indulhatott újra, a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) szakembereinek részvételével. A majd húsz évig tartó kutatás a térség rétegtanától

(KORDOS 1969) az őslénytani vizsgálatokon át, a geomorfológiai viszonyokig részletes képet nyújtott a Várhegy földtanáról (KROLOPP et al. 1976).

A hetvenes években kezdtek intenzíven foglalkozni a budai Várhegyet borító édesvízi mészkő összlet keletkezésével (SCHEUER és SCHWEITZER 1971, 1972, 1973, 1974, 1980, 1987). Előbbi szerző a Magyar Karszt és Barlangkutató Társulat (MKBT) megbízásából elkészítette a barlangpincék geológiai állapotfelvételét (SCHEUER 1986), mely ebben a témában a legrészletesebb összefoglaló tanulmány.

Kifejezetten a Várbarlangok hidrológiájával a kilencvenes évek elejéig csak Kessler Hubert (1971) foglalkozott. Az ő kezdeti vizsgálatainak eredményeit etalonként kezelték, előtte csak néhány egyszeri mérés történt, miután a pincerendszer egy részét 1961-ben megnyitották a nagyközönség előtt, s a Szabó József Geológiai Technikum diákjai Barátosi József vezetésével földtani megfigyeléseket végeztek.

A Vár-barlangot az Országos Természetvédelmi Hivatal 1982-ben fokozottan védett természeti értékévé nyilvánította.

A nyolcvanas évek derekán egyre gyakrabban fordultak elő süllyedések és útbeszakadások, amelyek forgalomkorlátozásokat vontak maguk után. Ebben az időben készítette el a FÖMTERV Rt. azt a tanulmányt, melyben a Nagy Labirintus összes helyiségéről részletes leírást közöltek.

Az utóbbi évtizedben ismét nagy lendületet vett a Vár kutatása, miután a civil társadalom, és azon keresztül az Önkormányzat, ha nem is tulajdonosává, de jó gazdájává vált a mélypincéknek.

1992-től a barlangok helyreállítása fontos része lett az Országos Pinceprogramnak (NAGY 1994), amelyben addig főleg Eger és Pécs szerepelt kiemelt támogatottként. A Belügyminisztérium koordinálásával zajló program hatására az I. kerületi Önkormányzat is állandó bizottságot hozott létre, mely a veszélyelhárítási munkálatokat irányítja. Noha a pénzforrások kifejezetten a veszélyes állapotú üregek helyreállítására álltak rendelkezésre, mégis sikerült valamennyi pénzt az alapkutatások beindítására fordítani. Így születtek újabb átfogó vizsgálatok az édesvízi mészkövek közetfizikai, közetmechanikai tulajdonságairól (BME 1994), illetve a barlangi kutak vizeinek hidrológiai és kémiai tulajdonságairól (Debreceni Búvárklub 1994, 1996; HAJNAL 1993, 1995). Az OTKA támogatásával tucatnyi új geológiai szelvényleírás készült (TÖRÖK et al. 1998) addig feltáratlan részeken. A regionális kutatásoknál is nagyobb lendületet vettek a lokális vizsgálatok, amiket szomorú események kényszerítettek ki. Ilyen volt a Táncsics Mihály utcai beszakadás (BME 1994), a Tábor utcai támfalmozgás (BME 1996), a Szentháromság téri beszakadás (TÖRÖK et al. 1998).

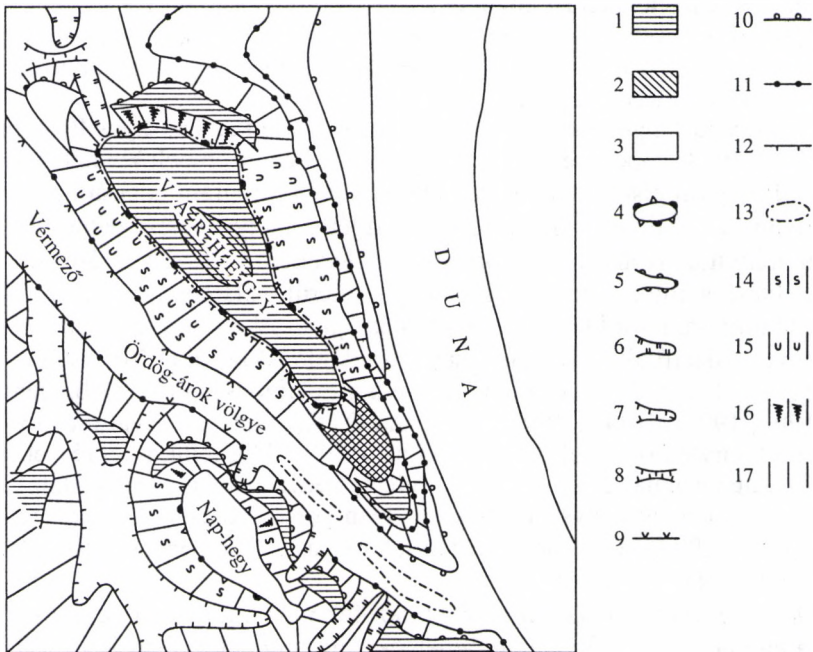
Az Esztergomi rondella kutatásával kezdték meg a korszerű geofizikai vizsgálatok alkalmazását a Várhegyen, amelyeket az üregekutatásban is igénybe vettek (PATTANTYÚS et al. 1997).

A levéltári kutatásokat a Budapesti Történeti Múzeum (BTM) szakemberei indították újra, melynek legfontosabb eredménye az 1880-as évekből fennmaradt levelezések és kutatások gyűjteményének előkerülése volt (RÉTINÉ 1994).

2. Földtan

2.1. Kialakulás, geomorfológiai helyzet

A Várhegy környezete a középső-pleisztocénben rögökre töredezett, völgyekkel felszabdalt hegységelőtéri térszín volt, amelynek legjelentősebb vízfolyása az Ördög-árok patak volt (KROLOPP et al. 1976). Közben a patak völgyében Máriaremetétől a Rózsadombig, majd a Várhegy helyén előtörtek a budai melegforrások, amelyeknek jelentős volt a mésztartalma, s belőlük édesvízi mészkő lerakódások



2.1. ábra. A budai Várhegy és környezetének geomorfológiai térképe (SCHWEITZER in KROLOPP et al. 1976 nyomán). *Jelmagyarázat:* 1. 152–160 m A.f. édesvízi mészkőszint; 2. 160–168 m A.f. édesvízi mészkőszint; 3. 142–152 m A.f. édesvízi mészkőszint; 4. Eróziós-deráziós sziget; 5. Deráziós terasz felszíne és pereme; 6. Erózióval átalakított deráziós völgy; 7. Eróziós völgy; 8. Domborzati nyereg; 9. Az Ördög-árok patak völgytalpa; 10. I. sz. magasártéri szint; 11. II. a., II. b., III. sz. teraszszintek pereme; 12. IV. sz. terasz pereme; 13. Feltöltődött medermaradványok; 14. Fosszilis csuszamlásos lejtő; 15. Recens csuszamlásos lejtő; 16. Fosszilis szolfukációs lejtő; 17. Stabil lejtő

jöttek létre. A terület jelentősen megemelkedett a Mindel végi szerkezeti mozgások következtében, a törésvonalak mentén újabb és újabb völgyek alakultak ki. A Duna bevágódásának hatására mélyebb szintre vágódott az Ördög-árok is. Ez a Várhegy területén jelentős eróziót okozott, nagy vastagságban pusztultak le a harmad- és negyedidőszaki üledékek. Az Ördög-árok a hegy északi részén átlagosan egy méter vastagságban lerakta üledékét, amelynek tengerszint feletti magassága 150 m A.f. (Adriai-tenger szintje feletti magasság) körüli (KÉZ 1933; KADIČ 1942; PÉCSI 1959). A pleisztocén közepétől az újholocénig a Nap-hegy és a Várhegy között húzódó ÉNy–DK-i irányú törésvonal mentén az Ördög-árok völgye is folytatva bevágódását. Így megkezdődött a Gellért-hegy – Nap-hegy és a Várhegy között lévő lejtős terület átvágása (2.1. ábra) (SCHWEITZER in KROLOPP et al. 1976).

A Várhegy típusos folyami teraszsziget, K-i, DK-i részét a Duna meredek völgyoldala, Ny-i, DNy-i, valamint D-i oldalát az Ördög-árok határolja és különíti el a Budai-hegység szomszédos, fiatal üledékekkel fedett rögeitől (Rózsadomb, Martinovics-hegy, Nap-hegy, Sas-hegy) és a sasbércszerű Gellért-hegytől (KROLOPP et al. 1976; SCHEUER 1986).

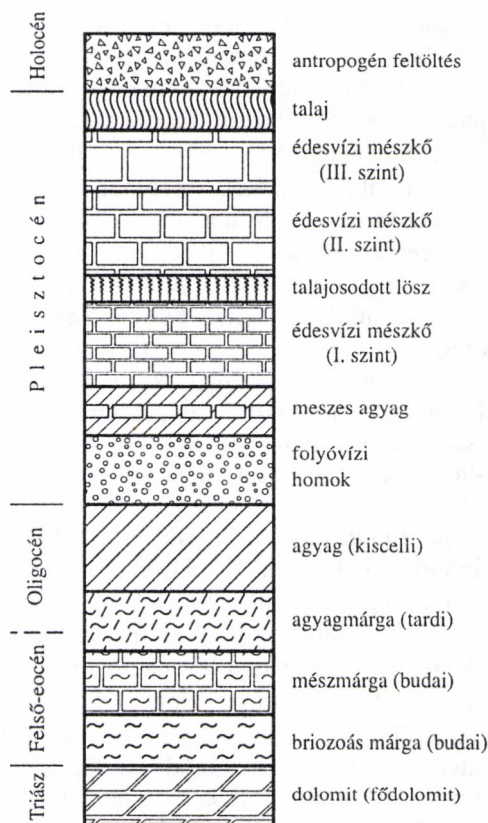
A Várhegy fennsíkját 405 000 m²-re (FŐMTERV 1993), oldalainak, illetve lejtőinek felszínét mintegy 750 000 m²-re (FŐMTERV 1988) becsülik. A Plató hossz tengelye 1500 m, a hegy teljes hossza 2000 m. A Plató szélessége 450 m és 120 m között változik. A csuszamlással, derázióval átformált eróziós teraszsziget 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 Ördög-árok fokozatos mélyülését. A pleisztocén kéregmozgások alakították ki a sasbércet, illetve ekkor rakódott le a kavicsos homok és édesvízi mészkő.

2.2. Földtani felépítés

2.2.1. Triász alaphegység

A Várhegy DK-i végén 1938-ban mélyítették az úgynevezett Várkerti termálkutató (HORUSITZKY H. 1939), amely mindmáig a legtöbb információval szolgál a hegy rétegtani, földtani felépítéséről (2.2. ábra).

A 261 m-es mélyfúrás 238 m mélységben érte el a felső-triász dolomitot, amiből a közeli Gellért-hegy fő tömege is áll. Így bebizonyosodott, hogy a harmadidőszaki képződmények fekvőjét a területen ismert legidősebb kőzetfelelés, a hévíztározó és -vezető felső-triász dolomit alkotja (SCHEUER 1986) (2.2. ábra).



2.2. ábra. A budai Várhegy rétegsora (HORUSITZKY 1939 és TÖRÖK et al. 1988 nyomán; Ezek a kőzetjelölések érvényesek a további földtani ábrákon is)

2.2.2. Eocén

Budai Márga Formáció

Településviszonyok

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

A Várkerti fúrásban a kb. 2,0 m vastag feltöltés alatt 208,7 m-ig a Várhegy fő kőzetkifejlődését képező felső-eocén–alsó-oligocén budai márgát tártak fel. Az Alagút építésekor is ezzel a kőzettel találtak az építmény teljes hosszában (SZONTAGH 1908).

A formáció alsó tagját a Várkerti fúrás 211 m-től 238 m-ig harántolta, amely briozoákban gazdag (briozoás márga), és alsó része erősen elkovásodott. Jelentős

tektonikai törésvonal létezését bizonyítja, hogy a briozoás márga és a triász dolomit között hiányzik a Budai-hegységre oly jellemző Szépvölgyi Mészke Formáció (SCHEUER 1986).

A budai márga a Budai-hegység egyik legelterjedtebb kőzete, megtalálható a Gellért-hegyen, Martinovics-hegyen, János-hegyen, Csiki-hegyeken, a budaörsi hegyeken, Zugligetben, Hárs-hegyen, Budakeszin, Gugger-hegyen, Mátyás-hegyen, Hármashatár-hegyen, Solymár környékén, Nagykovácsi környékén, a Rózsadomb területén, s a Sas-hegyen (BME 1985). Ez az üledékes kőzet sok vitát váltott ki a geológusok körében. Kérdéses volt keletkezési ideje, a briozoás rétegekkel való kapcsolata, valamint a kiscelli agyaghoz való viszonya (SZTRÓKAY 1932; DUDICH 1957).

A budai márga a Várlejtőkön a felszínen is megjelenik, a keleti oldalon a Szalag utcáig, a nyugati oldalon a Korlát utca vonaláig jól nyomozható (SCHEUER 1986). Több száz fúrásszelvény áttanulmányozása alapján térképen (1. számú melléklet) jelöltem azoknak a fúrásoknak a helyét, amelyekben budai márgát harántoltak. A hegy platóján több különálló üregben és a Nagy Labirintusban is megtalálható, főleg a nyugati oldalon. A fúrások a Dísz téren, a Szentháromság téren, az Országház utcában és az Űri utcában több helyen is feltárták.

Litológiai jellemzők

Az Alagút építésekor Szabó J. és Wagner vizsgálta részletesen a Várhegy fő tömegét adó képződményt (SZABÓ 1879). Leírásuk szerint a budai márga eredeti állapotában kékesszürke, elmállva sárgásszürke színű, törése földes, kissé kagylós. Felülete érdes tapintású. Alkotórészei általában: karbonát, timföld-hidroszilikát, homok, amihez gyakran „fekete csillám” is csatlakozik (SZABÓ 1879; SZONTAGH 1908; SZTRÓKAY 1932). A Várhegyen agyagos mészt, meszes homok és homokos agyag váltják egymást a budai márga alkotóiként. Levegő hatására ez az anyag erősen mállik, vízben pedig szétesik.

A márga elnevezés a műszaki kőzettan szerint olyan kőzetet jelent, amelyben a mészanyag mellett jelentős mennyiségben van jelen az agyag is. Az előfordulásokban a márgának három változatát tarták fel. A keményebb mészmárgától megkülönböztetjük a néhol földes jellegű márgát, valamint a kisebb mésztartalmú márgák mállásából származó agyagmárgát (2.1. táblázat) (BME 1985).

2.1. táblázat. A budai márga csoportosítása mész- és agyagtartalom szerint

CaCO ₃ %	Agyag %	Kőzetnév
80–60	20–40	mészmárga
60–40	40–60	márga
40–20	60–80	agyagmárga

2.2. táblázat. A budai márga ásványos összetétele (BME 1993-b)
(adatok százalékban kifejezve)

	Illit	Montmorillonit	Kvarc	Plagioklász	Kálic földpát	Kalcit	Klorit	Goethit
Úri utca 6. (4 minta)								
11	–		8	–	–	64	–	–
14	2		13	–	–	58	–	–
13–17	2		5	–	1	68	–	–
17	3		8	1	–	62	–	–
Dísz tér 13. (4 minta)								
16	16		–	–	–	62	1	3
9	11		–	–	–	61	2	–
25	2		–	–	–	76	3	–
9	12		–	–	–	68	1	–

A Budai-hegység 11 lelőhelyéről begyűjtött mintákon végzett kísérletekből kiderült, hogy sósav hatására az átlagos súlycsökkenés $m = 64,64\%$, a Várhegyen pedig $m = 73,7\%$ volt (SZTRÓKAY 1932).

Meghatározták a minták ásványi összetételét is. A színesásványok súlyszázaléka igen alacsony volt: 1,2%. Átlagban 0,1–0,5 mm átmérőjű kvarcsemeket tartalmazott a minta. A csillám üde muszkovitból és mállott biotitból állt. Az Alagút tárójából vett mintában glaukonitot is felfedeztek. A földpátok csak kis mennyiségben fordultak elő, a plagioklászok igen mállottak voltak. Viszonylag gyakran fordult elő gránát, pirit és limonit a mintákban (SZTRÓKAY 1932).

Ezután csak a kilencvenes években készültek újabb vizsgálatok a budai márga ásványos összetételének meghatározására. Két mélypincéből vettek mintákat, amelyeken RTG és DTG vizsgálatokat végeztek (2.2. táblázat) (BME 1993-b).

A közettani változatok mindhárom formája előfordul a Várhegyen. Az alsó összletrész nagy mésztartalmú, a felső-eocén mészkőből fejlődött ki, ezért karsztosodásra, üregképződésre alkalmas. A középső szakasz jól rétegzett, pados kifejlődésű, kötött. A felső szakasz nagy agyagtartalmával átmenetet képez az úgynevezett tardi agyag kifejlődéshez (SCHEUER 1986). A geotechnika nevezéktana szerint agyagnak kellene hívni, mert anyaga plasztikus indexszel jellemezhető. Magas CaCO_3 tartalma miatt azonban agyagmárgának hívjuk (FŐMTERV 1965). Az általam vizsgált területeken ugyanezzel a jelenséggel találkoztam a Csónak utca térségében, az Anjou bástyánál és a Várbazár környékén is (HAJNAL/FŐMTERV 1997, 1998a, 1998b).

A lejtőkön előforduló mállott, sárgás színű márgát, mely az előbb bemutatott felső szinthez (agyag) áll a legközelebb a kőzet/talajfizikai jellemzők szerint megkülönböztethetjük a mélyebben fekvő sötét agyagmárgától (2.3. táblázat).

Az Úri utca 6. számú ház mélypincéjéből vett sárgásbarna budai márga talajfizikai jellemzői lényegesen eltérnek a lejtőn vett mintákétól ($I_p = 16\text{--}19\%$, $I_c = 0,4\text{--}0,6$.)]

2.3. táblázat. A budai márga talajfizikai jellemzői
(FÖMTERV 1965 és PAÁL T. 1976 nyomán)

	I_p (%)	I_c	c	Testsűrűség (kg/m^3)	C (kN/m^2)	Φ (fok)
Sárga (foltos)	23–30	1,0–1,4	0,5–0,65	2000–2200	7–20	15–20
Szürke	26–32	1,1–1,5	0,4–0,6	2100–2300	10–22	18–22
Átlag	31,3	1,24	0,63	2050	11	18

Több mint 50 talajminta fizikai jellemzői alapján meghatároztam a budai márga átlagos talajfizikai jellemzőit. Ezeket a mintákat a FÖMTERV Talajmechanikai Laboratóriumában vizsgálták, s valamennyi a Várhegy K-i lejtőjéről származott. Paál T. gyűjtötte össze a Budán 1975-ig létesített fúrások adatait, amelyeket matematikai-statisztikai módszerekkel vizsgált (PAÁL 1974; 1975; 1976). Az ő kézírataiból gyűjthettem ki a Várhegyre vonatkozó adatokat (2.4. táblázat). A nyugati oldalról csak kevés márgának nevezett minta állt rendelkezésre, aminek az lehet a magyarázata, hogy ott jóval mállottabb formában van jelen ez az anyag, s a fűrőmesterek agyagnak írták le esetlegesen az agyagmárgát is.

2.4. táblázat. A budai márga talajfizikai jellemzői a K-i lejtő felső zónájából vett talajminták alapján (PAÁL T. 1976 nyomán)

	W_i (%)	I_p (%)	I_c	c	ρ (kg/m^3)	Φ (fok)	C (kN/m^2)
Minimum	39	16	0,83	0,33	1830	8	4
Maximum	71	40	1,48	0,94	2320	30	19,5
Átlag	55	29	1,20	0,65	2050	–	–

A szilárd kötőanyagoktól megfosztott mintákon újabb vizsgálatokat végeztek, s meghatározták a márga szemeloszlását (2.5. táblázat).

A minták közül a Várhegy anyaga a durvább mechanikai összetételűek közé tartozott (SZTRÓKAY 1932).

2.5. táblázat. A budai márga szemeloszlása (SZTRÓKAY 1932 nyomán)

Lelőhely	Frakció határok mm-ben				
	0,00–0,002	0,002–0,02	0,02–0,05	0,05–0,20	0,20–0,50
Várhegy	42,50	28,05	15,10	12,35	2,10
11 budai minta középértéke	53,13	32,94	7,40	5,49	1,03

2.2.3. Oligocén

A korábbi feltevésekkel ellentétben nem csak a budai márga alkotja a Várhegy fő tömegét. A következő földtani egység az oligocén *Tardi Agyag Formáció*, melyet a rétegsorban a szintén oligocén korú *Kiscelli Agyag Formáció* követ, amelynek meglétét fauna vizsgálatok igazolták (SCHEUER 1986).

Településviszonyok

Az agyag mindkét típusa a hegy É-i, ÉK-i részén található meg. A negyedidőszak előtti intenzív szerkezeti mozgások következtében a különböző korú képződmények egymás mellé kerültek, így a kiscelli agyag a budai márgával egy ÉÉK–DDNy-i csapású tektonikai sík mentén érintkezik.

A Várhegy É-i részén, közvetlenül a negyedidőszaki képződmények alatt alsó-oligocén vízzáró agyagos képződmények is előfordulnak. Az Anjou bástya alatt alsó-oligocén tardi agyagot tártak fel (SCHEUER 1986), aminek a területen való jelenléte a 2-es Metrő tervezéséhez készített vizsgálatoknál is bebizonyosodott (WEIN 1971). A K-i Várlejtőn a Schulek lépcsőnél és a Szabó Ilonka utca feletti részen is megfigyelték ezt a képződményt (SCHEUER 1986).

A hegy É-i, ÉK-i részén sikerült faunával igazolhatóan bizonyítani a kiscelli agyag jelenlétét, mely a szerkezeti mozgások következtében került a felső-eocén budai márga mellé. E két réteg a Szalag utca – Mátyás templom – Kapisztrán tér – Anjou bástya irányában nyomozható szerkezeti vonal mentén érintkezik egymással. Kiscelli agyag képezi a fekvőt a Bécsi kapu környezetében is (SCHEUER 1986). Az általam megvizsgált fúrászelvények alapján, térképen jelöltem az agyagok előfordulási helyeit (*1. számú melléklet*).

Az oligocén agyagrétegek vastagsága változó, a lejtőkön több 10 m-t is elérhet (Lovas út – HAJNAL/FŐMTERV 1997), a Platón maximum 5–10 m vastag lehet (HORUSITZKY 1939).

Az agyagrétegek fekéje budai márga, fedője a lejtőkön lejtőtörmelék és feltöltés, a Platón völgytalpi üledék.

Lejtőn az Anjou bástya alatt, a Platón pedig a Hilton szállónál leírt szelvények tekinthetők tipikusnak.

Litológiai jellemzők

A tardi agyag sötétszürke mikrorétegzett agyagos kőzetliszt, a kiscelli agyag világosszürke agyagmárgás megjelenésű. Külön a Várhegyen található agyagokra nem áll rendelkezésre ásványtani vizsgálat. Nagy számú mintán készítették agyagászvány vizsgálatot Buda egész területéről vett agyagmintákon (PAÁL 1976). Ennek kiscelli agyagra vonatkozó eredményei a következők: montmorillonit 5–14%, kaolinit 35–54%, illit 37–48%.

2.6. táblázat. A kiscelli agyag talajfizikai jellemzői a lejtők alsó zónájából vett talajminták alapján (FŐMTERV Rt. fúrásmintái alapján, PAÁL T. 1976 nyomán)

Helyszín		W _i (%)	W _p (%)	I _p (%)	w (%)	I _c	c	ρ (kg/m ³)	Φ (fok)	C (kN/m ²)
É-i lejtő	minimum	53	23,5	31,5	22	1,03	0,67	1960	–	–
	maximum	63	27,2	36,5	–	1,20	0,79	2040	–	–
	átlag	60	25,8	34,7	–	1,10	0,73	1990	–	–
K-i lejtő	minimum	40	–	19,0	–	0,93	0,39	1890	10	4,9
	maximum	72	–	47,0	–	1,42	0,90	2280	22	27,0
	átlag	57	–	32,0	–	1,11	0,63	2080	16	14,0

Az agyagok korát fauna vizsgálatokkal meghatározták (SCHEUER 1986), annak eredményei azonban nem lelhetők fel.

A talajfizikai adatokat a fent említett Paál-féle kézirat alapján dolgoztam fel (2.6. táblázat).

Elképzelhető, hogy a K-i lejtőn előforduló sárga, sárgásbarna kiscelli agyagnak vélt anyag a budai márga mállott változata. A területre eső 6 db fúrásból, és 4 db feltárásból vett mintákon végzett öslényntani vizsgálatok ezt látszanak bizonyítani (FŐMTERV 1965), csakúgy, mint a nagy mennyiségű minta talajfizikai paramétereinek hasonló átlagértékei is.

A harmadidőszak fiatal közeteinek nincs nyoma a területen, valószínűsíthetően a miocén és a pannon rétegek lepusztultak (SCHEUER 1986).

2.2.4. Negyedidőszaki képződmények

A hosszú szárazulati és lepusztulási időszak után a pleisztocénben indult meg a következő üledékképződési folyamat, amely meghatározta a mai állapot kialakulását. Változatos, genetikailag erősen eltérő üledékek halmozódtak fel és pusztultak le, továbbá kiemelkedések és süllyedések történtek a szerkezeti mozgások következtében (SCHEUER 1986).

Folyóvízi üledék

Településviszonyok

A polgárvárosi területen (Dísz tértől északra, a Várfalon belül) a harmadidőszaki összlet fedője folyóvízi hordalék, mintegy 0,5–1,5 m vastagságban összefüggő elterjedésű a görgeteges kavics, homokos kavics és agyagos kavics lerakódás. (Saját kutatásaim szerint csak a Polgárváros északi részén található meg az Ördögárok terasz kavicsa.) A Dísz tértől D-re a durva törmelék helyett meszes agyag található.

A folyóvízi hordalék ásvány – és közettani vizsgálata alapján nyert megállapítást, hogy ezek nem a Duna teraszüledékei, ahogy eredetileg a folyó IV. számú, fellegvári teraszának leírták (KADIČ, KÉZ 1933), hanem az Ördög-árok lerakódása nyomán keletkeztek (KROLOPP et al. 1976; SCHEUER 1986).

Az Ördög-árok hordalékanyagai számos pincében és fúrásban előfordultak, így a Táncsics Mihály utca 5., 24., az Országház u. 6., az Úri u. 32., 72. számú házak alatt, a Petermann bíró utcai és a Hilton szálló alatti pincékben, továbbá a Nagy Labirintus több részén is (SCHEUER 1986; TÖRÖK et al. 1998).

A Fortuna utca 21. számú ház alatti mélypincében található kút tisztítása közben találtak még folyóvízi kavicsot (Debreceni Búvárklub 1994).

Több tanulmány és földtani metszet az egész Plató területén feltételezi a homokos kavics jelenlétét (kivéve KROLOPP et al. 1976 és HORUSITZKY 1938). Az összes fúrásadatot, feltárást és kutat megvizsgáltam, s megállapítottam, hogy az Úri utca 32. számú ház alatti pincében talált folyóvízi üledék a legdélebbi, azaz csak a Szentháromság tértől északra fordul elő az Ördög-árok üledéke, ami a kutak vizadóképessége szempontjából rendkívül fontos.

Az Ördög-árok fiatalabb teraszai, II/b.–II./a. és I. terasz a Várhegy Ny-i oldalán a Várlejtőn jelennek meg, ami az Attila úti és Logodí utcai házak alapozásakor volt nyomozható, ugyanakkor a K-i oldalon a II/b. és annál fiatalabb Duna-terasz meglétét is sikerült bizonyítani (SCHEUER 1986).

Az eddigiekből kitűnik, hogy a folyóvízi üledék keletkezésével (dunai, vagy ördög-árki), illetve elterjedésével kapcsolatban is eltérő elképzelések láttak napvilágot. Feldolgoztam a régészeti kutatások földtani vonatkozású eredményeit (TARJÁNYI 1964) a Polgárváros területére. Térképen ábrázoltam (2. számú melléklet) azokat a területeket, ahol nagyobb mennyiségben kavicsot találtak a régészek. Látható, hogy a Dísz tér környékén éppúgy előfordul ez a kavics, mint a Petermann bíró utca környékén. Mindegyik részen a középkori utak anyagát tárták fel, amelyek Duna-kavicsból készültek. Az évszázadok alatt az útmaradványok kavicsanyaga is lejuthatott a repedéseken át egyes pincékbe, s ezt, mint dunai üledéket azonosíthatták.

A folyóvízi összlet fedőjében, vagy annak helyén völgytalpi összlet található. Legjellemzőbb anyagai az iszap és az agyag, homok és görgetett mészkő beágyazódásokkal.

A Táncsics Mihály utca 24. számú ház alatti mélypincéből vett minta elemzése a legrészletesebb (TÖRÖK et al. 1998) a birtokomban lévők közül. A legvastagabb, 2 m-es szelvényt a Hilton szálló alatt találták (KROLOPP et al. 1976).

Az Úri utca 72. számú ház pincéjében a kavicsos üledékből vett mintából származó kova-szilánkokat a vértesszöllösi lelettel azonosították, és Buda-ípar néven írták le (VÉRTES 1965). A leletekből arra következtettek, hogy a Várhegy területén előember élt a pleisztocén korban.

Litológiai jellemzők

A kavicsanyag főleg triász mészkő, hárshegyi homokkő kavicsokból és görgetegekből áll – csak kisebb részben tartalmaz kvarc és kvarcit kavicsot –, amelynek egy része közepesen, másik része pedig gyengén görgetett (SCHEUER 1986). Ebből is a rövid szállítási távolságra lehet következtetni. Az ásványtani vizsgálatok azt is kimutatták, hogy az opak ásványok részaránya jelentős, míg az amfibol és a hiperstén ásványok hiányoznak (2.7. és 2.8. táblázat).

2.7. táblázat. A homok frakció nehézásvány összetétele (%)

Ásványok	Tácsics Mihály u. 24. (BME 1993-f)	Tácsics Mihály u. 5. (KROLOPP et al.)
Biotit	–	0,7
Gránát	24,51	23,1
Piroxén	1,96	0,7
Cirkon	3,43	–
Turmalin	1,96	1,1
Ilmenit	3,43	63,8
Spinell	16,67	–
Klorit	0,98	1,1
Pirit	1,96	1,1
Rutil	0,49	–
Limonit	44,61	–
Mállott ásvány	–	6,2

2.8. táblázat. A homok frakció könnyűásvány összetétele (%)

Ásványok	Tácsics Mihály u. 24. (BME 1993-f)
Kalcit	51
Kvarc	18
Illit	14
Kaolinit	8
Egyéb agyagásvány	4
Plagioklász	1
Maradék	4

Ez utóbbiak pedig a dunai eredetű teraszok jellegzetes ásványai. Az Ördög-árok vízgyűjtő területére jellemző kőzetfélések és ásványok viszont egyértelműen kimutathatóak.

A Tánacsics Mihály utca 24. számú ház alatti mélypincében a homokos kavics réteg összetevői között volt mészkő, hárshegyi homokkő, márga, dolomit, kvarc-kvarcit kavics is. A kavicsok maximális mérete 12 cm körül mozgott, a cementáció hatására 20 cm-es karbonátos aggregátumok is kialakultak. A kavicsok többsége kissé kerekített, lapos (BME 1993-f.). A kavicsok több helyen irányítottak, az általános rétegzettségétől közel 30 fokban térnek el.

A Lovas úton, az Anjou bástya alatt mélyített fúrás a legfelső 1,6 m-en harántolt homokos kavics és kavicsos homok réteget, aminek vizsgáltuk a fizikai paramétereit (HAJNAL/FÖMTERV 1997) (2.9. táblázat).

2.9. táblázat. A kavics talajfizikai jellemzői (FÖMTERV 1997)

Kavics (%)	Homok (%)	Homokliszt (%)	Iszap+agyag (%)	k (cm/s)	ρ (kg/m ³)	Φ	Es (Mn/m ²)
28–63	18–36	10–20	7–16	4×10^{-3}	1900	32	30

Édesvízi mészkő

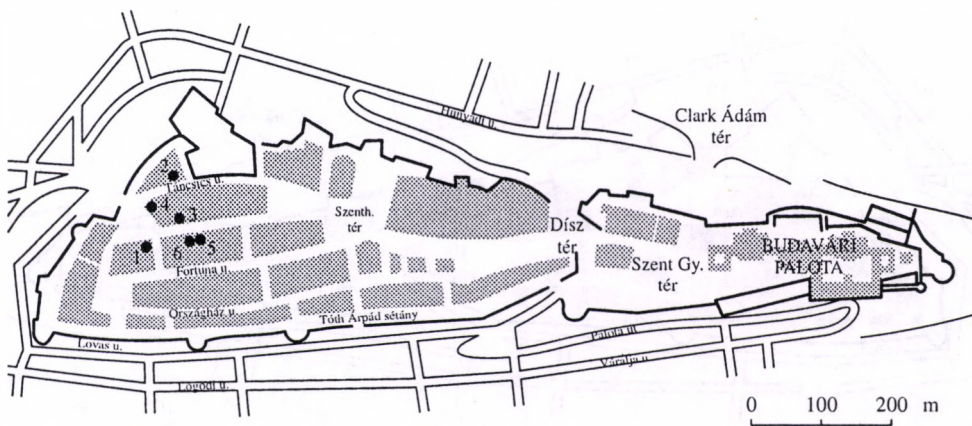
Az Ördög-árok bevágódása és eróziós tevékenysége, valamint a tektonikai mozgások miatt indult meg a területen a hévforrások működése. Az első időben az árterületen mészsizapos, agyagos üledékek keletkeztek, majd mikor a folyó már árvi-zek idején sem tudta elönteni a források területét, megindult a Várhegyet sapkaként borító édesvízi mészkő lerakódása.

Településviszonyok

A felső-pliocéntől törtek fel a melegforrások a Budai-hegységben, és sok helyen édesvízi mészkövet raktak le, ezeknek a sorába tartozik a várhegyi előfordulás is. Az édesvízi mészkő az egész Plató területén megtalálható. A mészkőösszlet két egymástól jól elkülöníthető szakaszra osztható. Határát a Dísz térnél húzták meg (KROLOPP et al. 1976), ám az újabb vizsgálatok kimutatták, hogy az addig É-i kifejlődésének vélt terület is két részre osztható, a Bécsi kapu tértől a Szentháromság térig (2.3. ábra), valamint az utóbbtól a Szent György térig (2.4. ábra) (TÖRÖK et al. 1998).

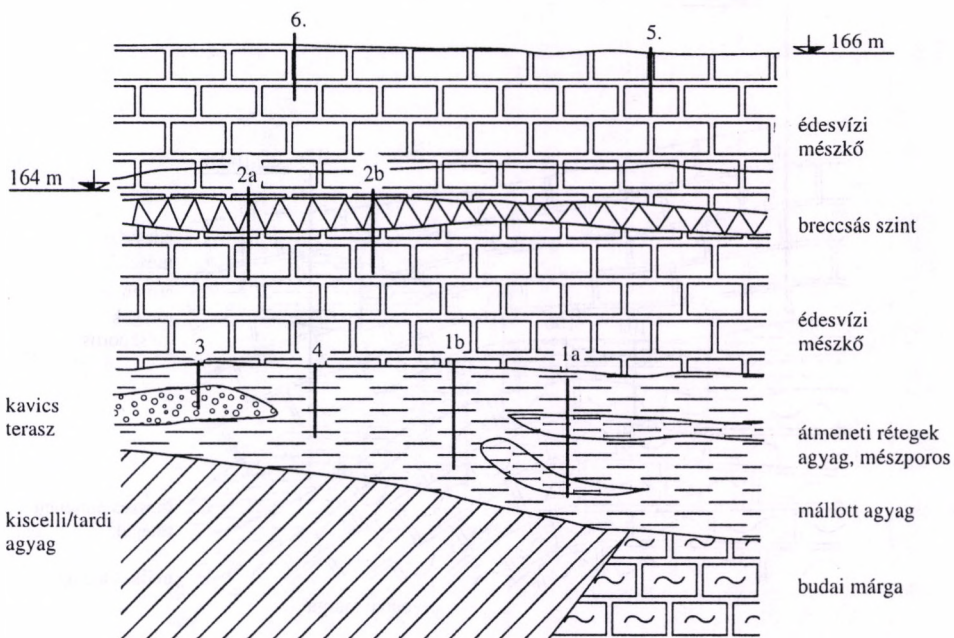
Az első területen egységesebb a mészkő, míg a délebbi előfordulásnál lencsés mészsizap betelepülések jelennek meg, és a csigás és a fitotermás szintek is itt a gyakoribbak. Az északi részen egy breccsás vezérszint található, amelynek egy zöld agyagos betelepülés a déli megfelelője (TÖRÖK et al. 1998).

A kőzet felszíne tengerszint feletti legnagyobb magasságát a Szentháromság tér környékén éri el, onnan északra és délre egyaránt lejt, s átmegy egy átlagosan

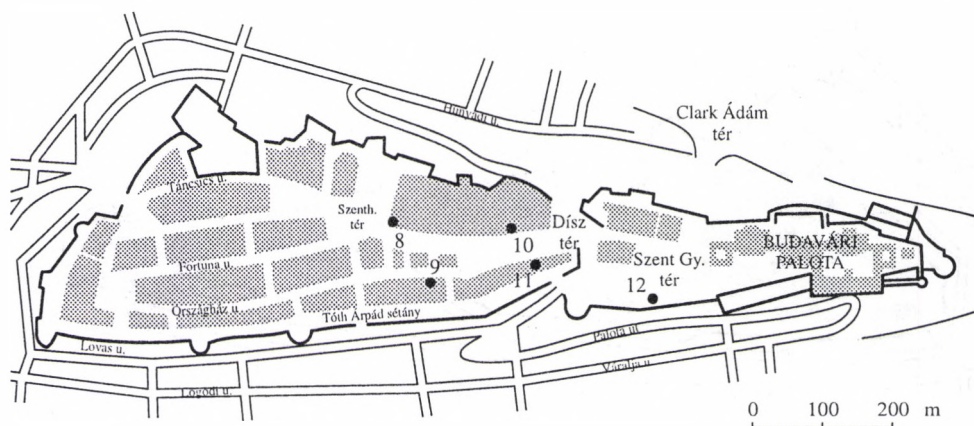


A szelvényeken bemutatott feltárások helyét a térképen fekete körök jelölik

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Bécsi kapu tér 8. (2 szelvény) | 4. Tánácsics M. u. 28. (1 szelvény) |
| 2. Tánácsics M. u. 17–21. (2 szelvény) | 5. Fortuna u. 8. (1 szelvény) |
| 3. Tánácsics M. u. 24. (1 szelvény) | 6. Fortuna u. 10. (1 szelvény) |

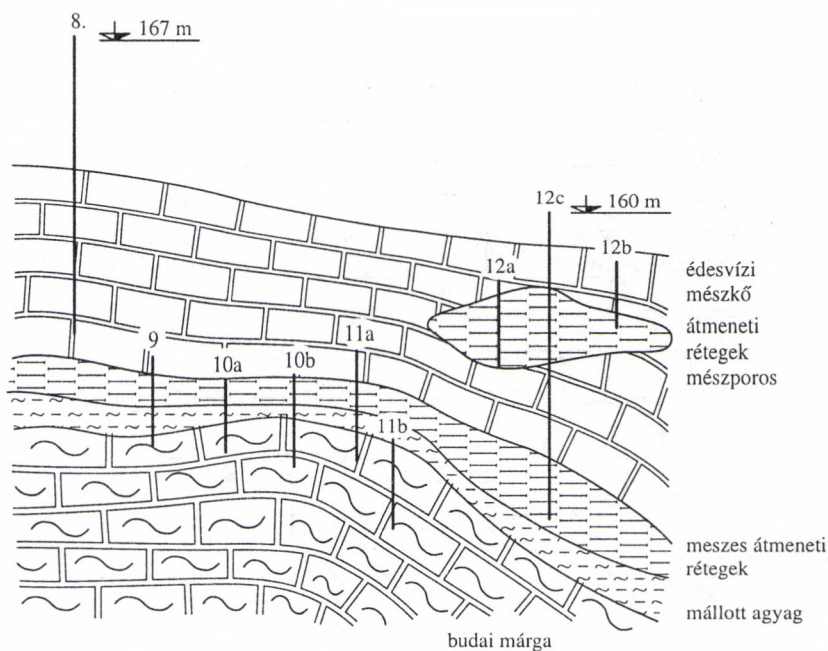


2.3. ábra. A budai Várhegy É-i részének szelvény-korrelációja
(TÖRÖK et al. 1998 nyomán)



A szelvényeken bemutatott feltárások helyét a térképen fekete körök jelölik

- | | |
|--|---|
| 8. Szentháromság tér akna (1 szelvény) | 11. Díz tér 13. (2 szelvény) |
| 9. Úri u. 6. (1 szelvény) | 12. Szent György tér, ásátások (3 szelvény) |
| 10. Díz tér 4. (2 szelvény) | |



2.4. ábra. A budai Várhegy D-i részének szelvény-korrelációja
(TÖRÖK et al. 1998 nyomán)

10 m-rel mélyebbi szintre (160–164 m A.f.), amihez a Palota területén egy még 10 m-rel mélyebb mészkőfelszín csatlakozik (DÉNES 1975).

A Budai-hegységben az eddigi vizsgálatok szerint 10 édesvízi mészkőszint mutatható ki, amelyből a polgárvárosi a 4. szintbe tartozik, míg a Szent György tértől délre található kifejlődés a 3. szintet képviseli (SCHEUER 1986). (Ugyancsak a 4. szintbe tartozik a Kiscelli Kastély környezetében található mészkő kifejlődés is, melynek vízföldtani tulajdonságait összevetettem a várhegyi mészkőével.)

A Várlejtő K-i, DK-i részén, több helyen forrásvízi mészkőtömbök láthatóak (Halászbástya D-i lépcsőjénél, Ponty utca 1., Szalag utca 6., Francia Intézet alatt, Corvin tér, Moszkva tér felett), amelyek a hegy kiemelkedésekor csúszhattak le a fokozottan összetöredezett mészkőpaplan pereméről.

Az édesvízi mészkő vastagságát a szakirodalom átlagosan 10 m-re teszi (CHOLNOKY 1937; KERÉKES 1940; KROLOPP et al. 1976; FŐMTERV 1993) legnagyobb vastagságát a Szentháromság tér környékén éri el 13–15 m-rel. Az általam feldolgozott adatok szerint az átlagos vastagság 5 m körüli, és a Szentháromság tér környezetében is csak 10 m-es a legnagyobb vastagság.

A Platón mélyített fúrások legtöbbször elakadt a mészkő felszínén, így ezekből megállapítottam a feltöltés vastagságát. Az óvóhelyek nyilvántartására pedig helyiségenként rögzítették a fötte fölötti takarást. Ezek együttes ábrázolásával készítettem két metszetet (2.5. ábra), amelyekből a mészkő vastagsága megállapítható.

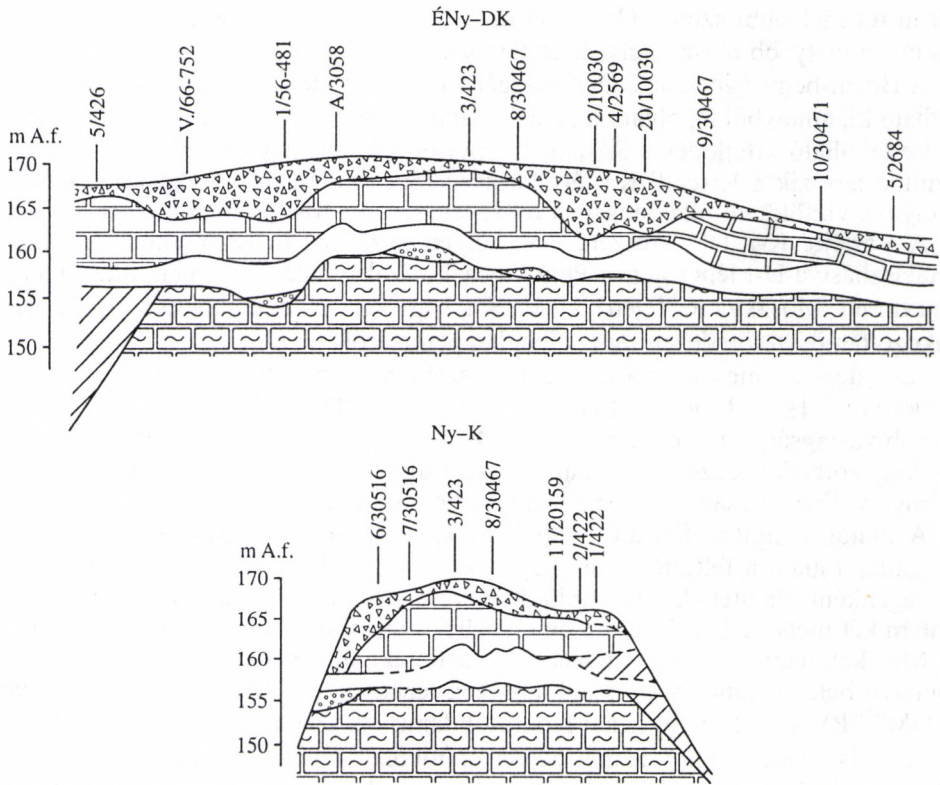
Meg kell jegyezni, hogy a kőzet felszíne rendkívül egyenetlen, néhány négyzetméteren belül is több méteres különbségek lehetnek, pl. Tárnok utcai iskola alatt (FŐMTERV 1965). A régészeti feltárások tanúsága szerint a felszín változékonyságát az is előidézi, hogy számos helyen építőkönek fejtették a mészkövet, tehát az általam készített metszetek csak elvi vázlatoknak tekinthetők. Ezzel szemben a Plató déli részén, ahol sokáig azt feltételezték, hogy nem jelenik meg az édesvízi mészkő, gyakran a 8–10 m-es vastagságot is eléri a mészkőpaplan, amit Dénes Gy. (1975) kutatásai is igazoltak.

A mészkő feküjét mindkét területen tavi jellegű agyag és mésziszap képezi, közvetlenül a mészkő alatt általában egy változó vastagságú, barna talajos zóna található, amely egy szárazföldi periódust jelez a képződésben (TÖRÖK et al. 1998). A mészkőre helyenként lösz települt, a legáltalánosabban a mészkő fedőrétegét az antropogén feltöltés képezi. Ennek vastagsága igen változó.

Litológiai jellemzők

Az édesvízi mészkő fehér vagy szürkésfehér, illetve szennyesárga és világosszürke színű, általában kristályos szerkezetű. Néhol pados, vagy vékonyrétegzett, de megfigyelhetők tömör rétegzetlen szakaszok is (pl. Úri utca 6. alatt). Gyakoriak a mésziszapos kifejlődésű részek is. A kialakulásra a közel párhuzamos rétegződés a jellemző.

A Halászbástya közeléből vett mintát vizsgálták meg ásványtani összetétel szempontjából (VITÁLIS GY.–HEGYI I.-NÉ 1982) (2.10. táblázat).



2.5. ábra. Vázlatos földtani szelvény (A metszetek nyomvonalát 2-es számú mellékleten látható.)

A botanikai vizsgálatok alapján a mészkő alsó szakasza atlantikus, csapadékos és hűvös éghajlat alatt képződött, a felsőbb részekre kontinentálisabb éghajlat a jellemző (SKOFLEK in KROLOPP et al. 1976).

A molluszka-fauna megjelenése szerint az édesvízi mészkövet lerakó források 30–35 fokosak lehettek. A csigafauna meleg, száraz éghajlatot jelez, a D-i rész mészköve keletkezhetett csak enyhe, csapadékos klímában (KROLOPP et al. 1976).

A mészkő lazább anyagából előkerült aprógerincesek szerint a kőzet a középső-pleisztocénben keletkezett (JÁNOSSY in KROLOPP et al. 1976). Akár a kavicsban, a

2.10. táblázat. Az édesvízi mészkő ásványtani összetétele (VITÁLIS GY.–HEGYI I.-NÉ 1982)

Izzítási vesztéség (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	SO ₃ (%)
43,33	0,27	0,23	0,07	55,5	0,1	0,01	0,07	0,43

mésziszapban is találtak megmunkáltkán tűnő kvarcshilánkokat, illetve a Nagy Labirintus területén a főtében egy mamut fogának a lenyomatát (BARÁTOSI 1970; MORAN 1970).

A területről gyűjtött mintákon Németországban abszolút kormeghatározást is végeztek. Eszerint a Polgárváros területén a mészkő kora 350 000 év, míg a Palota alatt 160 000–190 000 éves. Így kisebb-nagyobb megszakításokkal 150–200 ezer éven keresztül működtek azok a források, amelyek lerakták az édesvízi mészkövet (SCHEUER 1986).

Más felfogás szerint a különböző tengerszint feletti magasságban fekvő édesvízi mészkő szintek közel egykorúak, és azonos idejű forrástevékenységből származnak (TÖRÖK et al. 1998). Ezt látszanak alátámasztani a fekvő üledékeinek azonos típusai, a közel párhuzamos rétegződésű település (SZONTAGH 1908) és a vezető szintek hosszúsága is. Ebből az a következtetés vonható le, hogy a mészkőpaplan uralkodóan tavi kifejlődésű, és a tetarítás kifejlődésre csak a Palota alatti területen találhatunk nyomokat (TÖRÖK et al. 1998).

2.3. Tektonika

A Várhegynél megfigyelhető szerkezeti viszonyok jól beilleszthetők a Budai-hegységre jellemző tektonikai adottságok közé. Ennek ellenére a legutóbbi időkben készített, új szemléletű kutatások (FODOR et al. 1992, 1994) egyáltalán nem térnek ki a Várhegy tektonikai jellemzésére.

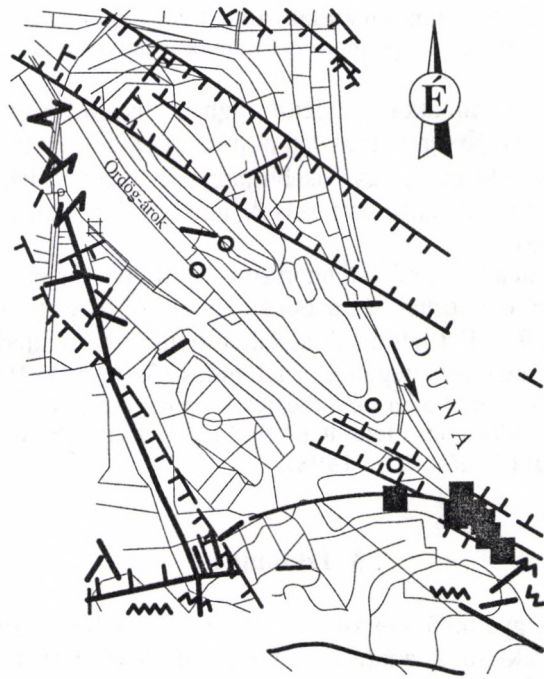
A felső-triász – alsó-eocénig tartó időszakban alakult ki az uralkodóan ÉNy-DK-i, egymással közel párhuzamos törérendszer (WEIN 1974) (2.6. ábra).




Ez a mezozoos rétegsort ért erőhatásoknak volt köszönhető, amelyeknek következtében nagyarányú horizontális elmozdulás történt, s ez hozta létre a Budai-hegység mai szerkezetét (WEIN 1974). A felső-eocén és alsó-oligocén időszakok között tangenciális mozgásokat is létrehozó orogén fázis zajlott le, amelynek hatóiránya közel É–D-i volt (pireneusi fázis) (WEIN 1971). Ezt bizonyítja a budai márga tektonizáltsága, aminél szintén az É–D-i főirány a jellemző.

A budai márga dőlésirányának gyakorisági diagramját a rendelkezésre álló, Várhegyre vonatkozó (SZONTAGH 1908; FÖMTERV 1971) adatokból szerkesztettem meg (2.7. ábra).

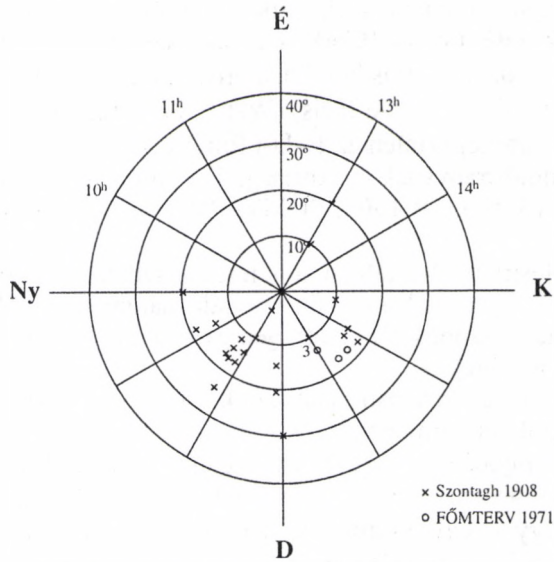
Az uralkodó dőlésirány D-i, DNy-i, a dőlésszög jellemzően 10 és 20 fok között változik. Érdekes, hogy ez a Vérmezőn vizsgált márgarétegek (JÁRAI 1954) csak egy kis részével mutat azonos képet, ott igen gyakoriak az ÉNy-i dőlésirányok, és a 60–80 fokos dőlésszögek is.

Ugyancsak a pireneusi fázisban keletkeztek a DNy–ÉK-i irányú pikkelyzónák, amelyek mögött azokkal párhuzamos, és a csapásra merőleges törések jöttek létre (WEIN 1974). Az oligocénben a több százméteres elmozdulásokat eredményező vetőszerkezet létrejött a jellemző, az ÉNy–DK-i irányú törések mentén mély árkok süllyedtek le, így az Ördög-árok vetőrendszere mentén is. Ennek az ároknak a legmélyebb részét a 2. Metró alagútja a Moszkva térnél harántolta (JÁRAI 1954; WEIN 1971). Keresztirányban is keletkeztek nagyobb dilatációval rendelkező repe-



 Horizontális eltolódás
  Felső-triász–alsó-eocén korú vető
  Zúzott zóna

2.6. ábra. A budai Várhegy környezetének tektonikája (WEIN 1974 nyomán)



2.7. ábra. A budai márga dőlésiránya és dőlésszöge

dések, amelyek jó vízvezetők és könnyen megkülönböztethetők a pireneusi fázisban, a budai márgában létrejött horizontális elmozdulást jelző törésektől (WEIN 1974).

A középső-pleisztocénben több édesvízi mészkőszint is keletkezett, így a Vérhalom – Szemlő-hegy, Gellért-hegy – Törökvész út – Hűvösvölgy – Ezüst-hegy – Arany-hegy – Majdán-fennsík (WEIN 1974). Az ebben az időszakban végbemenő függőleges mozgások hozták létre a folyóvízi erózióval együtt a Várhegyet (SCHEUER in KROLOPP et al. 1976).

A harmadidőszaki képződmények és az édesvízi mészkőfelszín magassági helyzete alapján három kiemelkedési fázis különböztethető meg. A középső-pleisztocénben két emelkedési szakasz lehetett, az elsőben a hegy északi és középső része, a másodikban a mai Palota területe emelkedett meg. A harmadik szakaszban az egész Várhegy emelkedett (SCHEUER in KROLOPP et al. 1976). E folyamat a felső-pleisztocénben kezdődött, és még napjainkban is tart.

Az orogén jellegű kéregmozgások fővárosi vizsgálatai több évtizedre nyúlnak vissza. A geodéziai mérések eredménye szerint a Várhegy relatíve 1,0–6,0 mm-t süllyedt – a Gellért-hegy és a Nap-hegy relatíve emelkedett –, ám abszolút értelemben a Gellért-heggyel és a Nap-heggyel együtt folyamatosan emelkedik (BENDEFY 1952).

Az emelkedő-süllyedő mozgások eredményeként jöhetett létre az a fővető, amelynek határán a budai márga és a kiscelli agyag érintkezik. Feltételezett iránya K–Ny-i, és a Várhegy északi peremén húzódik (JÁRAI 1954).

A Várat sapkaként borító édesvízi mészkövet ÉNy–DK-i és ÉK–DNy-i irányú repedések járják át, melyek mentén nem történtek elvetődések (SCHEUER in KROLOPP et al. 1976), viszont meghatározó jelentőségük volt az üregek kialakulásában (KORDOS 1969). Elkészítettem a repedések gyakorisági diagramját a rendelkezésre álló (FŐMTERV 1965), illetve a Tanszékünk által mért több száz mérési adat alapján (BENKOVICS in KLEB 1993). A Polgár város északi (2.8. ábra) és déli (2.9. ábra) részére vonatkozó törési diagramok között nincs szignifikáns különbség, mindkét területre az egész Platóra korábban megállapított (KORDOS 1969) törési irányok a jellemzőek.

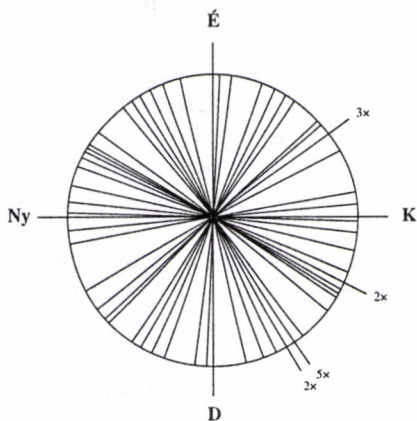
A litoklázisok uralkodóan ÉNy–DK-i irányúak, az ÉK–DNy-i irány nem annyira jellemző mint a töréseknél (2.10. ábra).

A többek által feltételezett (BENKOVICS in KLEB 1993) Tánicsics Mihály utcai vető meglétét kimutatandó, az ebben a térségben mért töréseket külön diagramban ábrázoltam (2.11. ábra).

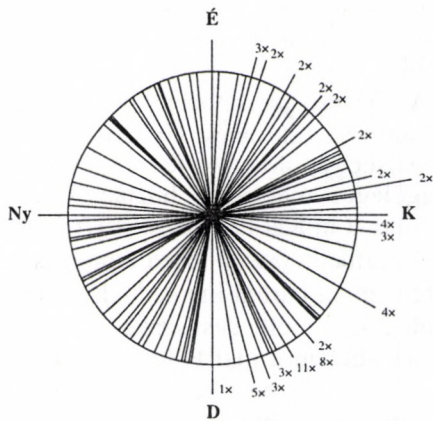
Itt is az ÉNy–DK-i irány az uralkodó, ami sem nem erősíti, sem nem cáfolja önmagában a fővető meglétét, bár a feltételezett vetésiránnyal a repedések iránya megegyezik.

2.4. Üreg- és barlangképződés

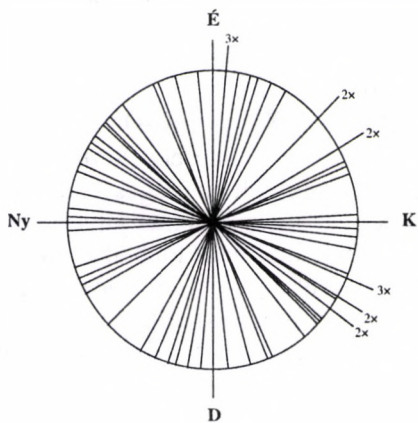
A Várhegyben lévő barlangok keletkezéséről többféle elmélet látott napvilágot. Cholnoky J. szerint az oligocén korban a Várhegy még közvetlenül összefüggött a Sváb-heggyel, és az onnan lerohanó patakok vájták ki az édesvízi mészkő alatti



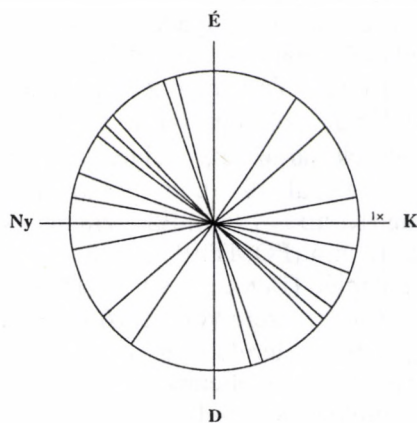
2.8. ábra. Az édesvízi mészkő köztréseinek gyakoriság diagramja, Polgárváros É-i része



2.9. ábra. Az édesvízi mészkő köztréseinek gyakoriság diagramja, Polgárváros D-i része



2.10. ábra. Az édesvízi mészkő litoklázisainak gyakoriság diagramja, Polgárváros



2.11. ábra. Az édesvízi mészkő litoklázisainak gyakoriság diagramja, Tánicsics Mihály utca

üreget (CHOLNOKY 1936). Mások úgy vélték, hogy a saját üledékén – az édesvízi mészkövön – már nem tudott feljutni a meleg forrásvíz, így a budai márga határán keresett magának utat, ahol kimosta a mészkő alsó rétegeit, illetve a mészkő alatti lazább rétegeket (HORUSITZKY H. 1939; KERÉKES 1940). Ezt bizonyítják a barlangok falán megfigyelhető korróziós nyomok is. Egy másik elmélet szerint (KADIČ 1942) a mészkőben kialakult repedéseken és hézagokon át lejutó, csapadékból keletkező felszíni víz oldotta ki az üreget. Cholnokyval többen egyetértettek abban, hogy a járatok egyidősek a mésztufával.

A fentiekből kitűnik, hogy a tudósok vagy elsődlegesnek, a kőzettel egyidősnek (LANG 1958), vagy utólagos kifejlődésűnek tekintették az üregrendszert. E két

nézetet egyesítve született az a máig uralkodó vélemény, hogy a Várhegyen megtalálhatóak az elsődleges mésztufaüregek, és a mészkőben keletkezett repedések mentén feltört vizek kémiai oldó és kvarckaviccos eróziós barlangjai is (KORDOS 1969; KORDOS in KROLOPP et al. 1976). Feltételezhető, hogy a természetes üregek elhelyezkedése az édesvízi mészkőben keletkezett tektonikus preformációt követi az ÉNy-DK-i és ÉK-DNy-i fekvéssel, bár ezt a járatok túlzott beépítettsége nehezen teszi megállapíthatóvá. Az viszont egyértelmű, hogy a Polgárváros település-hálózata követi az üregrendszer elhelyezkedését.

3. Hidrogeológia

3.1. Barlangok, üregek, pincék

Az eddigiekben a természetes üreg- és barlangképződésről volt szó (2.4. fejezet), a továbbiakban röviden összefoglalom a Várhegy belsejében húzódó barlang- és pincerendszerre vonatkozó ismereteket.

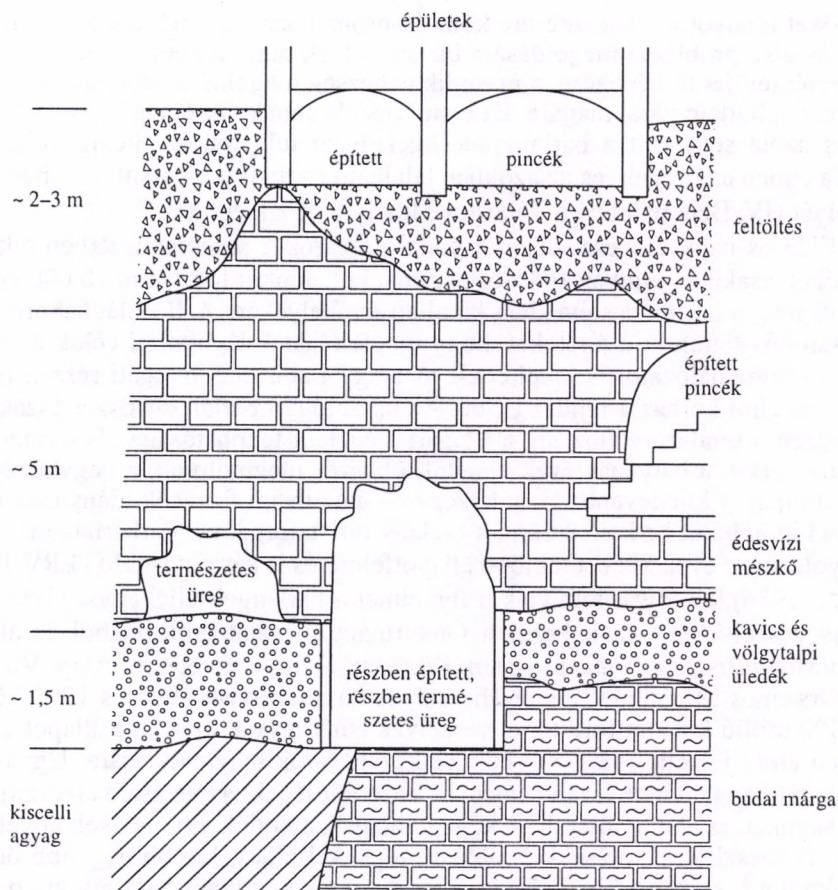
A mésztufaüregek eredeti kifejlődésükben szabálytalan, alacsony képződmények voltak, s ezeket az ember a történelem folyamán saját hasznára kívánta formálni. Ha kemény volt a mészkő a feketé vájták ki, ha fejthető volt, akkor a főté és az oldalfalak irányában terjeszkedtek. Utóbbiakat sok helyütt felfalazták, a főtét pedig pillérekkel alátámasztották (KADIČ 1942). Az üregekbe beszivárgó víz összegyűjtésére kutakat ástak, amelyeket 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. Segítheti a fogalmak tisztázását, ha csoportosítjuk a Várhegyen található üregtípusokat. A leggyakoribb osztályozási mód a vertikális elhelyezkedés szerinti (SCHEUER 1986; BENE et al. 1995) (3.1. ábra).

1. Legfelül helyezkednek el az épületek pincéi, a felszín alatt maximum 2–3 m mélyen. Ezek a pincék teljesen mesterséges kialakításúak.

2. A középső pincésint az épületek alatt 3–8 m mélységben húzódik. Többségük kisebb-nagyobb természetes üreg lehetett a mészkőben, amit aztán a lakók kibővítettek. Ezt igazolja, hogy többnyire falazottak, de ahol a mészkő állékonyak bizonyult ott nem falaztak rá, a kőzet közvetlenül tanulmányozható. Ezek a pincék tehát részben természetes, részben pedig mesterséges kialakításúak.

3. A harmadik szinten egyedi és összefüggő pincéket találunk. Az összefüggő pincerendszer egy részét nevezzük Nagy Labirintusnak. A harmadik szint üregei eredetileg a hévizes barlangképződés eredményeként jöttek létre, mai formájuk legnagyobb részét azonban a fent bemutatott átalakításoknak köszönhetik. Fő kiterjedési irányuk megegyezik a 2.3. fejezetben bemutatott repedések irányával.

Visszatérve az elnevezések helyes használatára, a csoportosításból kitűnik, hogy az első csoport elemeit csak pincéknek hívhatjuk, a második csoport elemeit üregeknek, sziklapincéknek és mélypincéknek, míg a harmadik csoport elemeit barlangoknak, barlangpincéknek, az egyedi elemeket pedig szintén nevezhetjük üregeknek és sziklapincéknek.



3.1. ábra. Pince- és üregrendszer típusszelvénye

A csoportosítás annyiban pontosításra szorul, hogy egy erősen leegyszerűsített modellt alkot, mivel a valóságban az üregrendszer magassági értelemben sokkal változatosabban helyezkedik el, mint a rendszerezési szisztéma szerint. (A Nagy Labirintus termeinek többsége 10–15 m-re húzódik a felszín alatt, ám van teljes egészében természetes eredetű és állapotú üreg, amely csak néhány méterre található a felszíntől.)

Az összefüggő barlangpincék összes alapterülete kb. 18 000 m², a különálló üregek összterülete kb. 4000 m². Jelenlegi ismereteink szerint természetes eredetű üregek csak a Polgárváros alatt találhatóak (2. sz. melléklet).

A barlangpincék kutatásakor két alapvető problémával találjuk magunkat szemben:

1. Nincs hiteles, pontos térkép a területről.
2. Nincsenek tisztázva a tulajdonviszonyok.

Mindkét hiányosság leküzdésére komoly próbálkozások történtek az elmúlt tíz évben, az első probléma megoldására biztató jelnek tűnik a 2000. évben megkezdett kisebb terület térképezése, a második nehézség megoldása azonban úgy tűnik még hosszabb ideig várat magára. Ez nem is csoda annak tükrében, hogy 1873-ban sem, és azóta sem volt a barlangpincéknek igazi tulajdonosa. Pedig vélhetően IV. Béla éppen az üregek, és az azokban található tiszta ivóvíz miatt telepítette ide székhelyét (IV. Béla palotája a Táncsics Mihály utcában épült).

Az 1723-as nagy tűzvész idején a budai polgárok a pincerendszerben találtak menedéket, csakúgy, mint az 1945-ös ostrom alatt, amikor több mint 10 000 ember húzódott meg a harmincas években kiépített óvóhelyeken. A II. világháború előtt tudatosan bővítették ki a járatokat, hogy megfeleljenek légoltalmi célokra, külön víz- és csatornahálózatot is kiépítettek. A Nagy Labirintus nyugati részén pedig polgári védelmi kórházat rendeztek be. Az összefüggő barlangrendszer északi része egészen a rendszerváltozásig a Polgári Védelem fennhatósága alá tartozott, a délebbi részeket a hatvanas évek elejétől többször megnyitották a nagyközönség előtt – utoljára a kilencvenes évek közepén – ám anyagi források hiányában mindig rövid időn belül be kellett zárni a csekély turistaforgalmú Várbarlangot.

A nyolcvanas évek közepétől több állapotfelmérés is készült (FŐMTERV 1984; SCHEUER 1986), amelyek felhívták a figyelmet a barlangok állékonyságával kapcsolatos veszélyekre. Az I. kerületi Önkormányzat saját erőforrásból és állami támogatások (Országos Pinceprogram, Központi Környezetvédelmi Alap, Vízügyi Alap, Országos Műemlékvédelmi Hivatal) felhasználásával 1992 és 1997 között közel 500 millió forintot fordított a veszélyek elhárítására, illetve az állapotfelmérésekben előre jelzett, és később bekövetkezett károk helyreállítására. Ugyanis a Várhegy tetején található lazán cementált közetfélések víz hatására elveszítik állékonyságukat, és ahol a főtét ilyen képződmények alkotják, ott omlások következnek be. A mészkőtest törésekkel, oldási üregekkel átjárt, kisebb-nagyobb önálló blokkokból áll, s ezek a blokkok víz vagy dinamikus terhelés hatására kimozdulhatnak eredeti helyzetükből (SCHEUER 1986). Így nem csak az alattuk húzódó üregekre, hanem a felettük található épületek állagára is veszélyt jelentenek. Ilyen épületkárok és beszakadások történtek a Táncsics Mihály utcában (*l. kép*), a Szentháromság téren és a Dísz téren is.

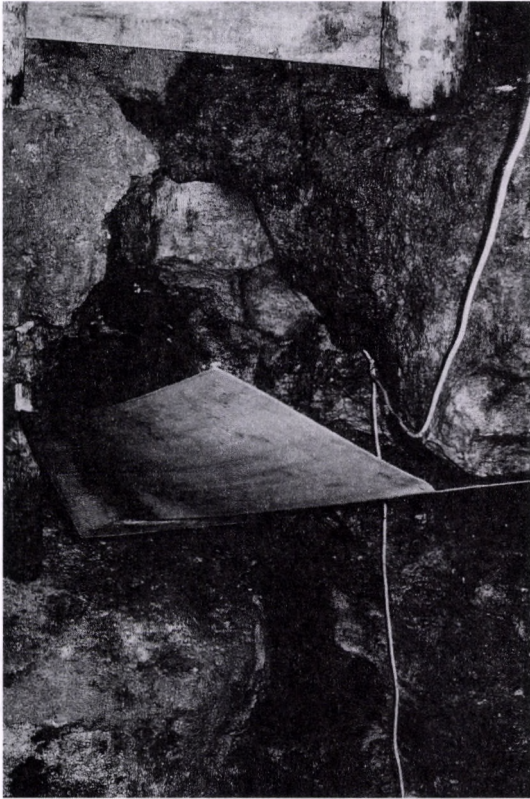
A dinamikus terhelés csökkentésére kitiltották a nagyméretű buszokat, és az egész Vár területére forgalomkorlátozást vezettek be. A közművezetékek felújítása is megkezdődött (lásd 4. fejezet).

A 2000-ben elkészült felmérés és állapotfelmérés (Sámson Kft. 2000) a Nagy Labirintus északi részére, tehát az egykori polgári védelmi részre terjedt ki. Az eredmények újabb problémára mutatnak rá, nevezetesen arra, hogy az idáig biztonságosnak vélt, teljes mértékben felfalazott szakaszon is komoly állékonysági gondok jelentkeztek. A Magyar Tudományos Akadémia megbízásából készült felmérés főleg az Országház utca alatt húzódó szakaszon állapított meg számtalan hibát a falazatokon és a mennyezeteken. Gyakoriak a lemezesre tört boltozatok, a repedezett és mállott téglafalak, s nem egy esetben függőleges téglatorés is bekövetkezett. Ezen károsodások okainak felderítése, illetve a falazatok közetkörnyezettel való kapcsolatának vizsgálata nem halasztható feladat, mivel a jelenlegi állapot

nemcsak jelentős anyagi károkat vonhat maga után, hanem emberáldozatokat is követelhet.

A független mélypincék állapota is kritikus, felmérésük lassan tíz éve megkezdődött, de még mindig vannak teljesen feltáratlan üregek a Polgárváros területén. Az üregek beomlása ellen kétféleképpen történik a védekezés, megerősítéssel vagy tömedékeléssel.

A kármegelőzéssel és annak anyagi vonzataival szervesen összefügg a fent említett két alapprobléma (a térképezés hiánya és a tulajdonviszonyok rendezetlensége), valamint a barlang- és üregrendszer hasznosítása. Ugyanis a valamilyen célra bérbe adott üregek azon túl, hogy anyagi bevételt jelentenének a tulajdonosnak, folyamatos megfigyelés és ellenőrzés alatt lennének. Több alkalommal végeztünk ötletbörzét a sziklapincék hasznosításával kapcsolatban (HAJNAL 1996), ám eddig az eredmények felhasználására nem mutatkozott igény.



1. kép. Elmozdult mészkőtömbök a Táncsics Mihály utca 17–21. sz. ház alatti mélypincében

3.2. Kőzetek fizikai és vízföldtani jellemzése

Tanszékünk is részt vett az állékonysági problémákkal kapcsolatos vizsgálatokban (BME 1993, 1994, 1995). Az eredményeket a budai márga és az édesvízi mészkő vízzel szembeni viselkedése szempontjából dolgoztam fel.

Budai márga

A kőzetfizikai vizsgálatokhoz két helyről történt mintavételezés, a Tábor utcai támfal (2. kép) alapozási síkjából (BME 1995), illetve az ásványtani vizsgálatoknál is említett Űri utca 6. számú ház mélypincéjéből (BME 1993-b).

Előbbiből 46 db, utóbbiból 10 db, 1 : 2 arányú, henger alakú minta készült.

Az egyes mintacsoportok átlagait légszáraz és vízzel telített kőzetfizikai állapotban mutatom be (3.1. táblázat).

3.1. táblázat. A budai márga kőzetfizikai jellemzői

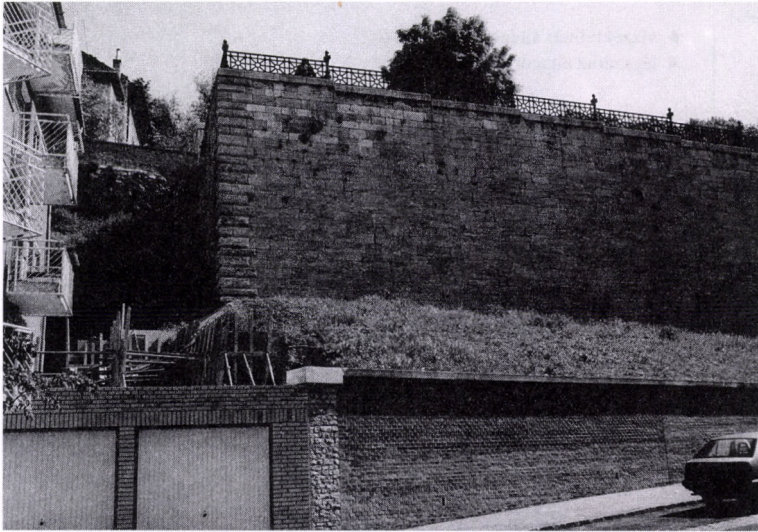
Kőzetfizikai jellemzők	Sárgásszürke márga	Fehéresszürke márga	Sárgásbarna márga (Tábor u.)
Testsűrűség (kg/m ³)	2336 2484	2375 2505	2399
Ultrahanghullám terjedési sebessége (km/s)	2032 2497	2312 2616	–
Egyirányú nyomószilárdság (MPa)	26,75 9,00	37,01 16,63	42,0
Rugalmassági modulus (GPa)	3430 880	5020 2060	5870
Húzószilárdság (MPa)	1,82 1,28	1,84 1,33	3,18
Poisson tényező	0,39 0,24	0,32 0,30	

Az álló számok a légszáraz állapotot jelentik, a dőlt számok pedig a vízzel telítettet.

3.2. táblázat. Változási jellemzők vízzel telítés hatására

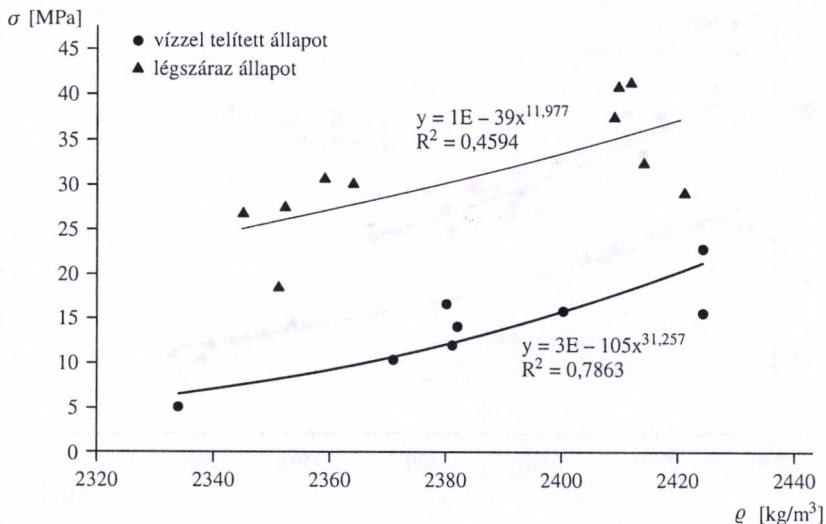
Változási jellemző vízzel telítés hatására λ	Sárgásszürke márga	Fehéresszürke márga
Nyomószilárdság	0,34	0,45
Rugalmassági modulus	0,26	0,41
Húzószilárdság	0,70	0,72

A nyomószilárdság szempontjából a következő kategóriák érvényesek: $\lambda < 0,5$ tönkre megy; $0,5 < \lambda < 0,75$ nagyon érzékeny; $0,75 < \lambda < 0,9$ érzékeny; $0,9 < \lambda < 1$ érzéketlen

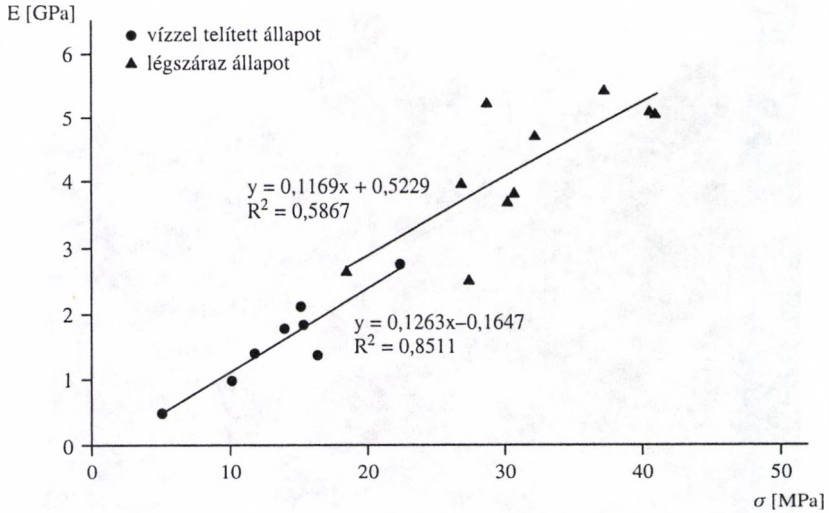


2. kép. A Tábor utcai támfal

A 3.2. táblázatban a változási jellemzőket mutatom be vízzel telítés hatására. Látható, hogy víz hatására a nyomószilárdság és a rugalmassági modulus felére, harmadára, a húzószilárdság pedig háromnegyedére csökken. Megszerkesztettem testsűrűség és a nyomószilárdság, illetve a nyomószilárdság és a rugalmassági modulus összefüggéseit bemutató ábrákat, s közelítő függvényeket generáltam az adathalmazokhoz (3.2. és 3.3. ábra).

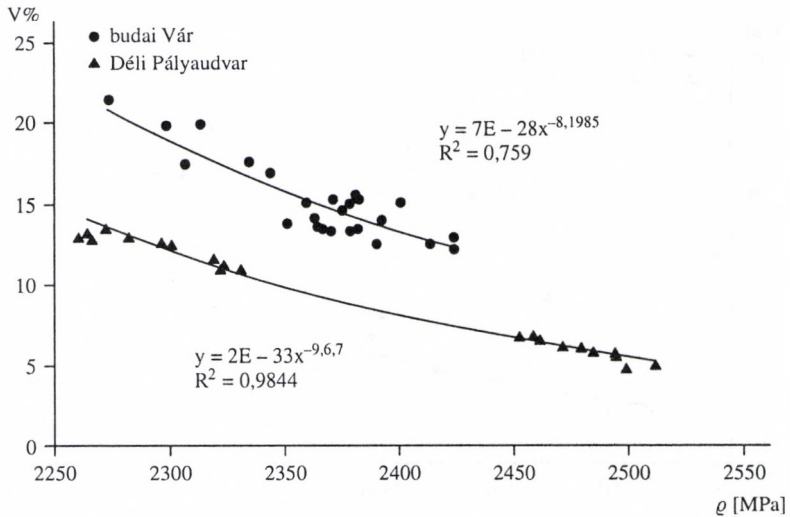


3.2. ábra. A budai márga testsűrűség-nyomószilárdság diagramja



3.3. ábra. A budai márga nyomószilárdság-rugalmassági modulus diagramja

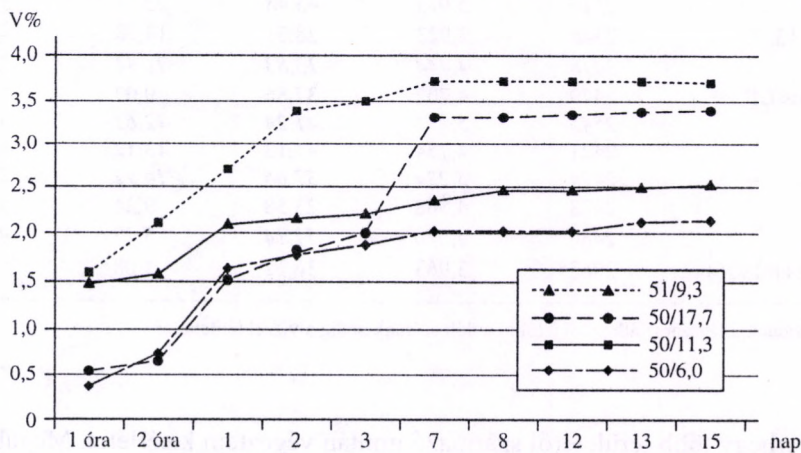
(Ezek az eredmények azonban csak tájékoztató jellegűek, mivel egy-egy paraméterre a vizsgált mintaszám igen csekély volt.) A vízrel telített mintáknál mindkét esetben szorosabb kapcsolat figyelhető meg, mint a légszáraz állapotú mintáknál. A 3.4. ábrán a testsűrűség és a látszólagos porozitás (azok a pórusok, amelyekbe víz juthat) kapcsolatát mutatom be.



3.4. ábra. A budai márga testsűrűség-látszólagos porozitás diagramja

FROMANN Z. (1998) a Déli pályaudvar környezetéből vett budai márga minták vizsgálati eredményeit dolgozta fel diplomamunkájában. Eredményeivel összehasonlítva a Várhegyről származó minták tulajdonságait megállapítható, hogy utóbbi egységesebb kifejlődést mutat a Déli pályaudvar környékén található márgához képest, s a látszólagos porozitása nagyobb a várhegyi márgának. Disszertációm lezárásakor kapott Tanszékünk újabb megbízást a Palota területéről származó budai márga közetfizikai vizsgálatára (BME 2001). A Csikós udvarban található agyagmárga nyomószilárdsága 28,52 és 48,14 MPa között változik. Két fúrásból vett mintából készített 4 db szabálytalan próbatesten végeztem el a vízfelvételi vizsgálatokat, amelynek eredményeit a 3.5. ábrán közlöm.

A vízfelvétel értéke 15 nap alatt 2,1 és 3,7 V% között mozgott.



3.5. ábra. A budai márga vízfelvele

Édesvízi mészkő

Három különálló üregből és a Nagy Labirintusból további három helyről történt a mintavételezés (BME 1993, 1994).

Az adatokat hasonló formában dolgoztam fel (3.3. és 3.4. táblázat, 3.6., 3.7. és 3.8. ábra), mint a budai márga eredményeit.

A vízzel telítés hatására történő változások között nem mutatható ki olyan tendencia, amely a Várhegyet sapkaként borító mészkő sokféle kifejlődésére utal, ahogy azt már a klasszikus geológiai vizsgálatok is bizonyították (2. fejezet). Az egymáshoz közeli területekről származó minták tulajdonságai is jelentősen eltérnek egymástól, ami egyértelművé teszi, hogy a hidrogeológiai modellalkotásakor nem célravezető elemi egységekre vetített számításokat végezni.

Utóbbi megállapítást támasztják alá az édesvízi mészkő vízáteresztő képességi együtthatójának meghatározására irányuló kísérleteim eredményei is (3.5. táblázat).

3.3. táblázat. Az édesvízi mészkő közetfizikai jellemzői

Mintavétel helye	Testsűrűség (kg/m ³)	Ultrahang sebesség (km/s)	Egyirányú nyomószilárdság (MPa)	Rugalmassági modulus (GPa)	Húzószilárdság (MPa)
Úri u. 6.	2450		22,83	2,52	2,73
Táncsics M. u. 17–21.	2505	5,007	51,56	28,28	5,24
XI.	2532	5,273	50,46	27,89	3,36
XII.	2382	4,813	44,98	21,83	4,93
	2446	4,975	33,82	17,43	3,81
XIII.	2176	3,576	11,74	6,00	1,95
	2287	4,429	14,50	6,42	2,18
Disz tér 13. 1.	2463	4,361	54,46	26,11	4,53
	2517	5,013	45,48	22,77	3,98
Disz tér 13. 2.	2348	3,923	28,51	14,78	4,13
	2418	4,444	15,83	11,44	1,85
Labirintus L1	2479	4,702	37,86	9,02	6,45
	2545	5,271	41,24	12,63	5,38
L3	2421	4,754	41,12	13,12	5,27
	2474	5,224	37,66	14,92	3,63
L4	2423	4,568	23,38	9,34	5,83
	2480	5,076	31,14	8,17	4,41
Eger (KLEB 1976)	2067	3,963	16,12	1,08	

Az álló számok a légszáras állapotot jelölik, a dőlt számok pedig a vízzel telítettet.

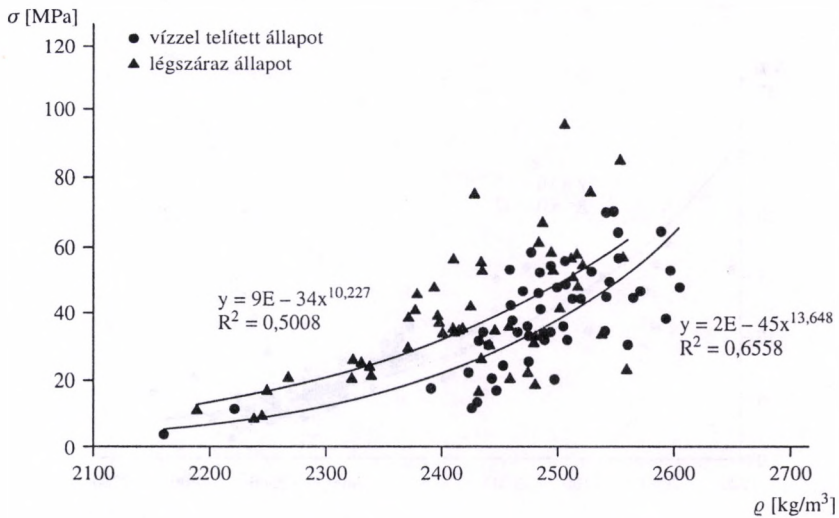
A Várhegy több területéről származó mintán végeztem kísérletet. Megállapítottam, hogy a hasonló porozitású minták, hasonló vízáteresztő képességgel rendelkeznek, és hogy a fizikai adottságok függvényében hat nagyságrendnyi ($10^{-1} - 10^{-7}$ cm/s) eltérés is jelentkezik.

3.4. táblázat. Változási jellemzők vízzel telítés hatására

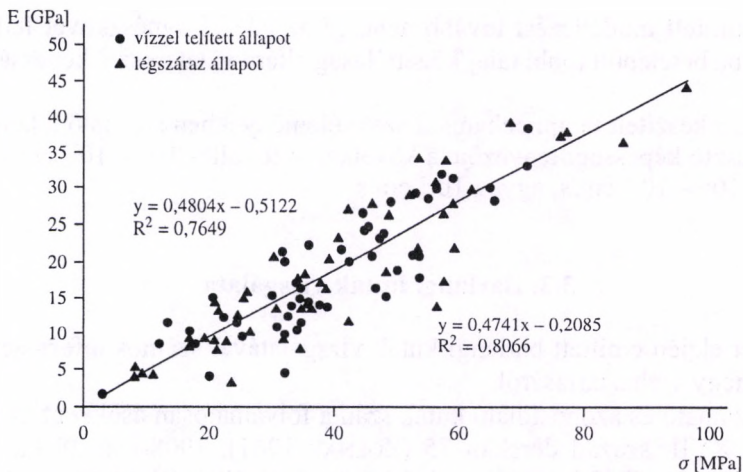
Mintavétel helye	Egyirányú nyomószilárdság (MPa)	Rugalmassági modulus (GPa)	Húzószilárdság (MPa)
Táncsics M. u. 17-21. XI.	0,98	0,64	0,99
XII.	0,75	0,77	0,80
XIII.	1,24	1,12	1,07
Disz tér 13. 1.	0,84	0,87	0,83
Disz tér 13. 2.	0,67	0,77	0,47
Labirintus L1	1,09	1,40	0,83
L3	0,92	1,14	0,69
L4	1,33	0,87	0,76

A vizsgált mészkőminták a talajmechanika nevezéktana szerint a kavicsos homok és az agyag vízáteresztő képességével rendelkeznek. A leírások egyformán édesvízi mészkőnek tekintik a k tényező szempontjából ennyire eltérő anyagokat.

Nyilvánvaló, hogy a nagy porozitású kifejlődéseknél a felszínről lejutó vizek nem csak a kőzetben keletkezett repedéseken keresztül tudnak szivárogni, hanem a kőzeten keresztül is. Ezért lenne fontos részletesebb információkat szerezni arról, hogy a Plató területén, mely részeken, milyen mészkő típus található.



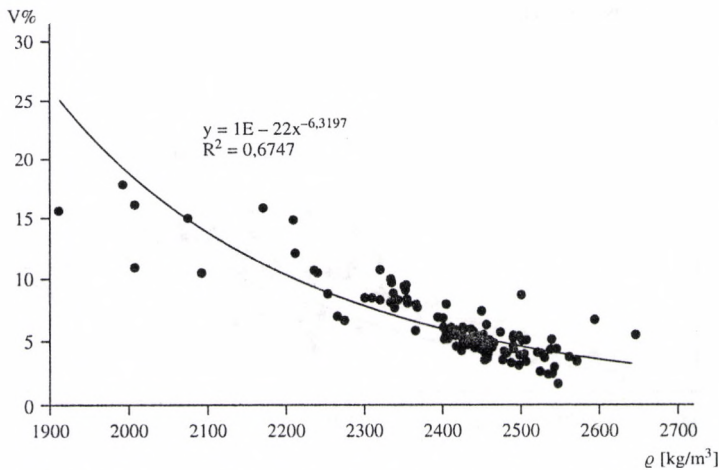
3.6. ábra. Az édesvízi mészkő testsűrűség-nyomószilárdság diagramja



3.7. ábra. Az édesvízi mészkő nyomószilárdság-rugalmassági modulusdiagramja

3.5. táblázat. Édesvízi mészkő vízáteresztő képességének kísérleti eredményei

k (cm/s)	Kiscelli úti minta szabványos vizsgálat	Elárasztásos vizsgálat	Vízzel telítve	Vár, tömött	Vár, hézagos
Minimum	$8,1 \cdot 10^{-3}$	10^{-1}	–	$7,3 \cdot 10^{-7}$	–
Maximum	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$	–	$2,0 \cdot 10^{-6}$	–
Átlag	$8,2 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$5,1 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-7}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$



3.8. ábra. Az édesvízi mészkő testsűrűség látszólagos porozitásdiagramja

A fent említett modellezést tovább nehezíti az édesvízi mészkövet fedő, vagy annak réseibe betelepült többi talaj/közetféleség eltérő vízáteresztő képességi tulajdonsága.

Az általam készített talajmechanikai szakvéleményekben szereplő talajok/közetek vízáteresztő képességi tényezője a következő: feltöltés 10^{-3} – 10^{-5} cm/s, homokos kavics 10^{-3} – 10^{-4} cm/s, agyag 10^{-7} cm/s.

3.3. Barlangi kutak vizsgálata

A 3. fejezet elején említett barlangi kutak vizsgálatával számos információ nyerhető a Várhegy vízháztartásáról.

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), az 1951-es térképeken 26 kutat jelöltek meg. A jelenlegi kutatások alkalmával össze-

sen 20 kút került a látókörünkbe. Már a Kessler H. által 1971-ben feltárt kutak közül is több azonosíthatatlanná vált.

A térképezés a kutak magassági elhelyezkedése szempontjából a legfontosabb, ez elengedhetetlen a hidrogeológiai kutatások folytatásához. A régi adatok több kútnál jelentősen eltérnek egymástól, a saját szintezési eredményeim is sok helyen komoly kérdéseket vetnek fel: a kutak egymáshoz képesti elhelyezkedése, relatív viszonyuk több esetben is ellentmondásos.

Kessler H. vizsgálatai idején a kutakat beszíntezték, ám az adatoknak nyoma vezetett. Csak a mért vízállás adatok maradtak meg, s azokhoz viszonyítva határozta meg a kutak magassági paramétereit. Az üregek (barlangok) pontos és korszerű, szakemberek által végzett felméréséig fenntartásokkal kell fogadni a vertikális értékeket. Ugyanakkor a vízállásokra, s néhány kút egymáshoz viszonyított helyzetére vonatkozó megállapítások így is érvényesek, a tendenciák igazak (gondolok itt a Hadik és a Mamutfogas kút összehasonlítására, a vízállások egymáshoz képesti változására, a csapadékkal és a közművekkel összefüggésbe hozható változásokra), csak nem minden esetben pontosak.

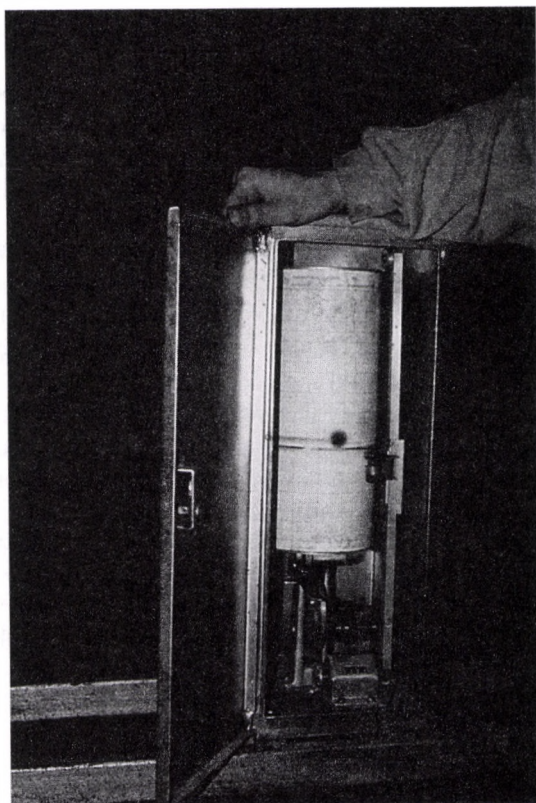
Az újabb vizsgálatoknál a kutak számokkal való jelölését elvetettük, mivel a régi vizsgálatok alkalmával minimum 5 féle számozást vezettek be (HORUSITZKY 1939; KESSLER 1971; Debreceni Búvárklub 1994, 1996; HAJNAL 1995). A kutak „keresztapja” Sásdi László volt, az Ariadne Barlangkutató Csoport vezetője, aki vel a legújabb méréseket végeztük.

3.3.1. Vízállás

A barlangi kutak vízállásainak mérése viszonylagos rendszerességgel eddig három időszakban történt. Az első időszak 1970. 09. 06-tól 1971. 05. 30-ig tartott (KESSLER 1971). E kilenc hónap alatt heti gyakorisággal mértek 12 kútát. A második alkalom 1994 április elejétől közel egy évig tartott, amikor 7 kútra (Labirintus, Mamutfogas, Hadik, Német, Mérőórás, Barlangos, É-i labirintus) vízszintmérő műszert szereltünk fel. A műszerek elvileg folyamatos regisztrációra voltak képesek (HAJNAL 1995).

A harmadik időszakban 1998 júniusától 2000 januárjáig mértük a vízszinteket, körülbelül havi egy méréssel tíz kút vízállását regisztráltuk (3. sz. melléklet). Az első időszak adatainak elemzése alapján próbálkoztunk a második időszakban a vízszintmérő műszerek telepítésével. Ezeknek a műszereknek ugyanis a szerkezeti kialakításuk miatt közel 5 cm-es holtjátékuk van a damil nyúlásából következően (3. kép), ám Kessler H. mérései több esetben is ennél az értéknél jóval nagyobb vízszintingadozást mutattak egy-egy kútnál.

A legkisebb heti változás 33 mm (Barlangos kút), a legnagyobb pedig 170 cm volt (Bölényes kút). Ennek ellenére a második időszakban kizárólag konstans vízállásokat sikerült regisztrálnunk, ezért a műszereket egy év után leszereltük. (Igaz, csak 5 kút – Mamutfogas, Hadik, Német, Mérőórás, Barlangos – volt azonos a vizsgálati periódusokban. Sajnos a kutak vizsgálatait nem a tudományos célkitűzések határozták meg, hanem a mélypincékbe való lejutási lehetőségek.)



3. kép. Vízzintmérő műszer regisztráló része

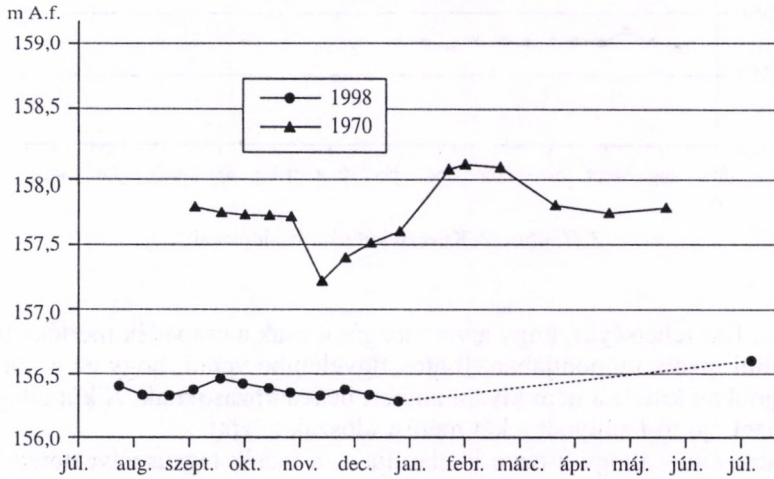
Ezért csak az első és a harmadik mérési időszak eredményeinek értékelése lehetséges. Ábrázoltam az 1970-es és az 1998-as időszak vízállásgörbéit (3.9.–3.18. ábra). Fontos megjegyezni még, hogy az első periódus vízállásai csak vízállásgörbékben maradtak fenn, táblázatos formában az adatok nem álltak rendelkezésre, mérési jegyzőkönyveknek, konkrét adatoknak nincs nyoma. Ezért az adatfeldolgozás és az ábrázolás rendkívül nehézkes volt.

Az első mérési időszakban a *Bövényes-* és a *Vendégekőnyves 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 (3.9. ábra).

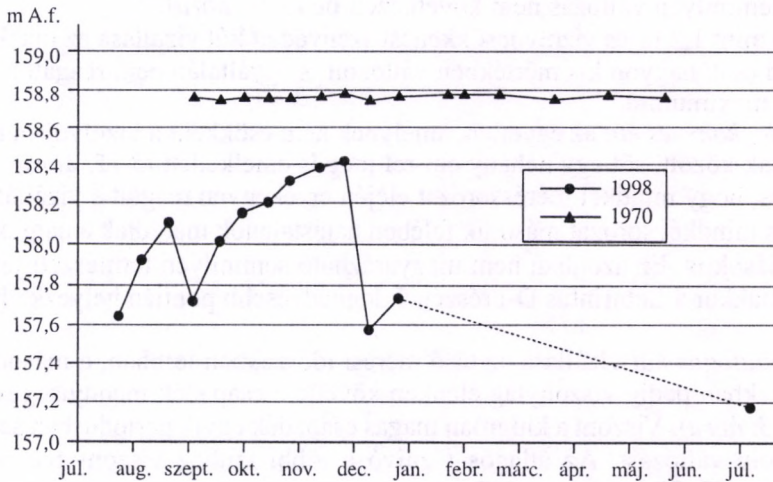
Ez az áprilisihoz képest közel ötszörös, májusi csapadéknövekedés hatására következett be. A saját méréseink idején még egyértelműbben követte a kút vízállása a csapadék mennyiségét, ami a ritkább észlelések ellenére is egyértelműen kimutatható. A kút átlagos víznívója a két mérési időszak között 1,4 m-t esett.

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 (3.10. ábra).

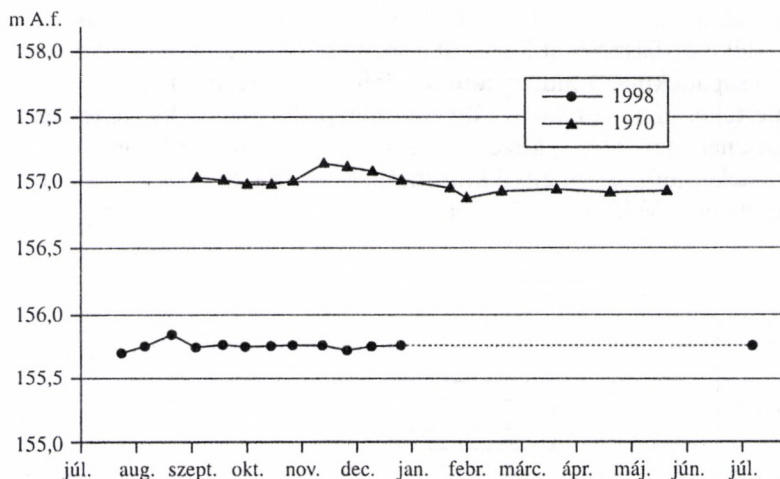
A csapadékmennyiség változásainak megfelelő előjellel változtak a vízállások, ennek mértéke az összes kút közül itt a legnagyobb. Az előjel helyesség az 1999-es júniusi csapadékmaximum alkalmával felborult, ugyanis a kút vízállása, minden addigi mértéket meghaladóan süllyedt, mégpedig az addig feltételezett 157,6 m A.f. kútfenék szint alá (!) közel 40 cm-rel. Ez azonban csak úgy volt lehetséges, ha a kút fenekét időközben újból kitisztították, amiről konkrét adatok nem állnak a rendelkezésemre. Valószínűsíthetően a tisztítás idején a vizet folyamatosan szí-



3.9. ábra. A Bőlényes kút vízállás-idősorai



3.10. ábra. A Nagy kút vízállás-idősorai



3.11. ábra. A Kávészó kút vízállás-idősorai

vattyúzták. Bár lehetséges, hogy a víz mozgását csak a csapadék mértéke befolyásolta a többi mérés 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 m-t süllyedt a két mérési időszak között.

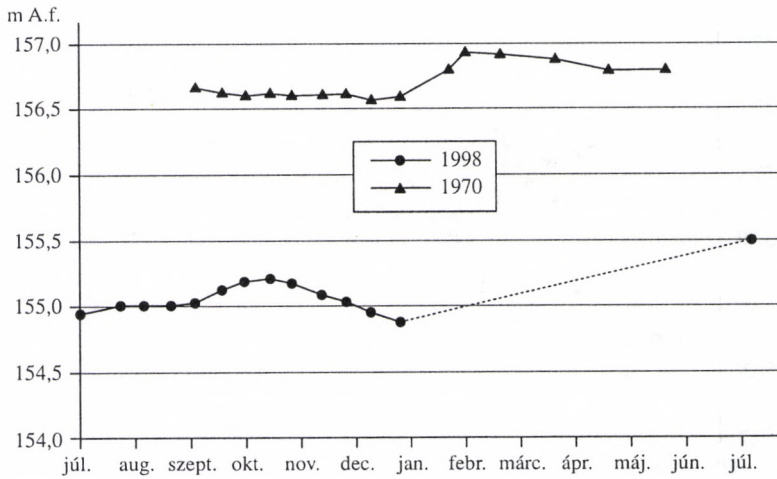
A *Kávészó kút* – ahogy a neve is elárulja –, a másik legveszélyeztetettebb vízadója a Nagy Labirintusnak, mivel egy vendéglátóipari egység területén található. A legtöbb szemét, cigarettacsikk, papír stb. ebben a kútban szokott előfordulni. Az első mérési időszakban változóan reagált a csapadékra, mivel a novemberi magas értékeket rugalmasan követte a vízállás, míg az 1971. májusi magas csapadékhullásra semmilyen változás nem következett be (3.11. ábra).

A több mint 1,2 m-es víznívócsökkenést szenvedett kút vízállása az újabb mérések idején csak nagyon kis mértékben változott, s egyáltalán nem reagált a júniusi csapadék maximumra.

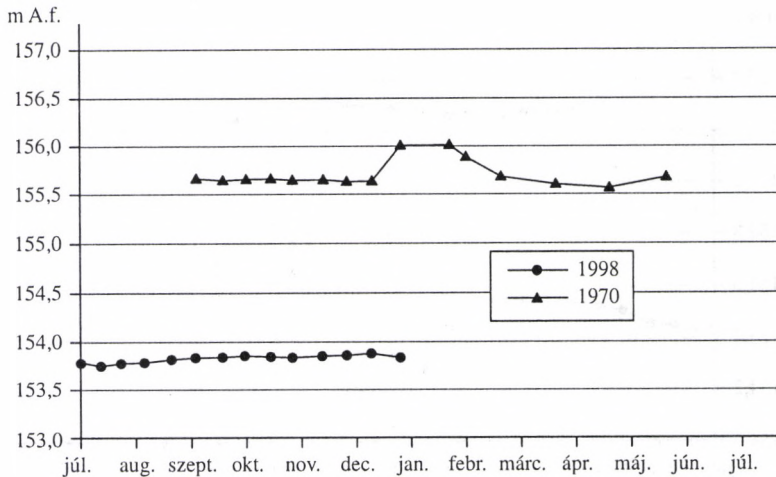
A *Vendégekőnyves kút* az egyetlen, amelynek nem csökkent a víznívója a két mérési időszak között, sőt egy néhány cm-rel meg is emelkedett (3.12. ábra).

Érdekes, hogy mindkét mérésorozat elején érzékenyen reagált a vízállás a csapadékra, s mindkét sorozat második felében hatástalanok maradtak a nagyobb csapadékhullások is. Ez azonban nem magyarázható semmilyen természeti jelenséggel, ugyanakkor a Labirintus D-i részének legnedvesebb pontján helyezkedik el ez a kút.

A *Mamutfogas kút* vízállása az első mérési időszakban lomhán, a második mérési időszakban pedig viszonylag élénken követte a csapadék mennyiségek változását (3.13. ábra). Viszont a kiugróan magas csapadék egyik periódusban sem okozott komoly változást. Az átlagos víznívó a többi kúthoz viszonyítva csak kis mértékben – 60–80 cm-rel – csökkent.



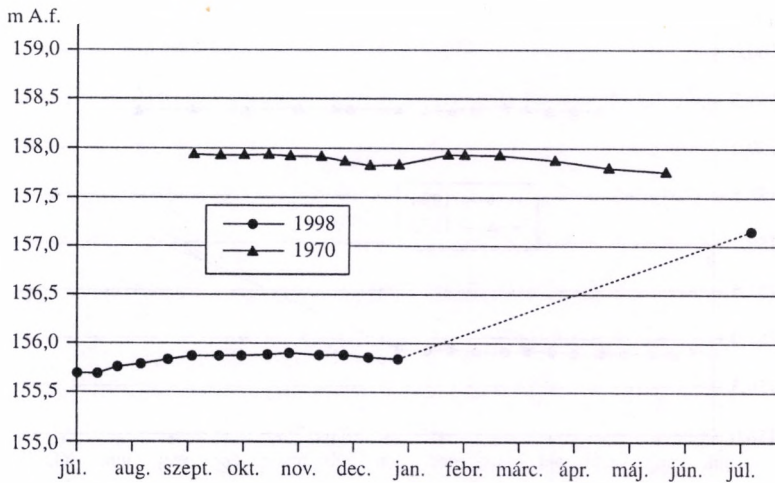
3.14. ábra. A Hadik kút vízállás-idősorai



3.15. ábra. A Török kút vízállás-idősorai

Ezt csak részben okozhatta a csapadék, viszont az 1971. májusi emelkedést már teljes mértékben. A legújabb mérésekkor ez a kút érezte meg legkevésbé a csapadék hatását, a vízállás alig változott. A kút átlagos víznívója viszont az egyik legnagyobb mértékben, 1,8 m-rel csökkent.

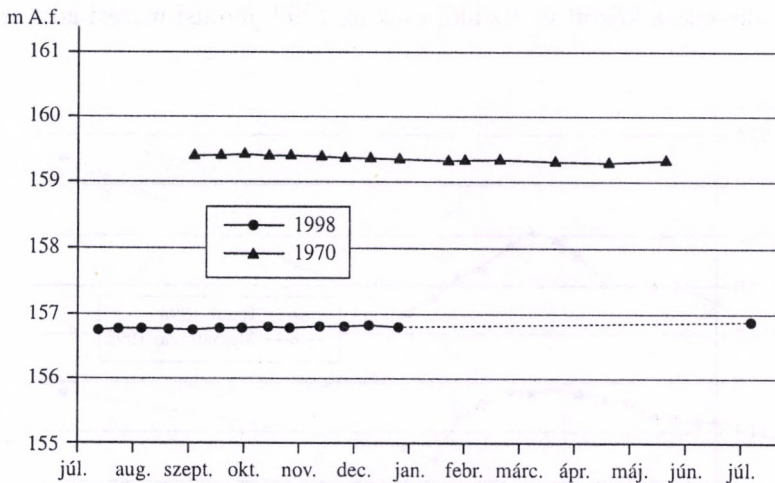
Nagy átlagos vízszint csökkenés következett be a Német kútnál is, közel 2,0 m-es volt a vízszintesés (3.16. ábra).



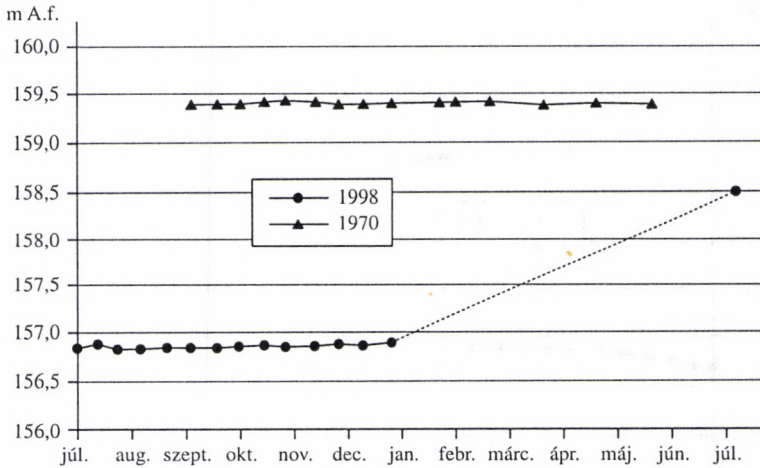
3.16. ábra. A Német kút vízállás-idősorai

A hetvenes években többször ellentétes változások történtek a vízállásoknál, mint ahogy azt a csapadék befolyásolta volna, míg az új méréseknél lomhán követte a csapadékot a kút vízállása. Az 1999. júniusi csapadéokra ez a kút volt egyike azoknak, amelyek a legérzékenyebben reagáltak.

A *Mérőórás kút* vízjátéka mindkét időszakban csekély volt, ugyanakkor a 2,6 m-es átlagos vízszintsüllyedés a legnagyobb az összes kút közül (3.17. ábra).



3.17. ábra. A Mérőórás kút vízállás-idősorai

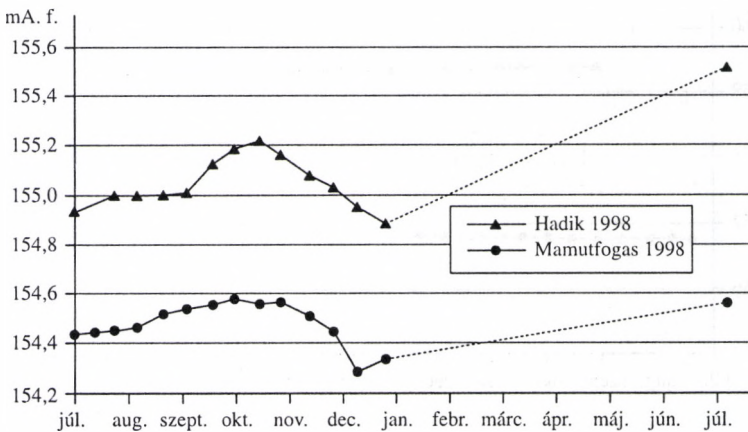


3.18. ábra. A Barlangos kút vízállás-idősorai

Ugyanekkor (2,6 m) süllyedés következett be a *Barlangos kútnál* is, s a lomha vízjárás is hasonló az előző kútéhoz, ám a Német kútnál tapasztaltakhoz hasonlóan, ennek a kútnak a vize emelkedett meg a legjobban az 1999. júniusi csapadék hatására (3.18. ábra).

A többi (a következőkben tárgyalt) vizsgálatok figyelembevétele nélkül is több érdekes momentum is leírható a kutak vízállásai kapcsán.

1. A Barlangos- és a MÉRŐÓRÁS kút vize együtt mozgott egy-egy mérési időszakban, és a szinte teljesen azonos, 2,6 m-es vízszintesésből következően vélhetően a mérési időszakok között is. Ez alól csak az 1999. júniusi mérési adat jelent kivételt.



3.19. ábra. A Hadik- és a Mamutfogas kút vízállás-idősorainak összehasonlítása

2. A Barlangos- és a Német-, valamint a Mamutfogas- és a Hadik kút vízállása reagált párban egyformán az évszázad egyik legnagyobb havi csapadékára.

3. Az első mérési időszakban a Török- és a Hadik kút vízállása emelkedett kiugróan magasra a viszonylag sok téli csapadék hatására és valószínűleg emberi beavatkozás következtében is.

4. A Hadik- és a Mamutfogas kút vízjárása szinte azonos görbét ír le az új mérési időszakban (3.19. ábra).

5. A Vendégkönyves kút kivételével minden kút átlagos vízszintje jelentősen csökkent, 0,8 m-től 2,6 m-ig. Az ezekben mutatkozó komoly eltérés kizárja a rossz szintezési adatokból következő hibákat. (Az okra a negyedik fejezetben visszatérek.)

6. A legkisebb vízoszlop a Nagy kútban mutatkozott (lehet, hogy a fenék tisztítása miatt!), a legnagyobb a Mamutfogas kútban, ahol sokszor a 3 m-t is meghaladta.

7. Az első méréssorozat idején a Barlangos-, a Mérőórási-, a Nagy kút alig, a Német kút pedig ellentétesen reagált a csapadéokra.

3.3.2. 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 1939), amikor 13 kút víz hőmérsékletét regisztrálták. Az értékek 10,5 és 13,8 °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 vízhőmérséklet többékevésbé követte a levegő hőmérséklet-változását. A mérések eredményei itt is csak grafikus formában feldolgozva maradtak meg, a görbékről leolvasott minimum-, maximumértékeket közlöm (kerekítve!) kutanként. A legújabb méréseket 1998-ban végeztük, körülbelül havi gyakorisággal, Sásdi L. vezetésével (3.6. táblázat).

A legalacsonyabb értéket a Hadik kútban (10 °C), a legmagasabbat a Nagy kútban (18 °C) mértük. A minimumértékeket kivétel nélkül az 1999. január 4-i regisztrálás alkalmával mértük, a maximumok a nyári hónapokban, vagy kora ősszel születtek. Az első méréssorozat adatai jóval kiegyenlítettebb képet mutatnak a másodikonál. Az egyes kutak minimumai között 4 °C, a maximumok között csupán 3 °C, míg az újabb méréssornál a minimumoknál 6,2 °C, a maximumoknál pedig 4 °C volt a különbség. (Érdekes, hogy a Hadik kútban volt az első esetben a maximum-, a második esetben a minimumhőmérséklet. Ennek okát abban látom, hogy ez a kút, illetve barlangszakasz közvetlen kapcsolatban van a felszínnel a fötében található nyitott kürtön keresztül. Ezért a léghőmérséklettel egyidejűleg a vízhőmérséklet is érzékenyebb lehet a meteorológiai hatásokra.)

A két idősor minimum értéke 10,6 és 10 °C gyakorlatilag megegyezett, míg a maximumoknál 2 °C-os növekedés történt. A második adatsor egyenletlenségei között megfigyelhető az a tendencia, hogy a Labirintus D-i, vizsgálataink idején

3.6. táblázat. A barlangi kutak vízhőmérséklete

Kutak	1970–1971		1998–1999	
	minimum °C	maximum °C	minimum °C	maximum °C
Bövényes	13	14	13,7	16,0
Nagy	14	15	14,3	18,0
Kávézó	13	14	16,2	17,6
Vendégkönyves	12	13	15,3	17,2
Mamutfogas	14	15	12,0	14,0
Hadik	15	16 (15,8)	10,0	14,5
Török	12	14	11,5	14,0
Német	13	14	12,0	14,3
Mérőórás	13	14	13,0	14,8
Barlangos	11 (10,6)	13	14,1	16,0

hasznosított, és így helyenként fűtött részen a vízhőmérsékletek átlagosan 2 °C-kal magasabbak, mint a Labirintus É-i részén található kutaknál. Ez alól csak a Barlangos kút a kivétel. A 3. sz. mellékleten összefoglalom a kútvizek hőmérsékletével kapcsolatos megállapításokat.

3.3.3. Vízadóképesség

A barlangi kutak vízadóképességét 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) (3.7. táblázat).

A táblázatból látható, hogy nagyon kevés mérés történt, ráadásul azok is csak egyszeri alkalommal, és rövid ideig (néhány napig) tartottak. A vízhozamokat a leszivattyúzott kutak visszatöltődési idejéből számították. Ennél az eljárásnál pedig fokozottan igaz az „egy mérés, nem mérés” elve. Sajnos két kút hozamáról egyáltalán nincsenek információink (Nagy és Hadik), ami az összes vizsgált paraméter összevetésekor is nagy hátrányt jelent.

A meglévő eredményekből mégis levonható néhány fontos következtetés. A Polgárváros É-i részén található kutak vízadóképessége két-három nagyságrenddel nagyobb, mint a D-i részén található kutaké. Ez alól csak a Dísz tér 15. számú ház alatti kút kivétel. Vízadóképesség szempontjából négy területre osztották a Polgárvárost (Debreceni Búvárklub 1994), ami ennyi mérésből elhamarkodott megállapítás lehet, a helyességét további mérésekkel kell igazolni. Véleményem szerint két fő terület létezése viszont bizonyos. Az első a Mély-, a Bövényes-, Vendégkönyves-, Mamutfogas- esetleg Hadik kút térsége, a második a Táncsics Mihály utca, Fortuna utca és az Országház utca É-i részét magába foglaló terület (Mérőórás,

3.7. táblázat. Barlangi kutak vízádóképessége

Kutak vízádóképessége	1971	1993	1994	1996
	(l/nap)			
Dísz tér 15.	–	–	480,00	1 008
Mély	3,9	–	3,84	–
Bövényes	16,0	–	14,40	–
Vendégkönyves	43,0	–	–	–
Labirintus	–	1296	744,00	720
Mamutfogas	–	–	43,20	–
Mérőórás	–	744	480,00	–
Barlangos	–	552	38,40	–
Ciszterna	9,3	–	–	–
É-i Labirintus	–	–	89,12	528
Rendőrség	–	–	5 400,00	7 200
Táncsics M. u. 5.	–	–	10 080,00	12 000
Táncsics M. u. 15.*	–	–	13 000,00	12 000
Fortuna u. 21.	–	–	1 440,00	1 440

* A Táncsics M. u. 15. alatti kútnak több vizsgálati eredménye is a rendelkezésemre állt, hozama minden mérési időszakban meghaladta a 10 000 l/nap-ot.

Barlangos, É-i Labirintus, Rendőrség, Táncsics Mihály u. 5. és 15., Fortuna u. 21.) (3. sz. melléklet).

A Mély- és a Bövényes kút értékeinél látható, hogy a nagy időpontbeli eltérés ellenére a hozamok szinte teljesen megegyeztek a két mérés alkalmával. Az 1993-as és az 1994-es eredmények különbségei figyelhetők meg három kútnál: a Labirintus- és a Mérőórás kút hozama közel a felére, a Barlangosé pedig egy nagyságrenddel csökkent. Bár egy-egy kút vizsgálatának pontos időpontját nem tartalmazzák a jelentések, a dokumentumok dátumozása szerint 1993 végén, illetve 1994 januárjában mérték a visszatöltődéseket. Ezért a fenti három kútnál a jelentős vízhozamcsökkenés kapcsolatba hozható a csapadék mértékének változásával. Ugyanis 1993 októberében 134,9 mm csapadék hullott, ami rendkívül nagy mennyiség, az utána következő hónapokban pedig rendre: 82,3, 53,1 és 43,7 mm. Tehát feltételezhető, hogy az első mérés idején a nagy csapadék hatására jóval több víz raktározódott a kőzetben, mint később. Kessler H. szerint a kutak vízutánpótlódása nem közvetlenül a csapadékból, hanem a rétegekben tárolt statikus vízkészletből történik. Erre a visszatöltődéskor mért hőmérséklet-emelkedésből következtetett (KESSELER 1971).

A Labirintus kútjának 1996-os vizsgálatakor regisztrált hozam viszont nem változott a két évvel korábbihoz képest. A Táncsics Mihály utca két kútja minden alkalommal 10 000 l/nap fölötti hozamú volt. (A további fejezetekben ennek okaira visszatérek.)

A rendőrség alatti Országház utca 9–11. pinceszakasza kitüntetett szerepű a Polgárváros É-i részén. Itt egykor szivattyú gépház állt, amelynek tönkrement beren-

dezéseit a DBK szakemberei automata búvárszivattyúra cseréltek. A szivattyú-zsompba a Labirintus környékbeli csatornái és a falazaton kívülről csurgók vannak bekötve. Feltehetően ennek a kútnak a vízutánpótlódása nagyobb területről származik, mint a többi kúté.

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

3.3.4. Vízkémia

A barlangi kutak vizeinek múlt század eleji kémiai vizsgálatainak eredményeit több tanulmány is rögzíti (SZONTAGH 1908; HORUSITZKY 1939).

Az 1970-es átfogó kútvíz vizsgálatok alkalmával a FŐMTERV Rt. vegyi laboratóriumában végezték az elemzéseket. Az 1994-es vizsgálatok a BME, Vízellátás – Csatornázás Tanszék laboratóriumában (HAJNAL 1995), míg 1998-tól ismét a FŐMTERV Rt. laboratóriumába készültek. A két labor egymástól eltérő típusú vizsgálatokra rendezkedett be, ennek következtében az adatok sokszor nem vehetők össze egymással, a táblázatokban többször nem szerepelnek a 94-es adatok, viszont abból az időből részletes oldott elem vizsgálati eredmények állnak rendelkezésemre. A táblázatokban az MSZ 448/31 kutakra vonatkoztatott tűrhető határértékeket tüntettem fel.

A vizek *pH* értéke 7–8,5 között mozog, lényeges változások az egyes kutaknál nem tapasztalhatók. Egyedül a Rendőrség alatti zsompban mértünk 6,5-ös *pH*-t, aminek az lehet a magyarázata – ahogy már az előző pontban említettem –, hogy ez a kút lényegesen nagyobb területről táplálkozik, mint a többi, és a csapadékkal és a barlangi közművekkel is intenzív kapcsolatban áll (3.8. táblázat).

Az Mg^{2+} jelenlétét a legújabb vízmintáknál vizsgáltuk részletesen. A magnézium a kőzetoldódásból származhat (pl. gellérthegyi ásványvíz), a szennyvízhez nincs köze. Éppen ezért meglepőek a kiugró mértékű változások a néhány hónap különbséggel végzett vizsgálatoknál. A vizsgált 11 kútból hatnak a vízében nem voltak nagy változások, a többi 5 kútban sokszorosára nőtt, vagy éppen csökkent a magnéziumtartalom két mérés között. A Kávészó- és a Barlangos kút 120 mg/l körüli értéke közel a kétszerese a hévízkutaknál mért értékeknek (70 mg/l). A magnézium uralkodóan a dolomit alkotója, így elképzelhető, hogy az édesvízi mészkő valamilyen mértékben dolomitot is tartalmaz, ahogy azt néhány talajmechanikai fúrás leírásánál jelezték is (FŐMTERV 1971) (3.9. táblázat).

Az aggteleki karszton végzett kutatásoknál megállapították, hogy a szárazabb periódusokban a vizekben az Mg -ion tartalom nagyobb mértékben feldúsul, mint ami a vízgyűjtőterületen a mészkő és a dolomit terület arányából következne (MAUCHA 1998).

A vegyészek véleménye szerint az Na^+ túlnyomó része ezen a területen az utak sózásából származhat. Ezért érdekes az egyes kutak közötti nagyságrendi eltérés, főleg azért, mert a vizsgálatok olyan időszakban történtek, amikor nem sózhattak (1994. VII. és IX. hó) (3.10. táblázat).

A nagy nátriumtartalmú kútvezetekben kicsi emelkedés, a kis nátriumtartalmúakban enyhe csökkenés volt tapasztalható. Csak ennek az elemnek a figyelembevételével arra lehet következtetni, hogy a Barlangos- és a Hadik kút hosszú ideig nem eresztí el a vizét (esetleg a Labirintus kút is ide sorolható, de abból csak egy víz-mintavétel történt), míg a többi kútból elszivárog, illetve friss vízzel keveredik a kútvíz.

A kútvezetekben az NH_4^+ jelenléte egyértelműen szennyeződésre utal. Az eredmények alapján egy kút sem áll állandó kapcsolatban a csatornahálózattal, de egy-egy nagyobb szennyezés többször is megfertőzött néhány kutat. A Kávézó kút vize 2000-ben, míg a Vendégekőnyves kút vize 1970-ben szennyeződött erősen, s minden mértéket meghaladt a Barlangos kút vizének 1971. februári ammóniatartalma (20,1 mg/l). Ez közel húszszorosa a hévízkutak szokásos értékeinek (3.11. táblázat).

Az NO_3^- is szennyvíz jelenlétére utal. A táblázatban látható, hogy a mérések időpontjában csak a Labirintus- és a Rendőrség kútjában fordult elő, hogy a nitráttartalom nem lépte túl a tűrhető, 80 mg/l-es határértéket. Kiugróan magas értéket a MÉRŐÓRÁS- és a Hadik kút vízmintáinál tapasztaltunk (3.12. táblázat).

Időben mindegyik kútnál csökkenő tendencia figyelhető meg, ami részint a szennyezőforrás (csatorna) hibáinak kiküszöbölése miatt is lehetséges, részint pedig annak köszönhető, hogy a csapadékvíz is és a vezetékes víz is hígítja az NO_3^- -at. Tehát a MÉRŐÓRÁS kút csökkenő értékei a csapadékkal való szoros kapcsolatot jelenthetik, míg a Nagy kút viszonylag tartós, a határérték feletti nitráttartalma gyenge kapcsolatot feltételez a csapadékkal.

Az NO_2^- meghatározására jóval kevesebb vizsgálat történt, mint az előző paraméterre, de itt is jól látható, hogy minden kút vize többszörösen túllépte a 0,1 mg/l-es határértéket (3.13. táblázat).

A Barlangos kút sokszoros határérték túllépése (28 mg/l!) ugyanarra az időre esett, mikor a kút vizének ammóniatartalma is rekordot döntött, ami egyértelműen koncentrált szennyvíz megjelenésére utal.

A magas Cl^- -tartalom élénk kapcsolatot feltételez a felszínnel, mivel származhat sózásból, illetve kisebb mértékben vezetéki vízből. A vári kútvezetek többsége az ásott kutak tűrt határértékét (30 mg/l) jelentősen túllépte (3.14. táblázat).

A Bölényes-, a Labirintus- és a Barlangos kutakban lévő vizekben mértek több alkalommal is 1000 mg/l körüli Cl^- tartalmat, s a Hadik kút vize is többször érte el a 600 mg/l körüli értéket. Érdekes, hogy a kiugró eredmények a nyári mérésorozat alkalmával születtek, tehát a magas klórtartalmat akkor nem eredményezhette sózás.

Az SO_4^{2-} oldódhat kőzetből, betonból és gipszből is. Több kút vize (Kávézó, Mamutfogas, Labirintus, Rendőrség, Hadik) egyszer sem érte el a 300 mg/l-es határértéket. Négy kútnál is az 1999. 07. 20-i mintavételezéskor volt a legkisebb a szulfáttartalom. Ebben a kémiai paraméterben háromszor is maximumot ért el a Nagy kút vize, s az eddig több elem alapján is szennyezettnek ítélt Barlangos kút vize is sok szulfátot tartalmazott (3.15. táblázat).

Négy kút vize (Bölényes, Nagy, Barlangos és Hadik) haladta meg a talajban szivárgó vizek vezetőképességét (1600 ms) (3.16. táblázat).

3.8. táblázat. Barlangpincék kútjainak vízkémiai vizsgálata, pH érték

Kávézó	Nagy	Vendég- könyves	Bölcényes	Mamut- fogas	Mérőóras	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Észlelési idő
8,3	7,6	8,5	8,2	7,7	8,0	8,4		7,9		8,1	1970.11.16.
8,5	8,3	8,6	8,3	7,9	8,0	8,6		8,3		8,2	1971.02.11.
				7,9	8,3	8,1	7,5	8,1	8,0	7,8	1999.04.28.
7,8	7,8	8,1	7,8								1999.05.04.
7,4	7,4	7,2	7,7	7,9	7,6	7,5		7,8		7,7	1971.05.23.
7,8	7,6	8,1	7,7								1999.07.19
				7,9	8,2	7,6	7,8	8,0	6,6	8,2	1999.07.20.
7,6	7,9	7,9	7,8								1999.11.16.
7,6	7,6	7,5	7,6								2000.01.19.

3.9. táblázat. Barlangpincék kútjainak vízkémiai vizsgálata, Mg²⁺-tartalom

Kávézó	Nagy	Vendég- könyves	Bölcényes	Mamut- fogas	Mérőóras	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Észlelési idő
				57,5	58,4	70,9	67,1	125,5	63,2	75,7	1999.04.28.
41,2	49,8	55,6	78,6								1999.05.04.
19,2	34,5	27,8	63,2								1999.07.19.
				28,7	11,5	69,9	54,6	33,5	48,9	49,8	1999.07.20.
23,4	39,4	26,2	82,5								1999.11.16.
115,3	62,8	14,1	65,6								2000.01.19.

3.10. táblázat. Barlangpincék kútjainak vízkémiai vizsgálata, Na⁺-tartalom

Mamut- fogas	Mérőóras	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Török	Észlelési idő
81,5	68,3	107,3		386,6	25,3	315,7		1994.07.06.
78,1	66,4	35,1	197,2	415,0	19,0	364,6	109,5	1994.09.21.

3.11. táblázat. Barlangpincék kútjainak vízkémiai vizsgálata, NH₄⁺-tartalom

Kávészó	Nagy	Vendég- könyves	Böhlényes	Mamut- fogas	Mérőórá	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Észlelési idő
0,6	1,2	3,4	0,6	0,6	1,2	0,6		1,2		0,6	1970.11.16.
0,2	0,2	1,4	0,2	0,2	0,2	1,0		20,1		0,2	1971.02.11.
				0,4	0,4	0,4	0,6	0,0	0,2	0,4	1999.04.28.
1,0	0,2	0,4	0,2								1999.05.04.
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		0,4		0,2	1971.05.23.
0,0	0,4	0,1	0,1								1999.07.19.
				0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1999.07.20.
0,2	0,2	0,2	0,2								1999.11.16.
1,8	0,2	0,8	0,2								2000.01.19.

3.12. táblázat. Barlangpincék kútjainak vízkémiai vizsgálata, NO₃⁻-tartalom

Kávészó	Nagy	Vendég- könyves	Böhlényes	Mamut- fogas	Mérőórá	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Észlelési idő
85	128	115	110	75,8	644	177		16		414	1970.11.16.
74	106	174	136	64,8	500	168		0,5		43,2	1971.02.11.
				180	144	190	60	144	48	170	1999.04.28.
8	208	28,8	96								1999.05.04.
106	78	100	88	56	397	140		0,03		38	1971.05.23.
0	181,8	16,4	14,5								1999.07.19.
				143,6	136,4	138,2	12,7	83,6	20	23,6	1999.07.20.
2	190	60	116								1999.11.16.
0	168	16	118								2000.01.19.
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	Határérték

3.15. táblázat. Barlangpincék kútjainak vízkémiai vizsgálata, SO₄²⁻-tartalom

Kávézó	Nagy	Vendég- könyves	Bövényes	Mamut- fogas	Mérőórás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Észlelési idő
185	997	224	393	225	374	304		485		145	1970.11.16.
170	1120	220	360	210	380	320		452		160	1971.02.11.
				100	100	270	230		250	210	1999.04.28.
	310		310					330			1999.05.04.
288	1024	354	385	222	375	294		434		163	1971.05.23.
		154	250					400			1999.07.19.
				100	100	80	100		230	269	1999.07.20.
	480	250	440								1999.11.16.
290	480	210	170								2000.01.19.
300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	Határérték

3.16. táblázat. Barlangpincék kútjainak vízkémiai vizsgálata, vezetőképesség

Mamut- fogas	Mérőórás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Török	Észlelési idő
1280	1330	1420		3800	690	2080		1994.07.06.
1080	1190	670	1800	3380	530	2050	1700	1994.09.21.

3.17. táblázat. Barlangpincék kútjainak vízkémiai vizsgálata, oxigénfogyasztás

Mamut- fogas	Mérőórás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Török	Észlelési idő
2,80	2,72	3,44		2,48	1,84	2,00		1994.07.06.
3,04	2,80	2,96	2,48	1,68	1,04	2,08	2,80	1994.09.21.

A vezetőképességet csak nagyon ritkán mértük, hasonlóan az *oxigénfogyasztás*-hoz (3.17. táblázat).

Mindkét paraméternél a Rendőrség alatti kút vize érte el a minimumot. Az oxigénfogyasztás egy kútban sem érte el a 3,5 mg/l-es határértéket.

Az MTA Atommagkutató Intézetében (Debrecen) vizsgálták meg 8 kút vizét $\delta^{18}\text{O}$ módszerrel, a kutakban található hálózati víz részarányának kimutatására (Debreceni Búvárklub 1996).

Szokás szerint délről északra haladva mutatom be a kapott eredményeket (3.18. táblázat).

3.18. táblázat. A barlangi kutakban kimutatott hálózati víz részaránya (Debreceni Búvárklub 1996)

Kutak	Hálózati víz részaránya (%)
Dísz tér 15.	61,9
Labirintus	9,9
Hadik	0,0
É-i labirintus	0,0
Táncsics Mihály u. 5.	75,0
Rendőrség	71,6
Táncsics Mihály u. 15.	78,6
Fortuna u. 21.	55,9

Összefoglalás

(Kutankénti megállapítások a vízkémiai eredmények alapján 3. sz. melléklet)

A *Dísz tér 15. kút* vizét csak 1908-ban vizsgálták, a közelmúltban a hálózati víz részarányát mérték. E szerint a víz közel kétharmada hálózati vízből táplálkozik.

A *Mély kútról* szintén csak 1908-as adatok állnak rendelkezésre, az akkor mért értékek közül kiemelkedett a víz klórtartalma (228,4 mg/l).

A *Böleányes kút* magnézium- és klórtartalma volt jelentős, ami a kőzetoldódásból és a sózásból származhat. A víz vezetőképessége is rendkívül magas volt 1999-ben.

Minden paraméternél átlépte a *Nagy kút* vize a tűrhető határértéket, jelentősen a klórnál, és itt volt a legnagyobb a szulfáttartalom.

A *Kávészó kút* vizének magnéziumtartalma a többszörösére nőtt 1999-ben négy hónap alatt, 2000-ben pedig az ammóniumtartalma volt kiugróan magas.

A *Vendégkönyves kút* vize az 1970–71-es mérések idején ammóniával volt erősen szennyezve, a többi kémiai paraméter legtöbbször a tűrhető értéken belül maradt.

A nátrium és a klór mennyisége volt magas a *Labirintus kút* vizében, ami sózásra utal. A hálózati víz részaránya igen csekély volt (9,9%), és a szennyvizekre utaló anyagok is a határérték alatt maradtak.

1938-ban a *Mamutfogas kút* vizének oxigénfogyasztása volt kiemelkedő (5,46), s az 1994-es mérések idején is magas volt ennek a paraméternek az értéke: 3 mg/l. A többi paraméter átlagosnak mondható a többi kúthoz képest.

A klór-, a nátrium- és a nitráttartalom volt kiemelkedő a *Hadik kút* vizében, valamint a nitrit mennyisége is jóval a határérték fölé emelkedett. A mérések szerint a vezetéki vízzel nincs kapcsolata a kút vizének (0%). Itt volt a második legnagyobb a vezetőképesség, a két mérési időpont között alig változott.

A *Török kút* vizének vezetőképessége viszonylag magas, nagyon kevés mintát vettek ebből a kútból.

A *Német kút* vizének nitrát- és nitrittartalma rendszeresen túllépte a határértéket.

A hetvenes években a *Mérőórák kút* vizének volt a legnagyobb a nitráttartalma, az újabb méréssorozat idejére lecsökkent, noha így is a kétszerese a megengedettnek.

Több kémiai elem mennyisége is a *Barlangos kút* vizében volt a legmagasabb: nitrit-, klór-, nátrium-, ammóniumtartalom, és a vezetőképesség is itt volt a legmagasabb. Ezek a mennyiségek különböző időpontokban tetőztek, ezért feltételezhető, hogy ez a kút reagál legérzékenyebben több felszíni kapcsolatra is (sózás, csatorna).

A *Ciszterna kút* vizében hetvenes évekbeli méréssorozat alkalmával minden paraméter a határérték alatt maradt, kivéve a nitrittartalmat, ami 1971-ben 380-szorosa volt a megengedettnek. Az 1999-es vizsgálatok idején a kloridion- és a nitrátion-tartalom volt kimagasló (Cl^- 958,5 mg/l, NO_3^- 240 mg/l).

Az *É-i labirintus kútban* a vezetéki víz részaránya 0%-os volt, s csak a klórion-tartalom lépte túl a megengedett határértéket, ami mindkét alkalommal azonos mennyiségű volt.

Az oxigénfogyasztás értéke a *Rendőrség kútban* volt a legalacsonyabb, a klórion-tartalom az átlagos érték körül mozgott (180 mg/l), a többi szennyező elem jóval a határérték alatt maradt. A vezetékes víz részaránya 71,6%-os volt.

A *Táncsics Mihály u. 5. kút* vizéből vízkémiai vizsgálat nem készült, a vezetéki víz részaránya 75%.

A *Táncsics Mihály u. 15. kút* vizéről néhány vízkémiai adat áll rendelkezésre, ezeknél az elemek a határértékek alatt maradtak. A vezetéki víz részaránya itt volt a legmagasabb: 78,6%.

A *Fortuna u. 21. kút* vizének vezetéki víz részaránya itt is meghaladta az 50 százalékot, egyéb kémiai vizsgálatok nem készültek.

3.3.5. Áramlási viszonyok

Az 1970-es vizsgálatok idején vízállásváltozásokból igyekeztek meghatározni az áramlási viszonyokat (KESSLER 1971). A kutak közötti kommunikáció meghatározására egyidejű próbaszivattyúzást és vízfestést (4. kép) alkalmaztak (Debreceni Búvárklub 1994).

Kessler H. a vízfestést azért nem tartotta indokoltnak, mert szerinte a területen olyan kicsi a szivárgási sebesség, hogy a vizsgálat évekig tartana. Az újabb vizs-

gálatok csak részben igazolták ezt a feltételezést, mivel néhány kút kommunikál egymással. A többi kút viszont valószínűsíthetően egyáltalán nem. A vízállásokból feltételezett áramlási irányok nem bizonyosodtak be, sőt egyes esetekben megcáfoltuk azokat (lásd Hadik és Mamutfogas kút).

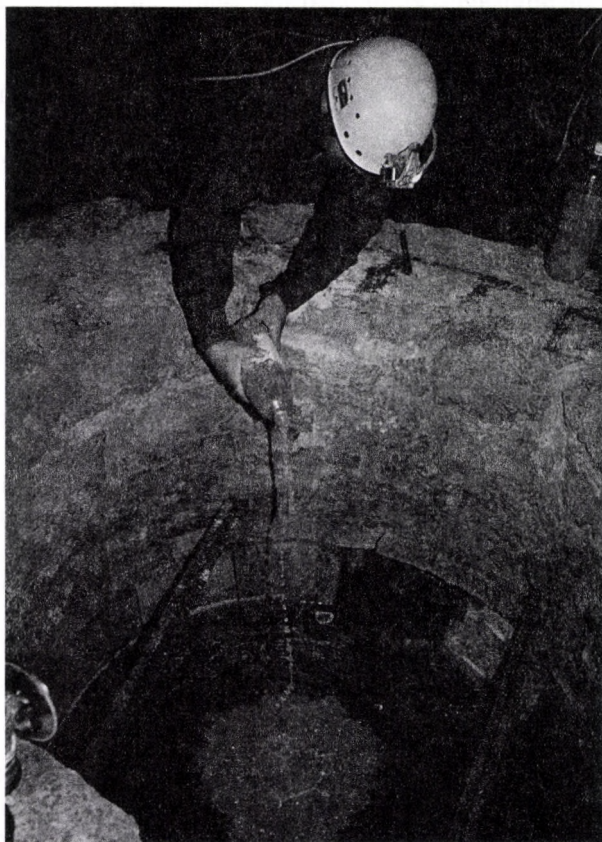
Az 1994-es próbaszivattyúzás a következő eredményeket hozta:

A Dísz tér 15. ház alatti kút leszívására a Nagy kút vize kis mértékben (2 cm) reagált.

Az É-i Labirintus kút leszívására érzékenyen reagált a Rendőrség kút vize (15 cm), viszont fordított esetben (utóbbi kút szivattyúzásakor) nem reagált az É-i Labirintus kút vize.

A Török kút szivattyúzását egy környező kút (Hadik, Német) sem érezte meg.

A vízfestéses vizsgálat komoly eredményt a Táncsics Mihály u. 15. számú kút-víz vizsgálatakor hozott, mivel a fluoreszcénes víz megjelent a Várlejtőn, a Kagyló lépcső mellett (3. sz. melléklet.)



4. kép. Vízfestéses vizsgálat az áramlási viszonyok megállapítására (Czakó L. felvétele)

3.3.6. Összefoglalás

Ebben a pontban először a kutankénti megállapításokat összegzem (3.19. táblázat), majd az általános észrevételeket veszem sorra.

A *Dísz tér 15. kút* hozama közepesnek mondható, minden bizonnyal északi irányból kap vízutánpótlódást. (A Nagy kúttal kommunikál.) A vezetékes víz részaránya meghaladta a 60%-ot, a többi felszínről érkező vízzel való kapcsolat megállapítására nincs adatunk.

A *Mély kút* hozama igen kicsi, ugyanakkor a csapadéokra érzékenyen reagál. Elképzelhető, hogy vize folyamatosan dél felé szivárog.

A *Bövényes kút* hozama kicsi, hőmérséklete a második mérési időszakra megemelkedett (a fűtött részben található). A csapadéokra érzékenyen reagál, a víz klórtartalma jelentős. Vélhetően közvetlenül érintkezik a csapadékkal, mert szennyvízre utaló nyomok nem voltak a kút vizében (a csatorna egyesített rendszerű).

3.19. táblázat. A barlangi kutak vízvizsgálatainak főbb eredményei

Kút	Csapadék- kapcsolat	Víz- hőmérséklet	Vizadó- képcség	Közmű- kapcsolat	Áramlás
Dísz tér 15.	–	–	közepes	vezetési víz	Nagy kút felől
Mély	erős	–	kicsi	–	Dél felé
Bövényes	erős	magas	kicsi	–	–
Nagy	közepes	magas	–	szennyvíz	Dél felé
Kávézó	gyenge	magas	–	–	–
Vendég- könyves	közepes	magas	kicsi	–	–
Labirintus	–	–	közepes	–	–
Mamutfogas	közepes	követi a lég- hőmérsékletet	kicsi	–	–
Hadik	erős	nagyon élénk léghőmérséklet követés	–	szennyvíz	nem kommunikál
Török	gyenge	követi a lég- hőmérsékletet	–	–	nem kommunikál
Német	közepes	követi a lég- hőmérsékletet	–	szennyvíz	–
Mérőórák	közepes	követi a lég- hőmérsékletet	közepes	szennyvíz	–
Barlangos	közepes	magas	közepes	szennyvíz	–
Ciszterna	–	–	kicsi	szennyvíz	–
É-i labirintus	–	–	közepes	–	Észak felől
Rendőrség	–	–	nagy	vezetési víz	Észak felől
Táncsics M. u. 5.	–	–	nagy	vezetési víz	–
Táncsics M. u. 15.	–	–	nagy	vezetési víz	Észak felé
Fortuna u. 21.	–	–	közepes	vezetési víz	–

A *Nagy kút* csapadékra rendszertelenül reagál, hőmérséklete magas. Minden szennyező anyag megtalálható volt benne, csatornával lehet közvetlen kapcsolata.

A *Kávézó kút* a magas vízhőmérsékletű kutak közé tartozik, hozamáról nincs adatunk. A víz magnéziumion-tartalma többször magas volt, vízállása nem a csapadék függvényében mozgott.

A *Vendégkönyves kút* viszonylag tiszta vizű, a csapadékra csak mérsékelten reagál. Hozama kicsi, hőmérséklete magas.

A *Labirintus kút* hozama közepes, a vezetéki víz részaránya 10%. A kémiai elemek a határértékek alatt maradtak. Közeten átszivárgó vezetéki vízzel és csapadék-vízzel lehet kapcsolata.

A *Mamutfogas kút* hozama csekély, csapadékra változóan reagál. Csak az oxigénfogyasztása tűnik tartósan magasnak.

A *Hadik kút* vize érzékenyen reagál a csapadékra és a léghőmérsékletre, ugyanakkor a környező kutakkal nem kommunikál. Vezetéki vízzel nem keveredik, viszont a szennyvizekkel szoros a kapcsolata.

A *Török kút*nak a csapadékkal nincs szoros kapcsolata, és a környező kutakkal sem kommunikál. Hőmérséklete követi a barlangi léghőmérsékletet.

A többi kúthoz képest a *Német kút* vize átlagos hőmérsékletű. A szennyvízzel van kapcsolata, erre utal magas nitrát- és nitrition-tartalma. Csapadékra változóan reagál.

A *Mérőórás kút* vizének nitráttartalma rendszeresen magas, csapadékra változóan reagál. Hozama és hőmérséklete közepes.

A *Barlangos* erősen szennyezett vizű kút, a labirintusnak ezen a szakaszán a legmelegebb is. Hozama közepes, csapadékra változóan reagál.

A *Ciszterna* hozama kicsi, vize szennyvízzel keveredik.

Az *É-i labirintus* viszonylag tiszta vizű kút, vezetéki vízzel nincs kapcsolata. Hozama közepes. A Rendőrség kút vizéből kaphat utánpótlást.

A *Rendőrség kút* hozama nagy, a vezetéki vízzel élénk a kapcsolata. A környező szivárgó vizeket gyűjti, nagy valószínűséggel csak É-i, ÉNy-i irányból.

A *Táncsics Mihály u. 5. kút* hozama a többi kúthoz képest kimagasló, a vezetéki víz részaránya szintén.

A *Táncsics Mihály u. 15. kút* hozama a többi kúthoz képest kimagasló, a vezetéki víz részaránya szintén. A kút vize északi, lejtő irányban elszivárog.

A *Fortuna u. 21. kút* hozama közepes, a vezetéki víz részaránya 55,9%.

Általános megállapítások

1. A vízkémiai vizsgálatok bebizonyították, hogy egy kútban sincs ivóvíz minőségű víz.
2. A csapadékatatok függvényében vizsgált vízállásváltozások, a kémiai paraméterek és a próbaszivattyúzások eredményeinek figyelembevételével megállapítható, hogy a kutak között nincs olyan mértékű kommunikáció, amelyet Kessler H. feltételezett.

3. Vízadóképesség szempontjából a terület két jól elkülöníthető – É-i és D-i – részre osztható.
4. A kútvizek hőmérséklete szorosan összefügg a léghőmérséklettel.
5. Jelentős víznívósüllyedés következett be valamennyi kútnál, átlagosan 2 m-es volt a depresszió a két mérési időszak között. (Ennek oka a jelentős ivóvíz-betáplálás csökkenésben keresendő, melyre disszertációm „Vízmerleg” fejezetében részletesen kitérek.)

3.4. Csepegő vizek

Az adatok időben és térben is rendkívül szórtaak, ezért azok ismertetésén túl, csak néhány összehasonlításra és az azokból fakadó következtetésre van mód.

Az 1885-ös vizsgálatok idején csak a csepegési helyeket állapították meg, egyéb mérést nem végeztek (RÉTINÉ 1994). A korabeli leírások alapján igen nehéz feladat volt a csepegési helyek azonosítása, mivel az utcanevek és a házzámozás többször megváltoztak 116 év alatt, ezenkívül több pontatlanságot is észleltünk a szövegekben. Az Alagút víztelenítéséhez készített tanulmány is számos csepegési helyet tüntet fel (SZONTAGH 1908) (4. sz. melléklet).

A harmincas években négy üreg csepegő vizét gyűjtötték be vizsgálatra, ezekből két helyszín megegyezett az 1885-ös észlelés helyszínével (Fortuna u. 1., és Országház u. 4.) (HORUSITZKY 1938).

Komoly, több részletre kiterjedő vizsgálat csak 1970-ben készült (KESSLER 1971). Hat mérési pontot jelöltek ki, ezek közül csak ötöt tudtam egyértelműen beazonosítani, az I.-es pont helye csak feltételezhető. Négy helyről két különböző időpontban vettek mintákat vízkémiai elemzés céljából.

A szulfáttartalom a két időpont között három helyen csekély mértékben növekedett, a III. számú mérőponton kis mértékben csökkent, de mindegyik alkalommal magasán túllépte a jellemző szélsőértéket (60 mg/l). Ammónia és nitrit kis mennyiségben mindegyik mintában jelentkezett. A nitráttartalom egy alkalommal haladta meg jelentősen a tűrhető (80 mg/l) értéket. Összehasonlításképpen bemutatom más hazai barlangjaink csepegő vizeinek kémiai paramétereit (3.20. táblázat).

A kémiai vizsgálatokon túl, a mérési pontokon megállapították a csepegő vizek mennyiségét és elektromos ellenállását is (1 m²-es fóliák segítségével regisztrálták a csepegés intenzitását) (3.21. táblázat).

3.20. táblázat. Barlangi csepegő vizek kémiai paramétereit (MAUCHA 1989)

pH	Vezető- képesség (micro S)	Összes keménység (nkf)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)
7,5–7,8	620–790	14–25	90–160	0,5–19	200–480	3–30	25–60	0,5–90	0–0,8

3.21. táblázat. Barlangi csepegő vizek elektromos ellenállása és csepegésintenzitása
(KESSLER 1971)

Mérés időpontja	I. Ohm	I. ml/perc	II. Ohm	II. ml/perc	III. Ohm	III. ml/perc	IV. Ohm	IV. ml/perc	V. Ohm	V. ml/perc	VI. Ohm	VI. ml/perc
02.14.	555		316		943		333		130		1018	
02.21.	559	9,00	307	1,96	953	10	331	1,28	129	5,38	1038	2,48
02.28.	536	6,50	311	1,45	935	19	325	1,29	126	3,54	1012	2,22
03.07.	532	5,62	311	0,98	941	22	336	1,32	125	2,46	1024	2,19
03.14.	551	5,00	318	0,79	878	24	334	1,12	126	2,18	992	2,05
03.21.	534	4,92	325	0,94	898	35	329	1,11	127	1,83	956	3,11
03.28.	546	5,00	328	0,72	905	66	342	1,00	128	1,03	951	3,04
04.04.	542	3,58	314	0,60	894	71	355	1,19	132	0,87	940	2,57
04.11.	557	4,16	330	0,71	883	84	348	0,96	130	0,58	897	2,74
04.18.	557	3,27	330	0,72	890	100	353	0,97	134	0,23	866	4,84
05.02.	628	4,25	326	0,67	958	105	360	1,00	141	0,34	803	5,27
05.09.	589	3,92	337	0,89	964	114	358	0,96	–	–	786	5,29
05.16.	588	4,60	339	1,73	986	112	361	1,08	–	–	801	3,09
05.23.	582	4,32	340	1,18	1200	130	363	1,14	–	–	814	2,70
05.30.	600	5,10	342	0,76	1050	124	380	0,71	–	–	827	2,71

3.22. táblázat. A csepegésintenzitásokból számított hozamok négyzetméterenként (KESSLER 1971)

Mérőhely	Hozam (l/nap m ²)
I.	7,0
II.	1,4
III.	200,0
IV.	1,6
V.	1,8
VI.	4,8

3.23. táblázat. Részterületeken beszivárgó vízmennyiségek (KESSLER 1971)

Mérőhely	Vizesedési felület (m ²)	Beszivárgott vízmennyiség (l/nap)
I.	10	70,0
II.	1	1,4
III.	30	6000,0
IV.	10	16,0
V.	1	1,8
VI.	40	190,0

Egyedül a III. számú mérőhely csepegő vizének eredményeiből következtethetünk vezetéki víz jelenlétére, mivel a szennyeződés mértéke itt volt a legkisebb, az intenzitás pedig a csapadéktól függetlenül változott, és a magas elektromos ellenállás értékek is ezt bizonyítják. A többi csepegő vízhez egyértelműen keveredett szennyvíz is, és csapadékvíz is. Az I. számú mérőhely reagált legérzékenyebben a hóolvadásra.

A hozammérések átlagolásával megállapították a négyzetméterenkénti hozzáfolyást (3.22. táblázat).

A hat mérési ponton kívül még 13 helyen figyelték a csepegő vizeket, s ezek együttes értékelésével nagyobb területekre meghatározták a beszivárgó hozamokat (3.23. táblázat).

Ezen adatok alapján kiszámították, hogy egy-egy vizesedési helyre átlagosan 1050 l víz jut naponta. Ez a 18 000 négyzetméteres Nagy Labirintusra vetítve 20 000 liter beszivárgást jelent egy nap alatt.

A következő vizsgálati periódus 1984-re esett (FŐMTERV 1984). Ennek eredményei csak hiányosan maradtak fenn, mivel a cég nem minden irodája őrzi megtartóan a szakvéleményeit, terveit. Ezért csak térképlapok, s néhány vízkémiai adat állt a rendelkezésemre. Összefoglaló térképemen (4. sz. melléklet) csak azokat a csepegési helyeket tüntettem fel, ahonnan vízmintát is vettek, s aminek az eredményei dokumentálva voltak. A Labirintus déli részén a szulfát- és a nitráttartalom többször volt nagyon magas, együttesen viszont csak két alkalommal, ami biztosan a szennyvíz jelenlétére utal. A klórtartalom is többször meghaladta a tűrhető értéket. A Futárfolyosón volt az egyetlen olyan csepegési hely, amely a vizsgált elemekre megfelelt, kivéve az ammóniumionra, ami viszont itt érte el a maximumot.

Az 1994-es vízkémiai vizsgálatokat a BME Vízellátás Csatornázás Tanszék laboratóriumában végezték (HAJNAL 1995). Ekkor a vizek „tisztának” minősültek, kivéve a „D” mérési helyen, ahol a nátriumtartalom és az oxigénfogyasztás értéke volt magas.

Az 1999-ben újra kezdett vizsgálatoknál csak három mérési helyet céloztunk meg, viszont ebből kettőt rendszeresebben kívántunk megfigyelni. Míg a Labirintus déli részén a két mérési időpont között a klór- és a nitráttartalom nőtt (a klór

3.24. táblázat. Budai barlangok csepegő vizeinek összehasonlítása a kémiai paraméterek alapján (NÉMEDI et al. 1988 nyomán)

Barlang neve (mintaszám)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)
Pálvölgy (42)	0,08	0,14	106	2000	855,0
Szemlő-hegy (19)	0,05	0,27	189	530	302,0
Mátyás-hegy (17)	0,03	0	110	1150	475,0
József-hegy (38)	0,09	0	218	93	42,0
Ferenc-hegy (28)	0,10	0,02	182	2230	969,0
Vár-barlang (19)	0,03	0,03	165	484	300,0
Általam feldolgozott vári mérési eredmé- nyek maximuma	2,40	0,10	264	1526	128,1

sokszorosára), addig a Futárfolyosón a nitráttartalom csökkent, míg a Cl⁻ és az SO₄²⁻-tartalom jelentősen nőtt. Elvileg sem volna helyes a különböző időpontokban vizsgált csepegési helyek vizeinek tulajdonságait összehasonlítani, ám erre nem is volt lehetőségem az adatok időbeli és térbeli eltérése miatt. Viszont két helyen összevethető volt a kútvizek és a csepegő vizek tulajdonsága, amelyből néhány következtetés tehető. A Nagy kút környezetében beszivárgó vizek hasonlóak a kút vízhez, magas NO₃⁻- és SO₄²⁻-tartalmúak, és szennyvízből táplálkozhatnak. A Rendőrség kút vize, s a környező csepegő vizek egyaránt a vezetéki vízből táplálkoznak.

A rózsadombi barlangok vizsgálatakor a csepegő vizek tulajdonságait összevettem néhány Vár-barlangi csepegő víz kémiai paraméterével (NÉMEDI et al. 1988). Sajnos a pontos mintavételi helyeket nem jelölték, az adatokat táblázatosan közölték. Ezekből csak a maximumértékeket mutatom be (3.24. táblázat).

Jól látható, hogy néhány paraméter szempontjából a vári vizek voltak a legkevésbé szennyezettek. Azonban a maximumértékek szinte minden elem vizsgálatakor messze elmaradtak (sokszor fele, harmada) az általam ismertett értékektől. Vagyis a saját mérési adataimmal összevetve a rózsadombi mérések eredményeit, megállapítható, hogy a Vár-barlang vizei a szennyezettebbek közé tartoznak. (Különösen az ammónium- és a nitráttartalom szempontjából.) Ez természetes is a földtani viszonyok (vékony takaróréteg) és az eddig bemutatott urbanizációs hatások (közművek) következtében. Gyaníthatóan hasonló eredményeket mutatnának a bakterológiai vizsgálatok is, amelyek elvégzésére a vári kutak esetében eddig nem volt lehetőségem. A fenti tanulmány szerint a barlangok vizei között a bakterológiai vizsgálatok szempontjából (10 paraméter alapján) a következő a sorrend (a legkedvezőbbtől indulva): Pálvölgy, Vár-barlang, Szemlő-hegy, József-hegy, Mátyás-hegy, Ferenc-hegy (NÉMEDI et al. 1988).

3.5. Várlejtők

A Várhegy lejtőit Vár-szoknyának is gyakran nevezi a szakirodalom. Kisebb-nagyobb eltérések rendszeresen mutatkoznak területének meghatározásánál (20–30 hektáros eltérések is előfordultak!), aminek komoly jelentősége a vízmérleg számításoknál van. Ezért is fontos pontosan meghatározni a Várlejtők határait. A terület magasabban fekvő határvonalát a Várfalak összefüggő hálózata adja, az alsó határvonalat a lejtők és a sík vidék metszészvonala (az utcák vonalával egybeesően) adja. Az óramutató járásával megegyező irányban haladva az alsó határvonal a Csalogány utca–Iskola utca–Fő utca–Lánchíd utca–Apród utca–Attila út. A két határvonal által kijelölt területrészt általában mintegy 40 m-es magasságkülönbséggel jellemezhető, a legmélyebb pontja a K-i oldalon, a Dunához közel 104 m A.f. körüli, a legmagasabb a Ny-i oldalon található, 156 m A.f.

Az eddigi vízmérlegszámításoknál más és más határvonalakat jelöltek ki. Az 1936-os talajmozgás okainak meghatározásánál 445 000 m²-es területet vettek alapul, míg a későbbi számításoknál rendre 750 000 m²-re teszik a Várlejtő területét. Az általam meghatározott vízgyűjtő terület nagysága 520 000 m², a továbbiakban ezt az értéket veszem figyelembe a számításoknál.

3.5.1. Szivárgók, Alagút

A Várlejtők szivárgóival a terület részletes rendezési tervéhez készített szakvélemény (FÖMTERV 1988) és egy szakdolgozat (SEBESTÉNY 1990) foglalkozott. Tudomásom szerint azóta semmilyen átfogó vizsgálat nem készült a szivárgókkal kapcsolatban, pedig már a 13 évvel ezelőtti állapotfelmérés is riasztó képet mutatott. Az 1334 fm összhosszúságú szivárgórendszer legfiatalabb eleme a felmérés idején volt 10 éves, de nem voltak ritkák az ötven évvel ezelőtt telepített szivárgók sem. Mintegy ötven százalékuk volt eltömődött és feliszapolódott. Összesen 33 szivárgót tartottak nyilván, amelyekhez 1120 fm bekötővezeték tartozott. Építésüknél mindenütt figyelembe vették a gravitációs vízkivezetés lehetőségét. A szivárgók legtöbbje kialakítása szerint öv-, illetve talpszivárgó, tehát a rétegvonalakkal párhuzamos vonalvezetésű. Kisebb részük készült támszivárgóként. Vannak egyes kialakításúak is, de azoknál a fő funkciót az övzivárgó látja el. Műszaki kialakításukat tekintve árkos szivárgók és angol aknás szivárgók egyaránt előfordulnak. Előbbiek főleg támfalaknál, utóbbiak pedig épület alapfalak mellett húzódnak (pl. a Várkertbazar területén lévő épületek hegy felőli oldalán építettek ki angol aknás rendszert). Mélységi vonalvezetésük a terep alatt 3–10 m között változik.

Területi elhelyezkedésüket az 5. sz. melléklet mutatja. Látható, hogy a lejtőkön párhuzamosan körbefutó utcák vonalában helyezkednek el. A lejtők északi részén négy közel párhuzamos utca fut (Hunfalvy, Szabó Ilonka, Toldy Ferenc és a Battyhány utca) a keleti oldalon szintén négy párhuzamos utca van (Szabó Ilonka, Toldy Ferenc, Donáti és Iskola utca). A meglévő szivárgók vagy ezeken az utcákon, vagy az általuk közrefogott telkeken találhatóak. A Várhegy nyugati oldalán két párhuzamosan futó utca, a Lovas út és a Logodi utca található. A Logodi u.

64–66. környékén egymás alatt helyezkednek el a szivárgók. Felül, a Lovas út felől a Logodi utcáig egy, alul a Logodi utca felől az Attila utca felé pedig két szivárgót létesítettek. Ezek a szivárgók a jelenleg működők közül a legrégebbiek, ha az Alagút víztelenítő vágatait nem számítjuk. 1936-ban készültek az előtte bekövetkezett csúszás megfékezésére. Az Alagút közelében a Logodi utca elején mintegy 100–120 fm-es szakaszon, az itt lévő épületek kertjében a Palota út felől van vízszivárgás. Itt árkos szivárgók készültek, inkább ideiglenes jelleggel, amik nem oldották meg az épületek védelmét.

Három alkalommal történt mintavételezés a szivárgók vizeiből (FŐMTERV 1988). A kémiai vizsgálatok eredményeinek szélső értékeit a 3.25. táblázatban foglaltam össze. A kis számú vizsgálat nem teszi lehetővé komolyabb következtetések levonását.

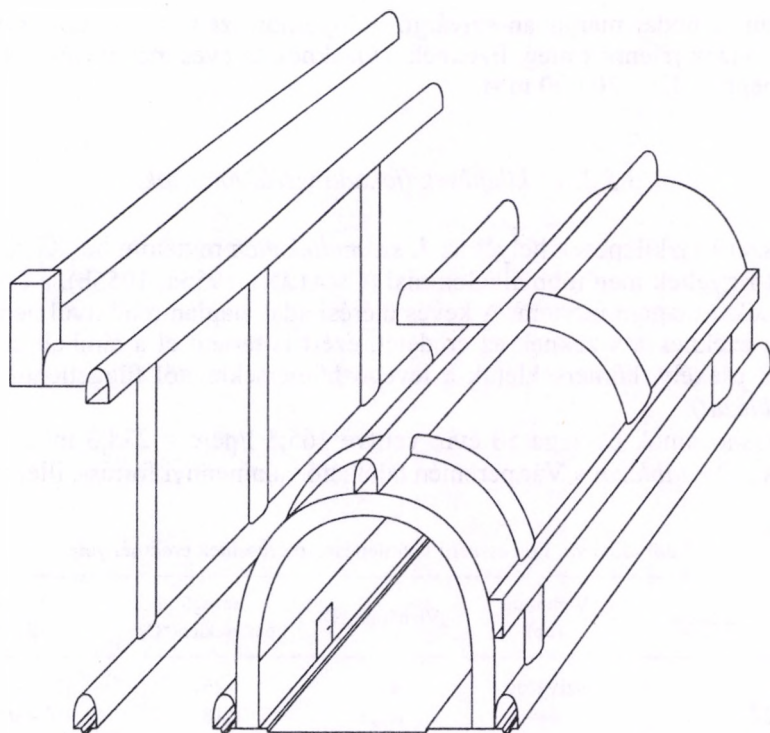
3.25. táblázat. Szivárgókban megjelenő vizek kémiai paraméterei (mg/l)
(FŐMTERV Rt. vizsgálatai alapján)

Kémiai paraméterek	1974		1986		1988	
	minimum	maximum	minimum	maximum	minimum	maximum
Ca ²⁺	29,4	627,40	50,0	582,0	86,0	580,0
Mg ²⁺	9,2	198,10	9,0	62,0	2,4	132,0
Na ⁺	13,1	288,60	–	–	0	292,0
NH ₄ ⁺	0	0,57	–	–	0	2,8
HCO ₃ ⁻	4,2	549,10	151,0	451,0	195,0	500,0
SO ₄ ²⁻	17,4	1747,10	32,0	126,0	100,0	1420,0
Cl ⁻	26,8	188,60	–	–	35,0	639,0
NO ₃ ⁻	3,6	20,30	–	–	4,0	100,0

Alagút

A Várhegy legjelentősebb szivárgórendszere az Alagút víztelenítésére kiépített vágatrendszer (3.20. ábra).

Olyan, mint egy óriás dréncső, amely megcsapolja az észak felől – főleg a budai márga repedésein – szivárgó réteg- és hasadékvizeket, megszüntetve az északi és déli rész vizeinek kommunikációját. Éppen ezért az 1857-ben megépült Alagút üzemeltetésében mindig a vágatok és a belső részek vizesedése elleni védekezés volt a legnehezebb feladat. A 2. fejezetben gyakran említett geológiai felmérések (SZONTAGH 1908, 1909) is ennek a problémának a kiküszöbölése céljából készültek. A múlt század második felében a folyamatosan bekövetkező vizesedések miatt még gyakrabban kellett újabb és újabb víztelenítési tervet készíteni (BÁTI 1957, 1970, 1976; FŐMTERV 1971; UVATERV 1986). Az átalakítások alkalmával az eredeti szivárgó járatokat betöltték a Szent György térre vezető aknával együtt. A jelenlegi állapotban az Alagúttal párhuzamosan két db 2 × 2,5 m átmérőjű vágat fut végig teljes hosszban egymás felett. Merőlegesen szellőző kürtők



3.20. ábra. Az Alagút térbeli elhelyezkedése a víztelenítő vágatokkal

helyezkednek el, amelyek vízvezetésre is alkalmasak. A falazat habarcs nélküli hézagosan rakott bányakő, hogy a víz befolyhasson. A vágat alján folyóka húzódik végig.

A Budavári Önkormányzat szakembereivel 1993-ban nyílt alkalmunk, hogy a vágatrendszerben helyszíni szemlét tartsunk. A víztelenítő járatok átvizsgálásakor megállapítottuk, hogy az Alagút középső és keleti részén jóval kisebb mértékű vízsedés tapasztalható, mint a nyugati oldalon. Ott vízfolyás jellegű elöntéseket és régebbi elöntések nyomait észleltük. A közművállalatok nyilatkozatai és a rendelkezésre álló korábbi szakvélemények alapján megállapítható, hogy az ebben a térségben behatoló víz nem közeli közmű eredetű. Vagyis a hegy távolabbi részeiről, jelentős mennyiségben a Platoról áramlanak erre a vizek, s a repedések méretei itt teszik alkalmassá a kőzetet a vízkiléptetésre. A vizek eredetének megállapítására hat helyről vettem vízmintát (HAJNAL 1994). A víztelenítő vágatokból vett mintákat összehasonlítottam az Alagút fölött, a Szent György téren található mintavételi helyek (aknák, szívózsompok) vízmintáival. A vizek Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ tartalma, vezetőképessége és oxigénfogyasztása között nem mutatkozott jelentős eltérés. Az értékek túlnyomórészt a tűrhető határértékek alatt maradtak. Bejárásunkat egy hosszabb ideig tartó szárazabb periódus előzte meg (1993. április), amelyből a vízkémiai eredmények figyelembevételével arra következtethetünk, hogy az Alagút

vágataiban, a budai márgában szivárgó, túlnyomórészt vezetéki vízvesztéséből származó vizek jelennek meg. Ezeknek a vizeknek az éves mennyisége becslésem szerint meghaladja a 30 000 m³-t.

3.5.2. Vízkilépések (fakadó vizek, források)

A forrásszerű vízkilépések helyét az 1. sz. mellékleten mutatom be. Közülük csak néhányat figyeltek meg több alkalommal (CSOLLÁNY 1955a, 1955b), a Logodi utcai forrásokat magam mértem. A kevés mérési adat alapján rendkívül nehéz megállapítani ezeknek a vizeknek az eredetét, ezért is terjedt el a címbeli elnevezés. Hozamuk csekély, hőmérsékletük a levegő hőmérsékletétől függetlenül változik (3.26. táblázat).

A forráshozamok összege 50 évre vetítve 165,5 l/perc = 238,3 m³/d = 86 980 m³/év. (A 3.26. táblázat a Vár peremén található valamennyi forrás-, illetve szivár-

3.26. táblázat. Forrásszerű vízkilépések méréseinek eredményei

Forrás neve, helye	Vízhozam (l/p)	Víz hőfok (°C)	Levegő hőmérséklet (°C)	Mérési időpont
Névtelen	szivárgó	17,1	26	1971.01.14.
Donáti u. 24.	3–4	12,3	18	1974.05.10.
	35,0–40,0	12,5	5	1986.11.11.
Kristály Hunfalvy u. 2.	1,9	10,0		1953.11.02.
	2,1	8,5		1954.03.11.
	2,2	9,0		1955.02.06.
	1,2	10,9		1968.05.02.
	0,8	10,4		1969.06.17.
	1,0	9,0	25	1971.05.07.
	1,0–2,0	11,2	14	1971.10.08.
	1,2	12,7	18	1973.10.09.
	5,0–6,0	10,9	5	1986.11.11.
Hunyadi János út	1,8	10,0		1953.11.02.
	2,0	8,5		1954.03.11.
	3,6	6,5		1955.02.06.
Névtelen	73,0	17,0		1968.10.11.
Lovas u. 1.	2,0–3,0	12,8	25	1971.06.14.
	10,0–12,0	14,6	5	1971.11.29.
	4,0–5,0			1974.05.10.
	kiszáradt			1986.11.11.
Logodi u. 5–7.	5,0	14,0	6	1995.10.11.
	2,2	13,5	11	1996.04.05.
Logodi u. 9.	1,0–1,5	14,0	6	1995.10.11.
	0,2	12,5	11	1996.04.05.

gó víz legalább egy alkalommal megmért hozamát tartalmazza 1950 és 2000 között, évtizedenként 3 alkalommal.)

Az 1. sz. mellékleten látható, hogy a Várszoknya É-i, ÉK-i részén jóval nagyobb számban fordulnak elő forrászzerű vízkilépések, mint a nyugati oldalon. Erre a szakirodalomban nem találtam utalásokat, pedig ez a tény némileg módosítja az eddigi elképzeléseket. Ugyanis a budai márgában szivárgó rétegvizek mozgási irányát azonosnak feltételezték a márga dőlésirányával, ahogy ezt a földtani részben már ismertettem. A D-i, DNy-i áramlási irány részben igaz. Ezt bizonyítják a Logodi utcában állandóan jelentkező forrásvizek, valamint az Alagút vágataiban – száraz időszakban is – megjelenő vizek. Ugyanakkor a hegy É-i, ÉK-i oldalán jelentkező nagy számú és rendszeres vízkilépések azt igazolják, hogy az ott található budai márga- és kiscelli agyagrétegek abba az irányba vezetik a vizet. Vízfestéses vizsgálataink is ezt támasztották alá. A Táncsics Mihály utca 15. alatti kút vize a Kagyló lépcső térségében bukkant elő (1. sz. melléklet). Ez pedig csak abban az esetben lehetséges, ha a kiscelli agyag ugyanabban az irányba dől, vagy ilyen irányú repedések találhatóak benne. A földtani részben tárgyaltak értelmében azonban nem egyértelmű, hogy a hegy északi lejtőjén csak a kiscelli agyag van jelen, valószínűsíthető a foltokban való megjelenése. Ebből viszont az következik, hogy az ott található márgarétegeknek is ÉK-i irányba kell dőlnie, ami a feltételezett vető következményeként lehetséges. A vízkilépések vízkémiai adatai is azt látszanak alátámasztani, hogy csak kisebb mennyiségben van jelen a területen a kiscelli agyag, mivel a vizek szulfáttartalma igen alacsony volt.

3.5.3. Talajvízszint-észlelő kutak

Az I. kerületben az elmúlt 30 évben 15 talajvízszint-észlelő kutat üzemeltetett a FÖMTERV Rt. Talajmechanikai irodája (helyük az 1. sz. mellékleten látható). Többségüket a hetvenes évek elején telepítették, de vannak újabbak is, mint például az I/13-as kút, amit 1993-ban a Tábor utcai támfal mozgása miatt létesítettek. A kutakban a vízszinteket havi egy-két alkalommal mérik. Több kút észlelése hosszabb időszakra szünetelt, s az I/4-es kutat végleg megszüntették a talaj mozgása következtében. Összesen 7 kút mérési eredményét dolgoztam fel: azokat, amelyeknél viszonylag hosszú adatsorok álltak rendelkezésre (kivéve az I/5-ös és az I/13-as kút), s amelyekre vertikális elhelyezkedésük miatt nem a Duna vize, hanem a csapadék és a szivárgó (réteg-, hasadék) vizek hatottak. Ugyanakkor az I/9-es kutat referenciának használtam, mivel ennek a kútnak a vízjárását egyértelműen a Duna határozza meg. A talajvízszint-észlelő kutak főbb adatait a 3.27. táblázatban adom meg.

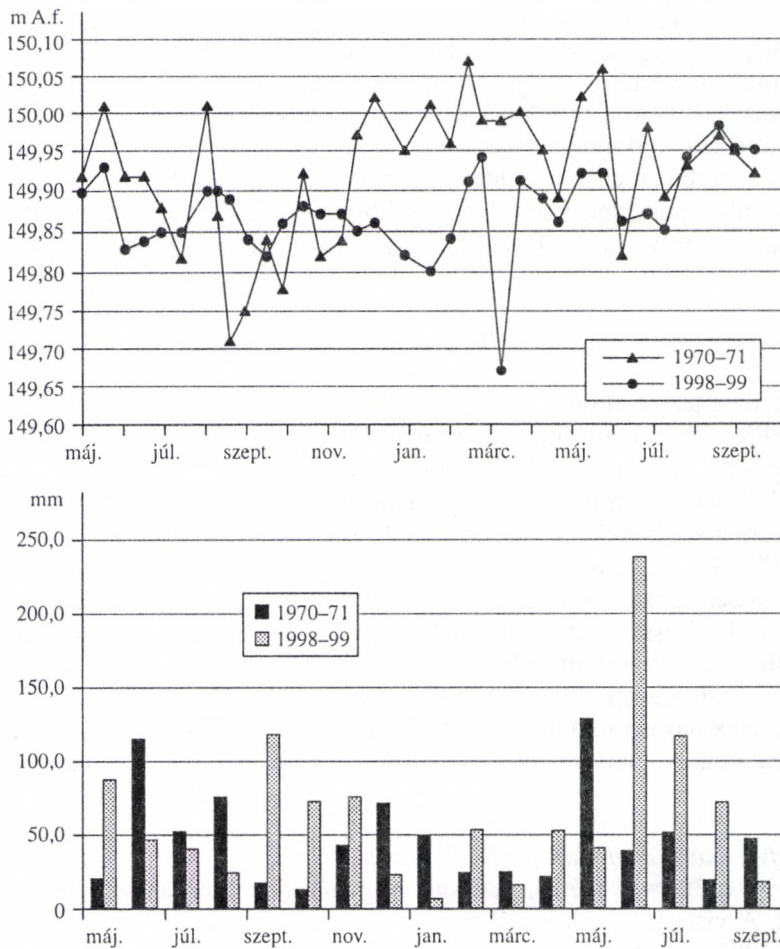
I/2. talajvízszint-észlelő kút (Fiáth János utca 2.)

A kút vize a 30 éves mérési periódus nagy részében nem a szűrőzött szakaszon mozgott. A vizsgált kutak közül ebben voltak a legkisebb amplitúdójú mozgások. 1985 és 1987 között a víz meredeken emelkedett, a kilencvenes években átlagosan 50 cm-rel magasabban mozgott, mint a hetvenes években.

3.27. táblázat. Talajvízszint-észlelő kutak főbb adatai (FÖMTERV Rt. adatai alapján)

Kút jele	Csőperemszint (m A.f.)	LNV (m A.f.) (dátum)	LKV (m A.f.) (dátum)
I/2.	153,82	151,59 (1996.09.16.)	149,06 (1981.07.21.)
I/3.	136,56	132,97 (1994.01.05.)*	131,22 (1973.08.21.)
I/5.	155,91	148,87 (1982.12.11.)	146,06 (1993.03.01.)
I/6.	126,88	122,76 (1977.02.08.)	120,01 (1971.12.14.)
I/9.	104,16	102,74 (1975.07.09.)	96,29 (1984.11.13.)
I/11.	116,57	113,31 (1974.10.16.)	107,12 (1998.03.19.)
I/13.	149,62	139,02 (1997.02.06.)	135,57 (1993.06.18.)

*Hivatalosan az I/3. kút LNV értéke 1973.03.27-én volt 132,79 m A.f.



3.21. ábra. I/2. Fiáth János u. 2. Talajvízszint-észlelő kút adatsora

Vízjárása a csapadékkal nem mutat szoros kapcsolatot, például az 1999-es nagy csapadékra egyáltalán nem reagált, ugyanakkor eddigi maximumát és legnagyobb értékeit a múlt évtized közepén, egy viszonylag szárazabb időszakban érte el. Szinte bizonyos, hogy abban az időben valamilyen mesterséges eredetű víz táplálta a kút vizét. Ennek a talajvízszint-észlelő kútnak a vízállásait ábrázoltam a barlangi kutak vízállásaival azonos időszakban (3.21. ábra), mivel közelsége miatt csak ennek a kútnak az adatai szolgálhatnak összehasonlítási alapul.

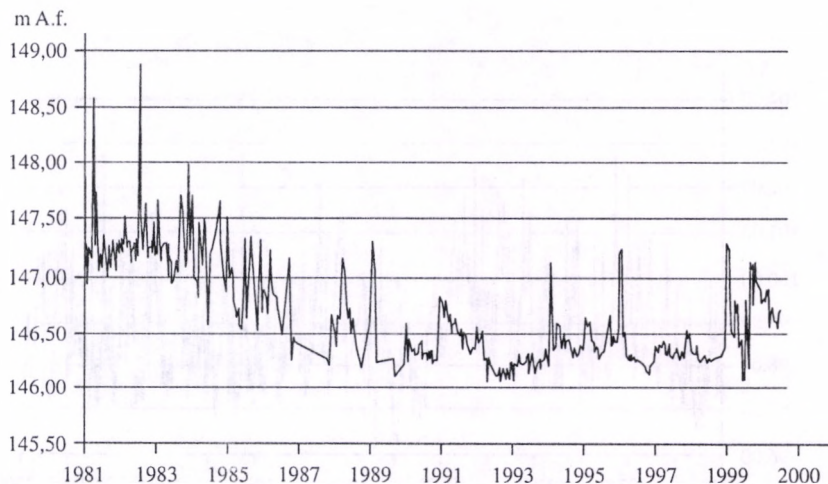
Látható, hogy az 1970-es mérési időszakban jóval élénkebb volt a vízjárás, mint az 1998-as periódusban, amikor még a barlangi kutak aktivitását sem érte el a vízjárása. Elvben a talajvíznek érzékenyebben kellene reagálnia a csapadékra, mint a barlangi kutak vizeinek. Az I/2. talajvízszint-észlelő kútnak a környezetében mélyített fúrások többségében nem észleltek vizet. Ez a tény és a korábbi megállapítások azt látszanak igazolni, hogy a kút nem klasszikus értelemben vett talajvizet harántol, hanem a környék szivárgó vizeit gyűjti össze. Több közeli fúrásban rétegvizet észleltünk (HAJNAL/FŐMTERV 1997).

I/3. talajvízszint-észlelő kút (Szabó Ilonka utca 9.)

A kút vize a szűrőzött szakaszon mozog, sárgásszürke meszes agyagban. A csapadékkal szorosabb kapcsolatot mutat az előző kúthoz képest. Az 1994 elején mért maximum vízállás talajsüllyedés és csőtörés hatására következett be.

I/5. talajvízszint-észlelő kút (Lovas út 9.)

A kút csak 1,0 m-es sávban szűrőzött, budai márga mentén. Vízállását csak 1981 óta regisztrálják folyamatosan. Több gyors emelkedés, és lassú apadás figyelhető meg a vízjátékban (3.22. ábra).



3.22. ábra. I/5. Lovas út 9. Talajvízszint-észlelő kút adatai

I/6. talajvízszint-észlelő kút (Bugát-lépcső)

Az eddigi vízállás észlelések teljes hosszában szűrözött kút. Néhány alacsony víz-állás idején mozgott a víz a mészmárgában, általában agyagban áll. A kút már majdnem sík terepen, a Várhegy nyugati lábánál található, s az előző kutakhoz képest jóval nagyobb amplitúdójú a vízjárása.

I/9. talajvízszint-észlelő kút (Bem rakpart 28.)

A hegy keleti lábánál, a Duna partján található ez a kút, ami a vízjárásában is megmutatkozik. Jóval kisebb „hullámhosszú” és nagyobb amplitúdójú a vízmozgás ebben a kútban, mint az összes többiben (3.23. ábra). Szűrözése több méterrel lejjebb került a gyakori vízállások szintjénél.

I/11. talajvízszint-észlelő kút (Sándor Móric lépcső)

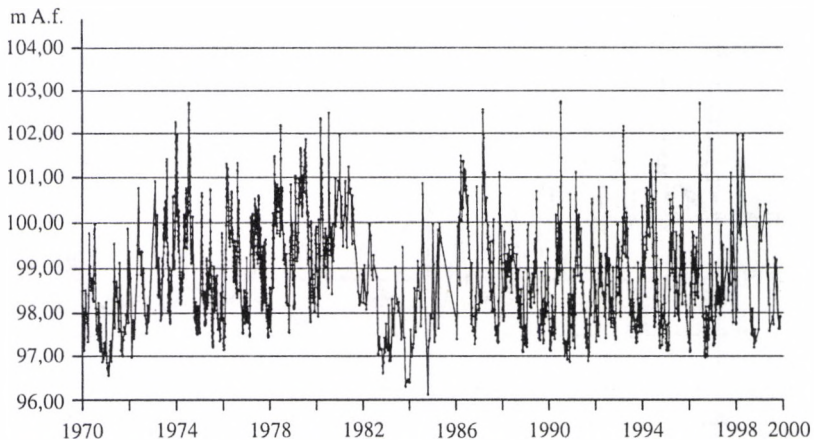
Elvben ez a kút nem esik a Duna hatása alá (FŐMTERV 1988), de a vízállásgörbéje nagyon hasonlít az előzőére. A lejtőn lévő kutak vízjárásához nem hasonlít.

A szűrözött szakaszon agyagmárga található. 1996-tól a kút vize jelentősen apadt. Ez összefüggésbe hozható azzal, hogy a környék közműhasználata a minimumra csökkent a Várkertbazár bezárása miatt.

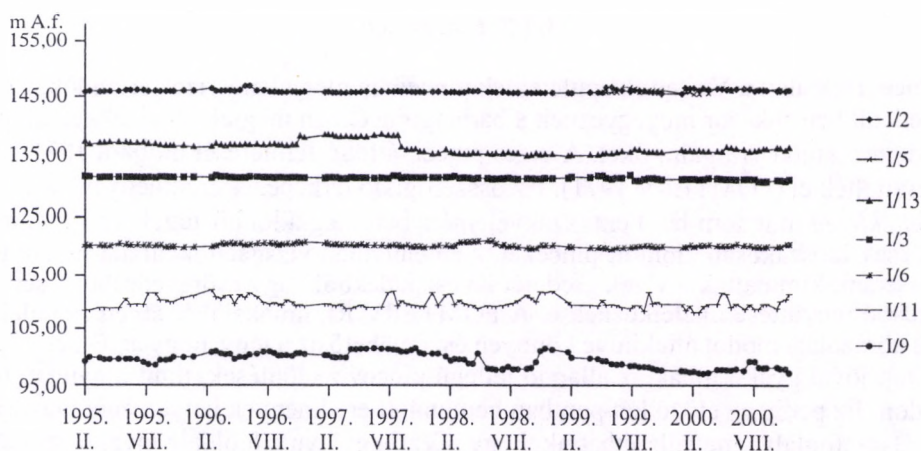
I/13. talajvízszint-észlelő kút (Greguss szobor mellett)

A kút 1993-as telepítésekor nem jelentkezett benne víz. 1996 júniusától 1997 márciusáig az addig folyamatosan emelkedő tendenciát mutató vízállások még egy méterrel magasabbak lettek, mely időszak eltelte után viszonylag kiegyensúlyozott volt a kút vízjárása.

A kutak utóbbi 6 éves vízállásait egy ábrán mutatom be, amin látható, hogy a magasabban fekvő kutak vízjárása jóval nyugodtabb, kiegyensúlyozottabb, mint az



3.23. ábra. I./9. Bem rakpart 28. Talajvízszint-észlelő kút adatsora



3.24. ábra. Talajvízszint-észlelő kutak adatsorainak összehasonlítása

alacsonyabban fekvőké (3.24. ábra). Ez alól csak az I/13-as kút vize jelent kivételt. A nyugati lejtő kútjaiban jóval mélyebben jelentkezik a talajvízszint a csöperemhez képest, mint a keleti oldalon. Míg a Lovas úton 7,5–10,0 m, a Bugát lépcsőnél 5,0–7,5 m-re van a felszíntől az első vízáadó réteg, addig ez az érték a Várszoknya keleti oldalán gyakran 2,5–5,0 m-re esik a terepszinttől. A legmélyebben az I/13-as kútban észlelhető a víz.

3.5.4. Fúrások vizei

A nyugati oldali fúrásokban ritkán jelent meg a talajvíz (1. sz. melléklet), ami az előző pontban ismertetett felszíntől való talajvíz távolsággal magyarázható. Más-képpen fogalmazva az első vízáadó rétegek a keleti oldalon magasabban vannak, mint a nyugatin. A Várhegy legcsúszásveszélyesebb térsége mégis a nyugati lejtő, itt következett be a két legnagyobb csúszás: 1936-ban a Logodi utcában és a kilencvenes évek közepén a Tábor utcában. Ennek részint morfológiai okai lehetnek, részint pedig az, hogy a szárazabb talajban az ugrásszerűen magas csapadékhullás nagyobb változásokat okoz, mint az átnedvesedett földtömegben. Részletesebb vegelemezést csak néhány tucat vízmintán végeztek (FŐMTERV 1971).

A nitráttartalom a szulfáttartalomhoz hasonlóan a legtöbb esetben a sokszorosa volt a talajban szivárgó vizek szokásos értékének, s a nitráttartalom is többször a duplája volt a tűrhető 30 mg/l értéknek. Igyekeztem összefüggést találni a fúrások szulfáttartalma és az adott talajfajták között. Térképen jelöltem (1. sz. melléklet) azokat a fúrásokat, amelyekben 1000 mg/l fölötti volt a víz SO_4^{2-} -tartalma.

Megállapítható, hogy a kiugróan magas értékek a kiscelli agyagnak leírt talajban adódtak, ám néhány foltban a mészmárgában és a márgában is előfordult magas szulfáttartalmú víz.

3.5.5. Pincevizek

Pincevizek alatt a Várlejtők épületeinek pincéiben megjelenő vizek értendők, s bár eredetükben sokszor megegyeznek a barlangpincékben megjelenő vizekkel, mégis érdemes külön vizsgálni őket. A vizes pincék átfogó felmérését utoljára 1971-ben készítették el (FŐMTERV 1971). Az összefoglaló térképezés eredményeit az 5. sz. mellékleten mutatom be. Fenti szakvéleményben megkülönböztették az állandóan és csak időszakosan előtött pincéket, s amennyiben vizsgálatokkal alá tudták támasztani, kimutatták a vizek eredetét is; csapadékból vagy csőrepedésből, esetleg ezekből együttesen keletkeznek-e. A FŐMTERV Rt. munkájából átvett szemléletes ábrázolási módot áttekintve könnyen észrevehető az a tény, hogy az É-i és a K-i lejtőn jóval gyakoribbak az állandó jellegű pincevíz előtések, mint a nyugati oldalon. Ez pedig az előző két pontban bemutatott eredmények helyességét igazolja.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a Várhegy nyugati oldala jóval szárazabb mint a keleti, és csak az esetleges közműhibák következtében jelenik meg számottevő vizesedés ezen a lejtőn. Becslésem szerint a pincevizek éves mennyisége 40 000–50 000 m³ körüli.

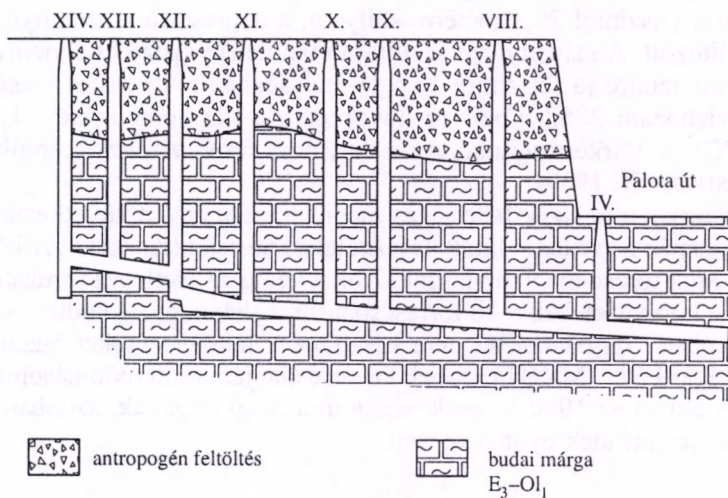
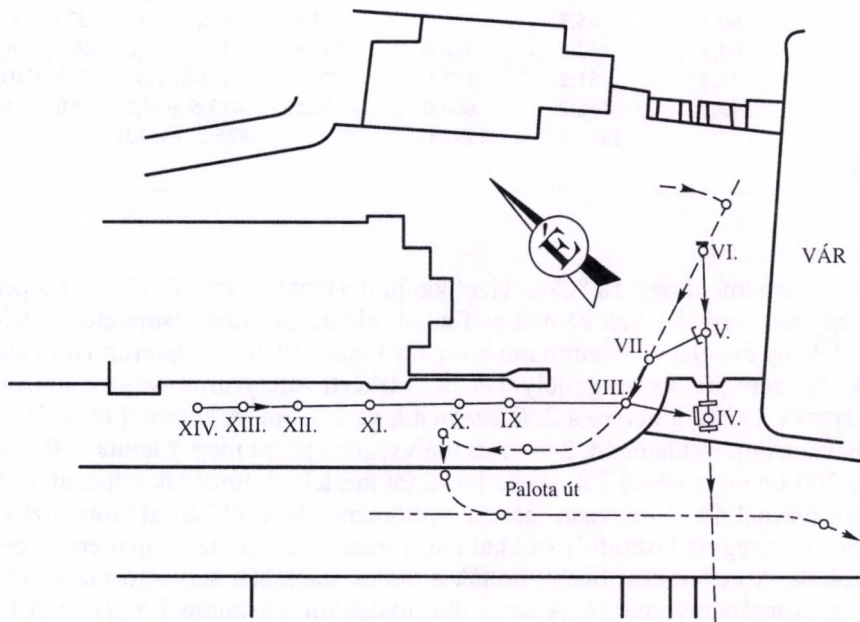
3.5.6. Langyos vizek (hévizek)

A Királyi Palota Ny-i szárnyánál víztelenítő művet alakítottak ki, amelynek építési időpontjáról, megvalósításának okairól nincs információnk. Az Alagút víztelenítéséhez készített tanulmány (SZONTAGH 1908) tesz róla először említést. (Természetesen az általam ismert; s főleg hidrológiával foglalkozó szakirodalom közül. Könnyen lehetséges, hogy levéltári anyagokban, történeti leírásokban korábban is említik), s közlik a mű alaprajzi elrendezését s torzított metszetét is (3.25. ábra).

A víztelenítési mű két aknájában is 17,5 °C-os vizet mértek 1908-ban. A IV-es akna 14,50 m mély, a XV. számú akna 30 m mély. Mindkét akna talpa néhány méterrel fekszik mélyebben az Alagút alsó síkjánál. Az egész rendszer részletes hidrológiiai vizsgálatát 1935-ben végezték el (HORUSITZKY F. 1935). Ekkor a XIV. számú aknában 18 °C-os, a XI. számú és a XII. számú aknában 17,5 °C-os, a IV. számú aknában pedig 16,5 °C-os vizet mértek. Vagyis a 27 évvel későbbi eredmények megismételték az 1908-ban regisztrált értékeket. Ezen kívül azt is megállapították, hogy a XIV. számú aknában a víz alulról táplálkozik. Az aknákból vett vízmintákat vízkémiai vizsgálatoknak vetették alá, s az eredményeket összehasonlítva a márgában szivárgó vizek kémijával és hőmérsékletével megállapították, hogy a kétféle víz különböző származású. (Az Alagút víztelenítő vágataiból vett minták rendre 9 °C-osak voltak.) A vízkémiai vizsgálatok eredményeit a 3.28. táblázatban közlöm, összehasonlítva a budapesti hévizek, és a gellért-hegyi I. forrás-csoport vízkémiai adataival.

A langyos források hőmérséklete 20 °C-tól 30 °C-ig terjed. Ezért Horusitzky F. mérései nem igazolják minden kétséget kizáróan, hogy langyos „karsztvíz” jelent meg a Várlejtőn, de eredményeinek együttes értékelése – a szennyvizek hőmérsék-

letével és vízkémiájával való összehasonlítás, a tektonikai adottságok (Ördög-árok vetőrendszere!), a vertikális elhelyezkedés – mind a budai termális vizek közé sorolható vizekre utal. A hőmérsékleti adatokból akár arra is lehet következtetni, hogy meleg vizű források törnek fel a víztelenítő mű közelében, amelyeket a szivárgó rétegvizek hűtenek le. Egy liter 42 °C-os vízhez 2,8 liter 10 °C-os víznek



3.25. ábra. A víztelenítési mű alaprajza és metszete (HORUSITZKY F. nyomán)

3.28. táblázat. Budai forrásvizek kémiai paramétereinek összehasonlítása (mg/l)

Kémiai paraméterek	Várkerti termálkút (HORUSITZKY 1938)	Víztelenítő mű XIV. akna (1935)	Gellért-hegyi forrás-csoport (1935)	Gellért-hegy I. forráscsoport (VITUKI 1964–65)	József-hegyi forrás-csoport (1935)	Budapesti hévizek (Alföldi 1979)
Ca ²⁺	182,9	106,5	194,0	166,0	88,5–227,8	89,0–200,0
Mg ²⁺	60,3	65,3	62,7	53,6	28,5–38,5	27,0–78,0
SO ₄ ²⁻	304,3	362,5	380,0	334,5	112,1–196,6	40,0–446,0
Cl ⁻	177,3	51,2	175,0	147,5	1,0–162,6	7,5–220,0
HCO ₃ ⁻	549,5	256,2	604,0	550,5	415,5–677,2	350,0–860
Szilárd maradék		1356,6	1297,0		835,2–2351,0	

kellene keverednie, hogy 18 °C-os vizet kapjunk (HORUSITZKY F. 1935). Ez pedig a Várhegyben áramló vizek kémiai és fizikai tulajdonságainak ismeretében lehetséges. Néhány évvel a víztelenítő mű vizsgálata után, 1939-ben sikerült Horusitzky H.-nek beszerezni az engedélyeket a várkerti mélyfúrás végrehajtásához (HORUSITZKY 1939), amelyre a 2. fejezetben hivatkoztam. A korabeli leírások szerint a hévíz a dolomit határán, 248 m-es mélységben jelent meg. Eleinte 150 l/perc, később 200 l/perc, s végül 250 l/perc hozamot mértek. A fúróluk talpánál 48 °C-os, a kifolyásnál 44 °C-os vizet mértek. A hőmérséklet csökkenést Horusitzky H. is a talaj- és rétegvíz hozzáfolyásokkal magyarázta, amit a víz kémiai eredményei is igazoltak. A keveredést bizonyították a budai márgában szivárgó vizek nitrít-, nitrát- és ammónianyomai is. A termálkút nyugalmi vízszintje 106,01 m A.f.-en állt be (a Duna nulla pontja felett 9,42 m-rel), 1–2 méterrel magasabban a Rudas fürdő vízszintje fölött. A kutat az első ütemben 50 órán keresztül szivattyúzták, a víznívó a felszíntől 29,5 méterre süllyedt, a depresszió a szivattyúzás ideje alatt nem változott. A szivattyúzás leállítása után néhány perccel a víznívó visszaállt a nyugalmi szintre (a felszíntől 16,5 m mélységben). Az utolsó vizsgálat alkalmával a vízhozam 285,6 l/perc-re növekedett, a víz hőmérséklete 1,2 °C-kal nőtt (45,2 °C). A Várkerti termálkút vize a Rudas fürdő vizéhez hasonlított leginkább (HORUSITZKY H. 1939).

Ugyancsak a hévizek lehetséges megjelenésére enged következtetni a hetvenes évek közepén napvilágot látott hévízkutatási javaslat (KESZTHELYI 1975), amely az Ördög-árok törése mentén vizsgálta volna végig az esetleges forráskilépéseket. Az Attila út környezetében több forráscsoport meglétére gyanakodtak, sajnos azonban a növényzet vizsgálatán túl nem készültek a feltételezéseket bizonyító mérések.

Szablyár Péter (MKBT) szóbeli közlése alapján jutott tudomásomra, hogy a víztelenítő művet az 1980-as évek végén újra megvizsgálták, azonban a felmérésről készített jelentésnek nyoma veszett.

4. Vízmérleg

A Várhegyen található víztípusokat a 4.1. táblázatban foglaltam össze. Ez a csoportosítás nem a klasszikus hidrológiai rendszerezés (felszíni, felszín alatti, talaj-, réteg-, stb. vizek) szerint készült, hanem a rendelkezésre álló adatok legegyszerűbb csoportosíthatósága szerint. Az egyes víztípusok eredete részben vagy teljes egészében megegyezhet.

4.1. táblázat. A budai Várhegy víztípusai

Víztípusok	Adattípusok
Csapadék (C)	30 éves havi idősor (Kitaibel Pál utcai mérőállomás), 18 havi idősor (Táncsics Mihály utcai állomás)
Párolgás (P)	becsült és számított értékek
Beszivárgás (B)	számított értékek
Lefolyás (L)	becsült és számított értékek
Szivárgók vizei (V_{sz})	vízkémia
Talajvízszint-észlelő kutak vizei (V_{iv})	30 éves mért vízállás idősorok, vízkémia
Vízkilépések (V_{ki})	hőmérséklet és hozam adatok, vízkémia
Fúrások vizei (V_f)	vízállások, vízkémia (csak egyszeri időpontban!)
Pincevizek (V_p)	vízkémia
Langyos vizek (V_{la})	irodalmi utalások, feltételezések
Barlangi kutak vizei (V_{bk})	vízállás idősorok, hőmérsékleti adatok, hozamok, áramlási mérések
Csepegő vizek (V_{csc})	intenzitás (hozam) adatok, vízkémia
Közművek veszteségei:	
Vízvezeték (V_v)	mért és számított értékek, vízkémia
Távhő (V_{ta})	mérési veszteségből számított értékek
Csatorna (V_{csa})	csapadékból és a V_v , V_{ta} -ból becsült értékek

4.1. A korábbi számítások ismertetése

Eddig négy alkalommal készítették vízmérleget a Várhegy platójára vagy lejtőire, esetleg egyidejűleg mindkettőre. Az elsőt a Logodi utcai csúszás okainak meghatározására (HORUSITZKY 1937), a későbbieket a vizes műtárgyak (csatornák, szivárgók) méretezéséhez (FÖMTERV 1988, 1993), valamint a barlangokba lejutó vizek mennyiségének meghatározásához (KESSLER 1971) készítették.

Az eredmények között – melyek elsősorban a beszivárgás mértékének meghatározására irányultak – jelentős eltérések mutatkoztak. Ebben nem csak a számítási módok különbözősége játszott szerepet, hanem az alapadatok (vízgyűjtő terület nagysága, csapadék évi átlaga) eltérő felvétele is. Táblázatos formában közlöm (4.2. táblázat) a kiindulási adatokat, s az eredményül kapott beszivárgási értékeket.

A lefolyás értékek előtti zárójelben szereplő számok a számításnál figyelembe vett lefolyási tényezők.

A számítási paraméterek felvételében a következő eltérések mutatkoztak: A párolgás mennyiségét teljes mértékben elhanyagolták, vagy az összes csapadék harmadának, illetve kétharmadának tételezték fel. A lefolyási tényező felvételénél a zöldterület nagyságának arányai voltak eltérők, így feltételeztek, vagy számítottak 10, 15, 20 és 30 százalékos zöldterület arányt. A tetők és a burkolt utcák területi arányát azonosan egyharmad-egyharmad részre osztották, ezek alapján képezték a zárójelben látható értékeket. A beszivárgás mértékét az összes csapadék egyharmadának, illetve 25 százalékaának vették fel.

Ezekon a különbségeken kívül a legszembetűnőbb eltérés az eddig készített vízmérlegek között az, hogy csak Horusitzky H. számolt az urbanizációs tényezőkkel, a későbbi számítások teljesen figyelmen kívül hagyták azokat. Kessler H. összehasonlította ugyan a barlangi méréseken alapuló „fordított” számítását az elvi modellel számított eredményekkel, de nem próbálta meghatározni az összes paramétert. Helyesen állapította meg, hogy a hegy vízháztartásában a közműhibákból eredő veszteségek a meghatározók, ám annak arányait a későbbiekben több szakvéleményben (FŐMTERV 1971, 1984, 1993) tévesen adták közre (95% vízvezetéki víz és 5% szennyvízzel kevert csapadékvíz).

A továbbiakban az urbanizációs hatásokkal is számoló vízmérleg egyes elemeit veszem sorra.

4.2. táblázat. Vízmérlegszámítások eredményeinek összehasonlítása

	Terület (m ²)	Csapadék (mm/év)	Lefolyás (m ³ /év)	Párolgás (m ³ /év)	Beszivárgás (m ³ /év)
<i>Plató</i>					
KESSLER (1971) I.	400 000	610	(0,7) 170 800	48 800	24 400
KESSLER (1971) II.	400 000	365*	–	–	146 000
FŐMTERV (1988)	394 000	610	(0,7) 168 238	–	72 102
FŐMTERV (1993)	–	580	(0,7) 165 214	52 964	15 473
<i>Lejtő</i>					
HORUSITZKY (1937)	445 000	564	– 321 970	241 477	241 477
FŐMTERV (1988)	750 000	610	(0,8) 366 000	–	91 500
Ismeretlen eredetű	750 000	610	(0,9) 137 000	10 000	66 000
			(0,8) 122 000	20 000	
			(0,16) 25 000	70 000	

* Ez az érték a már beszivárgott mennyiségnek felel meg.

4.2. Természetes vízutánpótlódás

Csapadék

Buda legrégebbi csapadékmérő állomása 1841 óta a Rózsadomb lábánál a Kitaibel Pál utcában, az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) területén üzemel. Már a XIX. században észlelték a budapesti mérőhelyek adatsorainak különbségét, s megállapították, hogy a csapadék eloszlása területenként változó. Ez indokolhatta, hogy az OMSZ állomástól légvonalban pár száz méterre újabb mérőpontot állítottak fel a Várkert területén. A két állomás múlt század első felének éves csapadék-átlagát közzétették (KARAKAS 1967). Eszerint a vári állomáson 1901 és 1950 között az átlagos évi csapadék 579 mm volt, míg az OMSZ állomáson ugyanezen az időszakra 617 mm éves átlag adódott. A nyugati Várlejtő 1936. évi csúszásának vizsgálatakor közölték (HORUSITZKY H. 1937) az előző öt év (1931–1935) éves csapadék értékeit, amiket összevettem az OMSZ azonos idejű adataival (4.3. táblázat).

4.3. táblázat. Éves csapadékösszegek összehasonlítása 1931–1935

Évek	Vári állomás (mm)	OMSZ állomás (mm)
1931	575	615
1932	559	548
1933	619	673
1934	546	605
1935	523	623
Átlag	564	613

Az 1932-es év volt az egyetlen, amikor a Várban több csapadék hullott mint a Kitaibel Pál utcában, egyébként az OMSZ javára még nagyobb eltérések láthatók, mint az 50 éves átlagnál, különösen 1935-ben, amikor kerekén 100 mm-rel mértek nagyobb csapadékot az OMSZ területén, mint a Várban.

A fent említett területi csapadékeloszlás alakulására budapesti viszonylatban jó példát jelentett az 1999-es júniusi csapadék is. A XVIII. kerületi csapadékmérő állomáson mért értékeket összevettem az OMSZ állomáson mért értékekkel (4.4. táblázat).

Látható például, hogy június 16-án a pesti állomáson nem is regisztráltak csapadékot, mikor ugyanezen a napon a Kitaibel Pál utcában 40 mm-t meghaladó eső esett.

A csapadékeloszlás területi változásai és a vári csapadékmérés megszűnése tette szükségessé, hogy újabb vári méréseket végezzek.

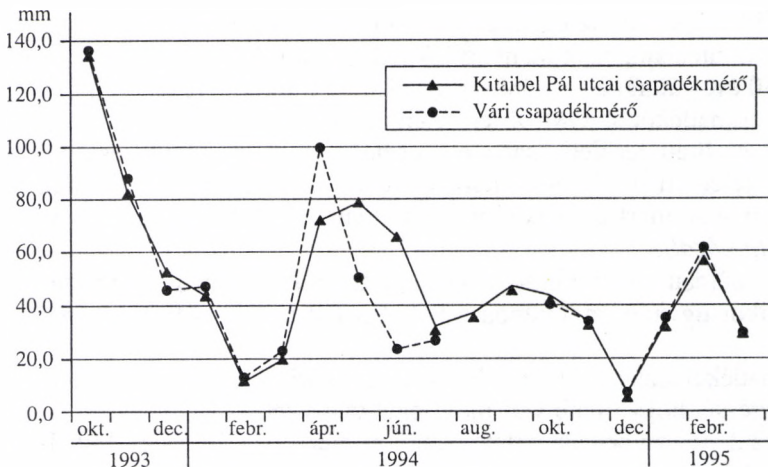
Az 1.2.2. fejezetben ismertetett módon mértem a Táncsics Mihály utcában a csapadékot 18 hónapon keresztül. A légvonalban kb. 500 méterre található OMSZ területén működő csapadékmérő állomás azonos idejű (1993. 10.–1995. 03.) adat-

4.4. táblázat. 1999. júniusi napi csapadéértékek összehasonlítása

1999. június	Kitaibel Pál utcai állomás	XVIII. kerületi állomás
4.	49,9	23,3
5.	0,1	0,1
8.	1,3	1,5
9.	2,0	–
11.	3,4	5,3
12.	6,0	5,1
13.	11,7	14,2
15.	12,5	12,6
16.	40,4	–
17.	20,4	15,7
18.	0,1	2,9
21.	48,1	41,9
22.	42,0	10,4

sorával összevetve 13 havi csapadékösszeg lényegileg megegyezik egymással, két hónap mérési adatai megsemmisültek, s csak három hónap értékeinél mutatkozik jelentős eltérés (4.1. ábra).

Ezek azonban az észlelés körülményeiből adódtak (az észlelő távolléte miatt több napon is elmaradt a regisztrálás), így a Tánacsics Mihály utcában mért adatok alapján megállapítható, hogy a Várhegy területére értelmezhető az OMSZ adatsora. Így 30 éves csapadékadatsor áll rendelkezésre, ami elegendő is, mivel a többi vízádatból nem volt összevethető érték a csapadékkal a korábbi vizsgálati időszak-



4.1. ábra. Havi csapadék adatok összehasonlítása

ból. Ez lehetővé teszi az idősorok statisztikai-hidrológiai vizsgálatát, illetve új átlagértékek számítását. Egy korábbi tanulmány részeként elkészítettem az 1987-től 1994-ig terjedő időszak havi csapadékösszegeinek egyöntetűség-vizsgálatát. A Kolmogorov–Szmirnov próbával végzett számítás (KONTUR et al. 1985) eredményeként megállapítottam, hogy az egyöntetűség valószínűsége $p = 96,9\%$, és az adatsor homogén.

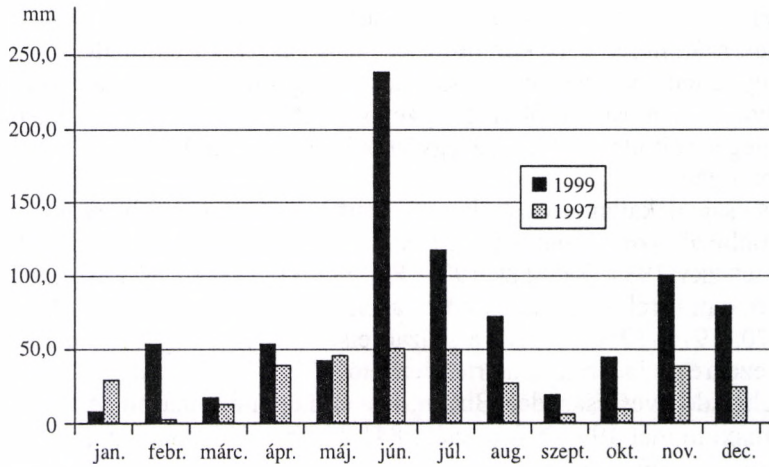
Az éves csapadékátlag a vizsgált évek számától függ. A Várhegy területére készített különböző vízmérlegek lényegesen eltérő éves csapadék átlagokkal számolnak (HORUSITZKY 1937; KESSLER 1971; FÖMTERV 1988, 1993), a legtöbb tanulmány évi 610 mm-rel. Ez az érték közel azonos két ötéves periódus átlagértékével (1965–1970, 1975–1980), illetve a század első felének átlagos évi értékével, vagyis csak ezekre az időszakokra értelmezhető. 1970-től négy alkalommal volt 800 mm-t meghaladó éves csapadék Budán, a sváb-hegyi állomáson. Az OMSZ állomásának maximumát 1999-ben mérték, 841,2 mm-t. Ugyanakkor érdekes megfigyelni, hogy az elmúlt 160 év évi minimuma 1997-ben született (326,5 mm). Ezek az adatok is azt mutatják, hogy szárazabb periódus következett be a múlt évezred végén, a múlt század első ötven évéhez képest, de az évenkénti csapadékalakulást érdemes külön is megvizsgálni. Például az 1999. évi februári, júliusi, augusztusi, szeptemberi, októberi és decemberi csapadékok is a 2-4 szeresei az 1997. év azonos havi értékeinek (4.2. ábra).

A lokális, kisebb területeket feltérképező hidrogeológiai felmérések alkalmával pedig még kisebb időszakokra kell bontani a csapadékatatok elemzését. Szintén az 1999-es évet vizsgálva látható, hogy az évi maximum kialakulásában a júniusi „rekord” csapadék (237,8 mm!) játszotta a főszerepet, 1881 óta ez volt a legnagyobb júniusi csapadékösszeg. A hónap négy napján is 40 mm-t meghaladó csapadék hullott. Június 4-én az intenzitást is regisztrálták: 10 perc alatt 15,5 mm, 20 perc alatt 27,5 mm csapadék esett. A Meteorológiai Szolgálat számításai szerint 238 mm-es havi csapadékösszegre 250 évenként lehet számítani.

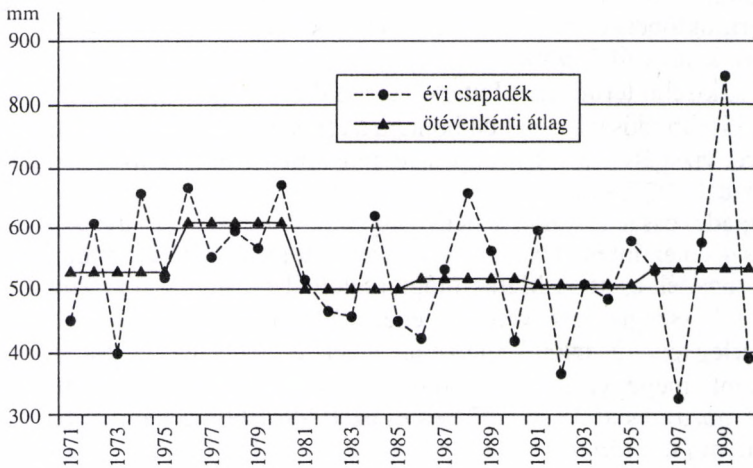
A vízmérleg számításoknál, illetve az egyéb vízvizsgálatoknál a 30 éves átlaggal (ami szinte megegyezik az utolsó öt év átlagával), az utolsó 30 év ötéves átlagaival (4.3. ábra), és az 1970–1971-es és az 1998–1999-es havi csapadékértékekkel számoltam (4.5. táblázat).

4.5. táblázat. Az OMSZ területén működő csapadékmérő állomás adataiból képzett átlagok

Évek	Csapadék (mm)
1971–1975	528
1976–1980	610
1981–1985	500
1986–1990	517
1991–1995	504
1996–2000	532
1971–2000	539



4.2. ábra. Havi csapadékatatok összehasonlítása 1997. és 1999.



4.3. ábra. Csapadékatatok 1971–2000

A talajvízszint- és a barlangi kutak vízjárásánál vagy a vízkilépések vízkémiai változásainál havi összegeknél nagyobb egységet átfogó átlagok (éves, több éves) nem vehetők figyelembe. A hidrogeológia szakterületén járatos, számított értékek használata (pl. mértékadó csapadék százalék KESSLER 1954; MAUCHA 1990), az urbanizált környezet miatt nem indokolt, de az összehasonlítások elvégzése miatt a vízmérlegeknél előállítom azokat.

Fontos kiemelni, hogy a Várhegyen a csapadékból származtatott értékek (párolgás, lefolyás, beszivárgás) sokkal összetettebben vannak jelen, mint a természetes karszterületeken. A lefolyási tényező a burkolatok és háztetők miatt: $\alpha = 0,8$,

ugyanakkor a lefolyó vizek nagy hányada az egyesített csatornarendszerbe jut. Onnan viszont jelentős az el(be)szivárgás a kőzetekbe és az üregekbe, tehát mégis csapadék eredetű vizek táplálják a területen előforduló, és mérhető vizek jelentős részét.

4.3. Közművesztésekből származó vízutánpótlódás

4.3.1. Vízellátás

Történeti áttekintés

A Várhegynek csak az északi és középső részén találhatóak meg a vizet adó üregek és kutak. Ezért az építőknek meg kellett oldaniuk a XIV. században a Vár déli végében épült Királyi Palota vízellátását. Budán a középkori vízvezetékeknek és vízműveknek mindhárom típusa megtalálható volt:

1. Az ókori aqueductusokhoz hasonló, szabad felszínű gravitációs vezeték.
2. Közlekedőedények elve alapján működő, nyomás alatti vezeték.
3. Taposómalom, vagy járgánymeghajtású szivattyús vízmű.

Jelenlétüket a korabeli történeti leírások illetve a régészeti kutatások eredményei igazolják. Zolnay L. a témával foglalkozó munkái alapján (ZOLNAY 1961, 1975, 1977, 1982) készítettem el a felsorolásszerű történeti áttekintést.

– 1416-ban Zsigmond király megbízza Hartmann nürnbergi hengerkovácsot, hogy a vizet a budai Várhegyre felvezesse, s megépül a vári rondella szivattyúja. Az 1416-ban épített vízmű tisztított Duna-vizet szivattyúzott fel a Palotába. A vezetékek csőrendszer a Palota keleti oldalának déli dunai bástyájában helyezkedett el. A vízmű, lovak által meghajtott taposómalom a mai Ybl Miklós tér helyén állt. A Zsigmond korabeli szerkezetet 1770 körül az ezermester Kempelen Farkas újíttotta fel.

– II. Ulászló korában vízvezeték feküdt a mai Színház utca tengelye alatt, amelyet valószínűleg maga II. Ulászló építtetett.

– Bonfini, Mátyás történetírója említést tesz a Várpalota díszkútjáról, illetve a Palota hideg-melegvizes fürdőszobáiról. Bonfini jegyzi fel: Mátyás király Budára nyolc stádiumnyi távolságból szurkos fa- és ólomcsöveken át forrásvizet vezetett. Mátyás építőmesterei a budai hegyek három forrásának vizét (Svábforrás, Városkút, Béla-kút) cserép- és ólomcső vezetékeken át ciszternákba (egyes feltételezések szerint a mai Vérmezőn) egyesítették, s a vizet a közlekedő edények törvénye alapján vezették fel a forráskilépésekhez képest majdnem 200 méterrel alacsonyabban fekvő mai Szentháromság térre (4.4. ábra).

– Így a forrásvíz szivattyú nélkül jutott fel a Várba. A régészeti kutatások alkalmával a csővezeték darabjai több helyütt is előkerültek (ZOLNAY 1961; FEJÉR 1991).

– Ambrozio Traversori várkerti halastóról tesz említést, amely szintén vízmű fennállására utalt.

– A török korban a Várlejtőre, a mai Iskola utca környékére vezették a vízvezetékek túlfolyó vizeit.

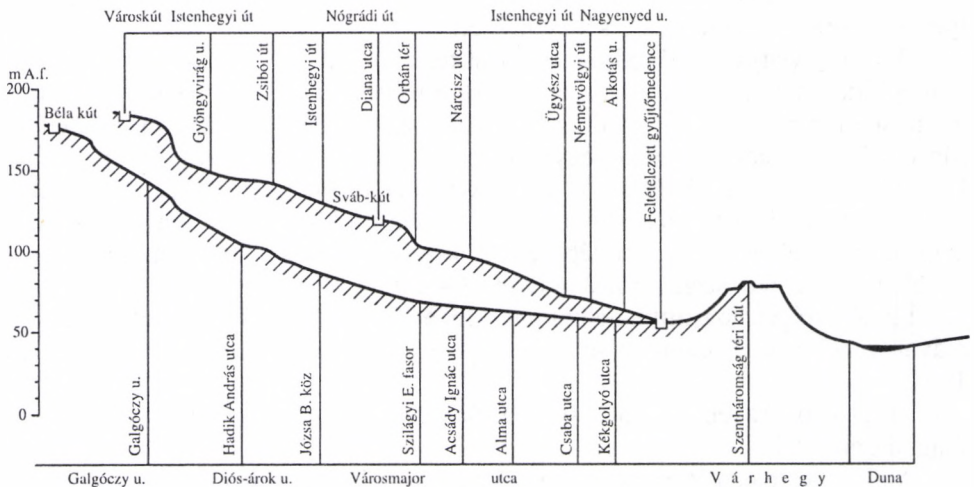
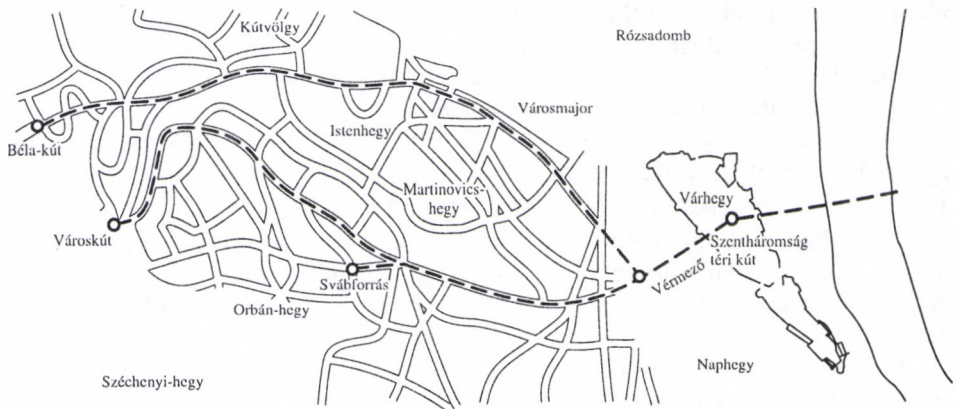
– 1525-ben Csatornás Orbán a Palotának a fagy által megrongálódott malomszerkezetét, illetve vízvezetékét javította meg.

– 1550 körül Werner György felvidéki főkapitány írja azt, hogy a kalocsai érsek hajdani budai palotájába föld alatti vezetéseken juttatták a vizet.

– Evlija Cselebi megemlékezik az egyik dunaparti torony vízszivattyújáról, víz-emelő malmáról is.

Hasonló rendszerű szivattyú működött a régi ferences kolostor, s a Várnegyed dunai vízellátására a mai Fő utca 7. sz. alatti vízház és a Színház utca között. A XIX. sz. derekáig üzemeltek ezek a vízművek.

A vezetékek általában ólomból, égetett agyagból, vagy szurkos vörösfenyőből készültek, cserépcsövekkel javították őket. A XIX. században megépült a modern vízmű, mely Óbudánál szivattyúzta ki a Duna vizét, és több ellennyomó medencével működött.



4.4. ábra. Mátyás korabeli vízvezeték-hálózat (KUBINYI 1991 nyomán)

Különböző publikációkban mást és mást neveznek hálózati veszteségnek. A Várhegyen csak azt a vízmennyiséget tekintjük veszteségnek, amelyet nem hasznos célra használnak fel, ellentétben a pontosabban meghatározható értékesítési különbözettel, amely az évenként betáplált és értékesített víz különbsége. Az értékesítési különbözetest a valódi veszteségeknek és a látszólagos veszteségeknek az összege adja (SOMOS A.-NÉ 1988). Látszólagos veszteség a hasznos célokra felhasznált, de nem értékesített vízmennyiség, mint például a hálózatöblítés vagy a tűzoltás. Látszólagos veszteség adódhat még:

- a mérők pontatlanságaiból,
- a mérőleolvasások hibáiból,
- a nem mért fogyasztások becslési hibáiból (átalánydíjas fogyasztások),
- a saját felhasználás becslési hibáiból,
- az illegális fogyasztásokból is.

A valódi veszteség az üzemeltetési hibákból és a tulajdonképpeni hálózati veszteségekből származik. Üzemeltetési hibák például a gondatlan zárások és a medencetúlfolyások. Hálózati veszteség a csőtöréseken, csősérüléseken kiömlő és a rejtett hibahelyeken elszivárgó vízmennyiség.

Csőtöréseknél viszonylag nagy vízmennyiség nagy intenzitással, de rövid ideig tartósan növeli a veszteségeket. Évente a fővárosban kb. 1000 csőtörés fordul elő, ezek elzárása átlagban egy órán belül megtörténik. Így az összes csőtörésből keletkező évi veszteség maximum 500 000 m³, ami az értékesítési különbözet 1–2%-a.

A nagy veszteségeket a hálózat kisméretű hibahelyein kilépő és a talajban észrevétlenül elszivárgó vizek okozzák. Ilyen rejtett vízfolyások lehetnek:

- a vezetéket alkotó csövek és vezetékek illesztésénél (ezek száma hálózat kilométerenként 200–300 db lehet);
- a szerelvények orsó tömítésénél (50–100 db/km);
- a vezetékek felületén keletkező lyukakon, repedéseken.

Ellentétben a csőtörésekkel a kisméretű hibahelyek egyenként kis mennyiségű víz elszivárgását okozzák, de nagy számuk és tartósságuk miatt az értékesítési különbözet 40–60%-át is alkothatják (4.6. táblázat).

4.6. táblázat. Vízvezetékbeli elszivárgó vízmennyiség a hibahely nagyságának függvényében (SOMOS A.-NÉ 1988)

Lyukátmérő (mm)	Vízmennyiség		
	(l/perc)	(m ³ /hó)	(m ³ /év)
1	1,07	45,8	549
3	8,96	386,1	4 633
5	24,50	1056,0	12 672
7	42,20	1870,0	22 440

A főváros hálózatában az így keletkező veszteség 15 millió m³-t is elérhet. A hálózati hibákból adódó hálózati veszteségek kiküszöbölésére kétféle eljárást használnak: időszakos és folyamatos hálózatvizsgálatot. A Várban időszakos hálózatvizsgálatokat végeznek vízveszteség-elemző mérőkocsi segítségével.

Jelenlegi állapot és konkrét vízveszteségadatok a Várnegyedre

A Fővárosi Vízművek (a továbbiakban: FVM) 1985-ben kezdte meg a rendszeres méréseket a Várhegyen a terület veszélyeztetettsége miatt.

A 4.7. táblázatban látható mérési területek – Várnegyed és Vári zóna – természetesen nem fedik le az általam használt területeket (Plató, Lejtő), hiszen az FVM a betáplálási egységek alapján határozza meg a számára fontos területi egységeket.

A táblázatból az is leolvasható, hogy a bekötéseknél és a belső sérülésekből adódóan keletkezik a legtöbb hibahely. Ugyancsak az 1990-es adatokat vettem alapul, amikor több mérési terület vezetékélekorait, fajlagos veszteségeit és a hibahelyek számát hasonlítottam össze (4.8. táblázat).

Csak a József-hegy körzeteiben volt magasabb a fajlagos veszteség mint a Várhegyen. A vezetékek életkora pedig nem függ össze közvetlenül a fajlagos veszteséggel és a hibahelyek számával, hiszen a Várhegyen található vezetékeknel idősebb zuglói és mátyásföldi vezetékeken lényegesen kisebb fajlagos veszteséget mértek.

A vízvezeték-hálózat jelenlegi vonalvezetését az 5. számú melléklet szemlélteti. Átmérőjük 100-tól 300 mm-ig terjed. Túlnyomó többségüket az 1960-as években fektették le, ezért nem számíthatóak réginek (különösen a budapesti vezetékek életkorához képest).

Az elmúlt tíz esztendőben az FVM jelentősen felújította a Várnegyed vízcsőhálózatát: csak a legfrissebb adatok szerint 1999-ben a Plató területén 850 méternyi csövet cseréltek ki, a Várlejtőkön 2000-ben felújításokat végeztek a Hunfalvy, a Szabó Ilonka és a Donáti utcában (Közmű 2000). Ugyanakkor még mindig található a területen 1886-os vezetékszakas is. A veszteségek számításakor ezzel együtt ma is elfogadhatónak tartom az 1990-es adatokat, mivel az FVM felügyelete alá csak a közterületeken futó vezetékek és szerelvények tartoznak. (A többi közmű vállalat esetében is!) Amint a 4.7. táblázatban bemutattam a hibahelyek legnagyobb számban az illesztéseknél fordulnak elő, s a házi bekötéseknek sok esetben nincsen gazdája. A telekhatárokon belüli vezetékek, bekötések, szerelvények felújításán túl, szükséges volna a folyamatos hálózatfigyelő rendszer kiépítése, legalább a Polgár város üregekkel „terhelt” területén. Megfontolandó volna egy önálló karbantartási szervezet felállítása, s a szerelvények állapotáról számítógépes adatnyilvántartás készítése. Ezen javaslatok megvalósítása komoly költségeket igényelnek, de az elmaradó károk értékétől messze elmaradnak (Táncsics Mihály utcai beszakadás, Hilton nyomóvezetéke).

A 7,7 m³/h veszteséggel számolva a Várnegyedben az éves veszteség 67 452 m³. A Vízművek – amennyiben nem méri egy adott területen a veszteségeket – azt az ökölszabályt alkalmazza, hogy a veszteség a területre betáplált vízmennyiség

4.7. táblázat. Vízesztesség elemzés eredményei a Várnegyed területén
(Fővárosi Vízművek adatszolgáltatása alapján)

Mérési terület	Mért hossz (m)	Veszteség (m ³ /h)	Fajlagos veszteség (m ³ /h/km)	Hibahelyek megoszlása (db/m ³ /h)							
				száma (db)	közcső	bekötés	főelzáró	tolózár	tűzcsap	belső sérülés	
Várnegyed 1985	1 600	4,2	2,62	3		2/3,6	1/0,6				
Várnegyed 1987	4 800	6,1	1,27	5	1/1,8	2/2,3	1/0,8				
Várnegyed 1989	4 800	12,9	2,69	15	2/8,6	10/7,7	2/0,6	2/0,4	1/0,1	19/13,5	
Várnegyed 1990	14 200	7,7	0,54	13	1/2,0	3/2,9		2/0,4	1/0,6	6/1,8	
Vári zóna 1992	28 200	74,9	2,66	90	1/5,0	6/5,9	6/6,0		4/1,1	73/56,9	

4.8. táblázat. Vízvesztések összehasonlítása Budapest különböző betáplálási területein, 1990-es adatok alapján

Mérési terület	Átlagos vezetékéletkor (év)	Fajlagos veszteség (m ³ /h/km)	Hibahelyek (db/km)
Várnegyed	25,5	0,54	0,92
József-hegy, 1-es körzet	37,0	1,05	0,95
József-hegy, 2–7. körzet	44,9	0,69	0,88
Pesthidegkút	21,9	0,35	0,20
Zugló, 3–4. körzet	46,1	0,15	0,50
Mátyásföld, 1–5. körzet	27,6	0,10	0,16
Rákosszentmihály, 1–6. körzet	16,5	0,05	0,13
Cinkota, 1–7. körzet	20,1	0,05	0,10
Pestlőrinc	20,1	0,35	0,18

10%-a. (Ez a korábban ismertetett veszteségekre vonatkozó adatok értelmében helyesnek mondható.) A Krisztina állomás betáplálási adataiból éves átlagokat képeztem, egyszer az 1992–1995, egyszer pedig az 1996–2000 közötti időszakokra (4.9. és 4.10. táblázat). (Erre a két időszakra állt rendelkezésre részletes adatsor, korábban nem készült a betáplálás mennyiségéről számítógépes nyilvántartás.)

Látható, hogy az utóbbi időszak éves átlaga 15%-kal kisebb az előző időszakénál. Ennél még komolyabb csökkenés a betáplálás tekintetében a nyolcvanas évek vége és a kilencvenes évek eleje között következett be, a vízdíj piaci szemléletű bevezetésével. Erről az időszakról a Budapest területére vonatkozó rendszer szintű

4.9. táblázat. Krisztina állomás betáplálási adatai 1992–1995
(Fővárosi Vízművek adatszolgáltatása alapján)

Hónap	1992	1993	1994	1995
I.	787 743	659 153	764 178	727 390
II.	749 171	556 291	655 588	676 890
III.	786 723	638 941	780 311	710 266
IV.	795 359	629 711	717 101	746 060
V.	853 986	845 537	799 429	773 991
VI.	832 395	859 475	772 551	768 692
VII.	847 333	837 782	837 176	837 964
VIII.	1 003 406	877 784	848 655	841 819
IX.	964 857	831 923	809 568	797 595
X.	885 579	826 664	798 964	893 883
XI.	783 899	756 607	763 082	835 217
XII.	655 778	777 707	748 973	918 715
Összesen	9 973 222	9 097 573	9 295 575	9 528 475

4.10. táblázat. Krisztina állomás betáplálási adatai 1996–2000
(Fővárosi Vízművek adatszolgáltatása alapján)

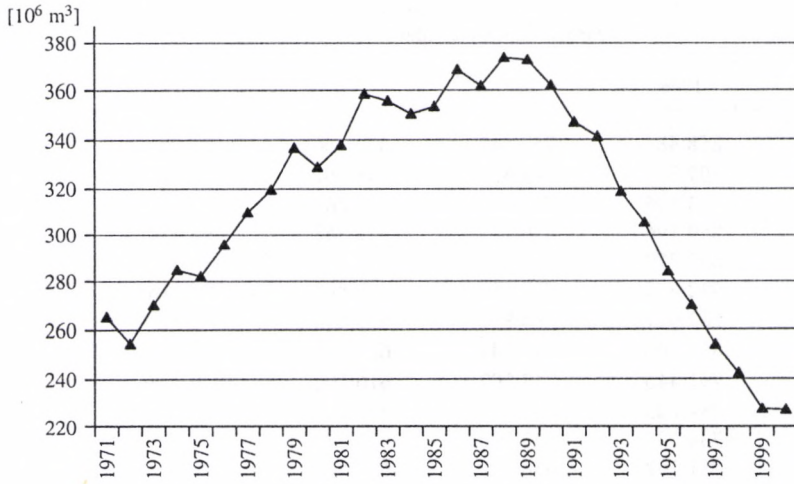
Hónap	1996	1997	1998	1999	2000
I.	858 484	752 843	652 186	572 081	520 581
II.	797 307	701 506	603 661	546 226	508 798
III.	913 545	781 715	643 268	607 891	555 564
IV.	859 196	780 541	622 558	593 310	565 567
V.	893 270	764 610	642 590	622 670	635 233
VI.	942 892	712 957	649 881	606 418	644 506
VII.	867 617	698 949	631 618	571 616	585 285
VIII.	820 266	713 741	661 944	546 436	648 411
IX.	791 446	717 207	616 202	579 478	590 494
X.	784 205	699 732	590 647	593 389	603 809
XI.	734 722	645 758	689 231	574 423	535 703
XII.	751 162	638 562	654 560	542 307	505 228
Összesen	10 014 115	8 608 124	7 658 345	6 956 246	6 899 180

termelési mennyiségek álltak rendelkezésemre, melyeknek 1971 és 2000 között képeztem az ötéves átlagait (4.5. ábra és 4.11. táblázat).

Az utolsó három időszak között 35%-os és 25%-os csökkenés következett be. Viszont a hetvenes évek elejéhez képest napjainkra csak kisebb mértékben csökkent a betáplálás mennyisége. A Vízművek szakembereinek véleménye szerint nagyságrendileg helyesen járok el, ha a kilencvenes évek (1995–2000) arányaiból kiindulva állapítom meg a Krisztina állomás betáplálásait a korábbi időszakokra. (Az eljárás helyességét az 1992–1995 közötti értékekkel lehet ellenőrizni. A számított és a mért értékek között 7%-os az eltérés.) Így képeztem az 1970-es évek elejére és a nyolcvanas évek második felére a krisztinai betáplálási értékeket: 8 880 032 és 120 049 449 m³/év adódott. A Várhegy területére vonatkozatható

4.11. táblázat. Budapest éves
vizbetáplálásainak ötéves átlagai
(Fővárosi Vízművek adatszolgáltatása alapján)

Évek	Budapesti betáplálás (ezer m ³ /év)
1971–1975	271 129
1976–1980	318 368
1981–1985	351 206
1986–1990	367 899
1991–1995	320 131
1996–2000	245 090



4.5. ábra. Budapest évi vízbetáplálása

veszteségeket az egész területre eső házi bekötéseinek arányaiból számítottam. (A Vízművek a rendelkezésemre bocsátotta a részletes közműterképeket, amelyen az összes házi bekötés szerepel.) Az egész zóna házi bekötéseinek száma közel 2700, ebből kb. 440 esik a Várhegy területére. Ezzel az aránnyal módosítva a betáplálási mennyiségeket megkaptam az adott év, vagy az adott időszak várhegyi betáplálásait, és abból a 10%-os ökölszabállyal a veszteségeket. A következő várhegyi betáplálásokkal végeztem a vízmérleg számításokat (4.12. táblázat).

Az utolsó két időszak vesztesége 168 mm/év és 142 mm/év beszivárgó csapadéknak felel meg a Platóra vetítve, ami az éves csapadékmennyiségek ismeretében kiugróan magas érték.

4.3.2. Csatornázás

Budapest legrégebbi csatornái a Várhegy területén voltak találhatóak. A legöregebbet, melyet a XVIII. sz. végén készítettek vörösmárványból a Donáti utcában tárták fel. A Plató jelentősebb csatornái 1822-ben a Szentháromság téren és az Úri utcában, 1835-ben a Dísz téren, 1842-ben az Országház utcában épültek.

4.12. táblázat. Vári zóna vízbetáplálásai

Évek	Vári betáplálás (m ³ /év)
1971–1975	1 447 116
1986–1990	1 963 614
1992–1995	1 543 864
1996–2000	1 308 136

A vári csatornák többsége előregeedett, az 1990-es években a legrégebbi a Tóth Árpád sétány alatt futott, 1877-ben épült.

A II. világháború idején a csatornahálózat sok helyen tönkrement, illetve feliszapolódott. Az 1950-es években indultak meg a felújítások és a bővítések, a meglévő csatornázási létesítmények folyamatos ellenőrzése, javítása és tisztítása mellett.

A mai csatornahálózat egyesített rendszerű, amely a Fennsíkról hat különálló rendszerben vezeti el a vizet a környék csatornái felé (3.22. ábra). A Platón 3736,6 fm kis szelvényű, és 411,9 fm nagy szelvényű csatorna van. A barlangpincék elvizesedése miatt a Fővárosi Csatornázási Művek 1992 novemberében feltérképezte a csatornák állapotát.

A vizsgálat 5228 fm hosszon, kamerás (IBAK) módszerrel történt. A Polgárváros csatornái túlméretezettek, így vízvezető képességük megfelelő, hidraulikai jellemzőik jók, statikai és vízzárósági szempontból vizsgálva a hálózat azonban általában rossz állapotú. Az idők folyamán a csőanyag sok helyen erősen szemcséssé vált, korrodálódott, majd az anyagban kimosódás, üregesedés keletkezett, ezért a csatorna külső nyomásra beroskadt (előregeedési károsodás). Sokszor rossz anyagból – a 20-as években bauxitcementből, a 60-as években pedig portlandcementből – építették a csatornákat Ezeknél általában cementhabarcs-csőillesztéseket használtak, amelyek szintén nem váltak be. Gyakorikak a kőanyagú csövek is, amelyek kötését kátránnyal átítatott kőctömítéssel és bitumenkiöntéssel készítették. Ezen illesztési anyagok elhasználódtak és vízáteresztővé váltak.

Nagy károsodások történtek a közetmozgások következtében is.

A szivárgó vizek eróziója és a pincebeomlások a csatorna környezetében levő talaj süllyedését, kiüregelődését és csúszását okozhatták, amelyek hatására a csőelemek az illesztési helyeken szétváltak, vagy el is törtek (FÖMTERV 1993).

Függőleges csúszások is bekövetkeztek, ezek helyén ugrók jöttek létre, amiktől a csatorna nyomás alatti üzemiállapotba került. Az aknába vezetett bekötések körül kiüregelődések keletkeztek. A csatornához kapcsolódó műtárgyak (főleg a tisztítóaknák) anyaga szintén elhasználódtott, sok helyen találtak repedéseket, beomlásokat. Az aknák a vízzárósági követelményeknek nem felelnek meg, hágsóik elkorrodálódtak. Számos esetben megoldatlan a tetőlefolyók ejtőcsöveinek bekötése, illetve az udvari összefolyók csatornabekötése.

A hálózat 85%-nál alapvető vízzárósági problémák jelentkeztek, ezen felül nem készült műszeres vizsgálat a közterületi szakaszon 1208 fm víznyelőbekötésről, 1574 fm tetőlefolyó-bekötésről és 1580 fm házibekötésről, amelyek állapota az eddig leírtak alapján aggasztó lehet, nem beszélve az intézmények, bérlők, tulajdonosok belső csatornáiról, például léteznek olyan tisztítóaknák, amelyeknek nincs alja!

A csatornahálózat egyesített rendszerű, a szennyvizek a csapadékból és a vezetéki vízből egyaránt táplálkoznak. A szennyvizek veszteségeinek mennyiségére semmilyen adat nem áll rendelkezésre, az FCSM Rt. nem méri a veszteségeit. Ezért a vezetéki víznél alkalmazott 10%-os ökölszabályt alkalmazom. Ez a Plató területén a tapasztalatok szerint a barlangokban észlelhető csepegésintenzitás figyelembevételével „jóindulatú” közelítésnek számít.

Becslésem szerint a csatornába lejutó csapadékvíz az összes lefolyó víz 90%-a, míg a vezetéki vízből a betáplált mennyiség veszteségein kívül elvileg minden víz a csatornába jut. Számításaim szerint a vezetéki vízből származó szennyvízvesztések 4–6-szor nagyobbak, mint a csapadékból származó szennyvízvesztések mennyisége. A kilencvenes évek második felének adataival számolva a vezetéki vízből származó szennyvízvesztések kb. 130 mm/év, a csapadékból származó szennyvízvesztések kb. 30 mm/év beszivárgó csapadéknak felelnek meg a Platóra vetítve. (Együttesen a vezeték víz és a csatorna veszteségei 300 mm! beszivárgó csapadéknak felelnek meg évente, ami több mint a fele az éves csapadéknak.)

4.3.3. Táv hő

1969-től működik távhőszolgáltatás a Várban, a távhővezetékek területi elhelyezkedését az 5. sz. melléklet szemlélteti. A csőhálózat rekonstrukciója, illetve átépítése az 1990-es évek végén lezajlott. A veszteségek nagyságrendjét a 2000. évi decemberi pótvízigény méréseiből becsültem meg (4.13. táblázat).

4.13. táblázat. Távfűtésben jelentkező napi pótvízigények 2000 decemberében (FŐTÁV Rt. adatszolgáltatása alapján)

Időpont	Vári rendszeren a kerület arányában a pótvízigény (t/nap)
2000.12.02.	20,7
2000.12.03.	22,7
2000.12.09.	22,3
2000.12.10.	23,5
2000.12.16.	20,3
2000.12.17.	20,0
2000.12.23.	25,4
2000.12.24.	24,5
2000.12.25.	31,4
2000.12.26.	32,2
2000.12.30.	25,8
2001.01.01.	27,3

A pótvízigény napi átlaga 25 m³. Évente ez 9125 m³-t jelent. A FŐTÁV Rt. szakemberei szerint ennek a mennyiségnek körülbelül fele lehet a veszteség.

Ez évente 4560 m³-t jelent, ami a Platóra vetítve alig 12 mm/év beszivárgó csapadékot jelent, tehát a távhőből származó veszteség elhanyagolható a többi közmű veszteségeihez képest.

4.4. A számítás algoritmus

Alapadatok

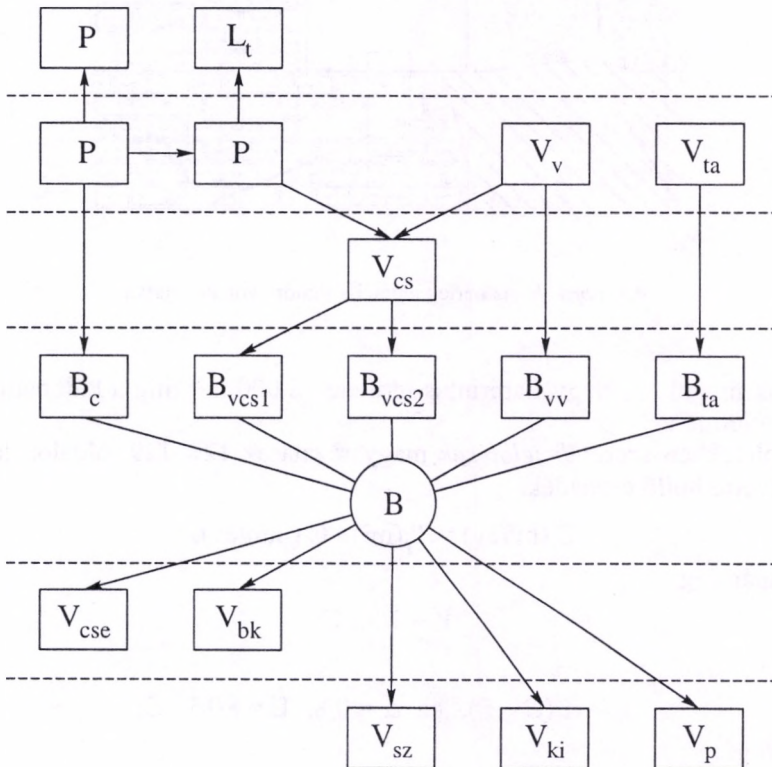
A csapadék éves átlagára vonatkozó megállapításokat a 4.2. fejezetben ismertettük. A vízgyűjtő terület nagyságára vonatkozó eredményeket a Lejtőre vonatkozóan a 3.5. fejezetben adtam közre. Párolgásra mindvégig a teljes csapadék egyharmadával számoltam.

A lefolyást az $\alpha = 0,8$ súlyozott lefolyási tényezővel számoltam. A közműhibákból származó veszteségeket a 4.3.1., 4.3.2. és a 4.3.3. fejezetekben mutattam be. A vízmérleg számítás menete a folyamatábrán követhető (4.6. ábra).

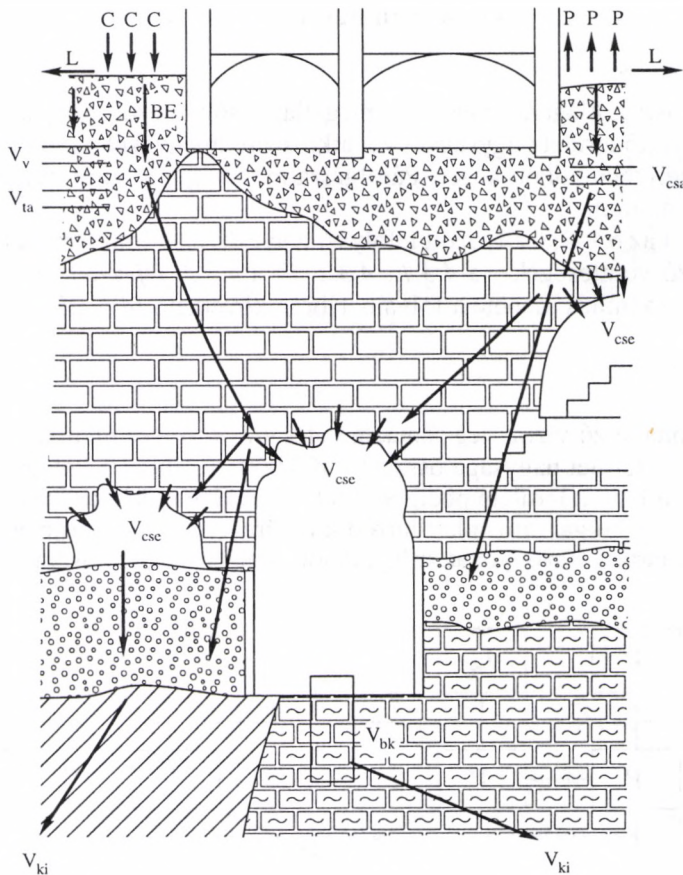
Plató

A Platóra vonatkozó vízmérleg sémaábráját a 4.7. ábra szemlélteti.

A vízgyűjtő terület nagysága összesen 400 000 m², ebből a Polgárváros területe 310 000 m², a Palota területe pedig 90 000 m². A terület két részre osztását az indokolja, hogy a Polgárváros alatt húzódik az üreghálózat, ami jelentősen módosítja a vízháztartási viszonyokat, míg a Palota alatti részen valószínűsíthetően nem



4.6. ábra. A vízmérlegszámítás folyamatábrája



4.7. ábra. A vízmérleg elemei a Platóra vonatkoztatva

találhatók üregek. A Nagy Labirintus területe 18 000 m², míg a különálló üregek területe 4000 m².

A képletekben szereplő *jelölések* magyarázata az 128–129. oldalon található.

A területre hulló csapadék:

$$C \text{ (m}^3\text{/év)} = T_p \text{ (m}^2\text{)} \cdot C \text{ (mm/év)};$$

Ebből elpárolog:

$$P = 1/3 \cdot C;$$

Lefolyik:

$$L = \alpha (C - P), \text{ ha } \alpha = 0,8, L = 8/15 \cdot C;$$

Beszivárog:

$$B_c = C - P - L, B_c = 2/15 \cdot C;$$

A vezetéki vízből származó vízveszteség a Plató/(Plató + Lejtő) terület arányában:

$$B_{vv} = (40/92 \cdot V)/10, B_{vv} = V/23;$$

A távfűtés veszteségéből beszivárgó mennyiség:

$$B_{vta} = 2/3 \cdot V_{ta};$$

A csapadékból származó szennyvízveszteség:

$$B_{vcs1} = (0,9 \cdot L)/10, B_{vcs1} = 0,048 \cdot C;$$

A vízvezetéki vízből származó szennyvízveszteség:

$$B_{vcs2} = (40/92 \cdot V - B_{vv})/10, B_{vcs2} = 9/230 \cdot V;$$

Az összes szennyvízből származó veszteség:

$$B_{vcs} = B_{vcs1} + B_{vcs2};$$

A Platóra jutó összes beszivárgás:

$$\Sigma B_p = B_c + B_{vv} + B_{vta} + B_{vcs};$$

A Polgárvárosra a beszivárgás a területek arányában:

$$B_{pol} = 31/40 \cdot B_p;$$

Az összes üregbe jutó vízmennyiség:

$$B_{csep} = 22/310 \cdot B_{pol};$$

Ebből a Nagy Labirintusba jutó beszivárgás:

$$B_{csepn1} = 9/11 \cdot B_{csep};$$

A különálló üregekbe jutó vízmennyiség:

$$B_{csepü} = B_{csep} - B_{csepn1}$$

Várlejtő

A Lejtőre vonatkozó vízmérleg sémaábráját a 4.8. ábra szemlélteti.

A számítás menete ugyanúgy történik, mint a Platóra vonatkozóan, csak a terület arány (Lejtő/(Lejtő + Plató)) függvényében változnak az értékek.

$$C \text{ (m}^3/\text{év)} = T_1 \text{ (m}^2) \cdot C \text{ (mm/év);}$$

értelemszerűen minden érték a Lejtő területére vonatkoztatott csapadékmennyiségből következik.

A vezetéki vízből származó veszteség:

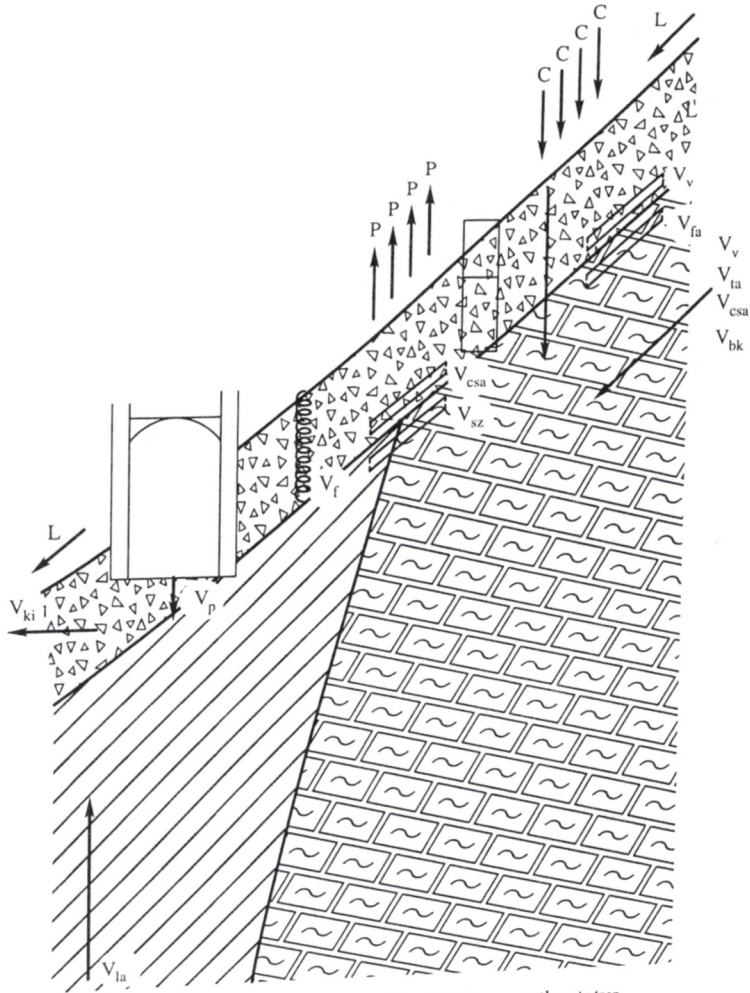
$$B_{vvl} = V/10 - B_v;$$

A távfűtés veszteségéből származó vízmennyiség a harmada az összes távhővesztésnek:

$$B_{vtal} = 1/3 \cdot V_{ta};$$

A vezetéki vízből származó szennyvízvesztés a következőképpen alakul:

$$B_{vcs2l} = 117/2300 \cdot V_v.$$



4.8. ábra. A vízmérleg elemei a Lejtőre vonatkoztatva

4.5. A számítás eredményei

A számításokat az ismert vízbetáplálási időszakokra és a szélsőséges csapadék-viszonyú évekre készítettem el (4.14. táblázat).

Az utolsó két évvel számított beszivárgás, ötéves betáplálási átlaggal számolva 154 221 m³ és 191 576 m³. Ebből látszik, hogy a több mint 60%-os csapadék-növekedés csak 20%-os beszivárgás-növekedést eredményez azonos vízvezetéki betáplálás esetén (4.15. táblázat).

A csapadék eredetű beszivárgás 30–40%-a a vezetéki víz eredetű beszivárgásnak, a 95 : 5 százalékos megoszlás feltételezése téves volt.

Az általam az első időszakra számított beszivárgási érték Kessler H. 1971-es visszafelé számított értékéhez áll a legközelebb. Az éves mennyiségben mutatkozó eltérés már alig érhető tetten a Nagy Labirintusra vetítve. Kessler H. ugyanis 20 000 l/nap értéknek határozta meg a Nagy Labirintusba lejutó víz mennyiségét (4.2. táblázat), ami 7300 m³/év-nek felel meg. Összegző számításom eredményeként ez az érték 7246 m³/év-re adódott (4.16. táblázat). Ez bizonyítja számítási módszerem helyességét, illetve Kessler H. méréseinek pontosságát, és az azokból levont következtetések igazát.

4.14. táblázat. A vízmérlegszámítás eredményei a Plató területére vonatkoztatva

Évek	Csapadék (mm/év)	Vízbetáplálás a Várhegyen (m ³ /év)	Lefolyás (m ³ /év)	Párolgás (m ³ /év)	Beszivárgás (m ³ /év)
1971–1975	530	1 447 116	113 066	70 666	161 026
1986–1990	520	1 963 614	110 933	69 933	202 968
1992–1995	540	1 543 864	115 200	72 000	169 744
1996–2000	540	1 308 136	115 200	72 000	150 270
1997	326	1 402 805	130 400	43 466	142 568
1999	841	1 133 610	336 400	112 133	157 685

4.15. táblázat. A Platón beszivárgó vízmennyiség megoszlása a vizek eredete szerint

Évek	B _c	B _v	B _{cs1}	B _{cs2}
	(m ³ /év)			
1971–1975	28 266	62 918	10 176	56 626
1986–1990	27 733	85 374	9 984	76 837
1992–1995	28 800	67 124	10 368	60 412
1996–2000	28 800	56 875	10 368	51 188
1997	17 386	60 991	6 259	54 892
1999	44 853	49 287	16 147	44 358

Az 1971 és 2000 közötti 30 éves periódusra a következő eredmények adódnak a 4.14. és 4.15. táblázat értékeinek átlagolásával (4.17. táblázat).

Megállapítható, hogy a nagyságrendileg 70%-os lefolyás, 20%-os párolgás és a 10%-os beszivárgási arányok a lefolyás mértékének a csökkenésével (csatornából történő elszivárgás) és a közművek veszteségeiből származó beszivárgás növekedésével módosul. Az összes betáplált vízmennyiség 9%-a szivárog be a talajba.

Érdeemes megvizsgálni az 1971–1975 és az 1996–2000 közötti időszak beszivárgás változását a Nagy Labirintusra vetítve. A két érték közötti különbség 484 m³/év. Ez 1326 l/nap értéknek felel meg. Ennek a mennyiségnek egy része a barlangi kutakat táplálja, s ez a mennyiség hiányzik a kutakból, amit az átlagosan 2 m-es depresszió megállapításakor igazoltunk. A pontos értékeket csak folyamatos mérésekkel lehetne kiszámítani. Egy fiktív kúttal számolva, 2 m-es átmérőt feltételezve, a kútból több mint 6000 liter víz fogyott el a két időszak között.

Megállapítható, hogy a barlangi kutak víznívója elsősorban a csökkenő vízbe-táplálások, másodsorban az utóbbi időszakban lehullott kevesebb csapadék következtében süllyedt.

4.16. táblázat. A Polgárvárosra, a Nagy Labirintusra és a különálló üregekre jutó beszivárgó vízmennyiségek megoszlása

Évek	B _{pol}	B _{csep}	B _{csepnl}	B _{csepü}
	(m ³ /év)			
1971–1975	124 795	8 856	7 246	1 610
1986–1990	157 300	11 163	9 133	2 030
1992–1995	131 552	9 336	7 638	1 698
1996–2000	116 459	8 265	6 762	1 503
1997	110 490	7 841	6 415	1 426
1999	122 206	8 672	7 095	1 577

4.17. táblázat. A Várplató 30 éves átlagos vízmérlege, 1971–2000 időszakra (Vezetéki vízbetáplálásból számított beszivárgást jelölik a dőlt számok)

Csapadék			Lefolyás		
mm	m ³ /év	%	mm	m ³ /év	%
530	212 000	100	283	113 600	54
	<i>1 565 682</i>				
Párolgás			Beszivárgás		
mm	m ³ /év	%	mm	m ³ /év	%
178	71 149	33	71	28 399	13
			<i>427</i>	<i>171 002</i>	<i>80</i>

A kiindulási adatok megváltoztatásával számos összehasonlító számítást végeztem. Az egyik változtatott paraméter az éves csapadékösszeg volt, amit budapesti átlagban 610 mm-nek szokás megadni. Az 1992–1995-ös időszakra vetítve így a Platóra 174 821 m³ beszivárgó vízmennyiség jutott volna, a Nagy Labirintusra pedig 7862 m³. Összehasonlítva ezeket a táblázatokban közölt adatokkal, látható hogy az eltérés az értékek között csak néhány százalékos, vagyis azt a korábbi megállapítást erősíti, hogy a csapadék jelentősége másodlagos a beszivárgás nagyságrendjénél a közművesztésekhez képest.

A másik változtatott paraméter a Lejtő területe volt, aminek a területarányok figyelembevétele miatt kihatása van a Plató beszivárgási értékeire. Az így kapott beszivárgás mennyiségek 8–10%-al kisebbek a táblázatokban közöltekénél, tehát a terület pontos meghatározása fontosabb tényező, mint a helyes csapadéérték felvétele.

A Várlejtőre kapott eredményeket a 4.18. és a 4.19. táblázatban adom meg.

4.18. táblázat. A vízmérlegszámítás eredményei a Lejtő területére vonatkoztatva

Évek	Lefolyás	Párolgás	Beszivárgás
	(m ³ /év)		
1971–1975	146 986	91 866	206 901
1986–1990	144 213	90 133	261 427
1992–1995	149 760	93 600	218 234
1996–2000	149 760	93 600	192 920
1997	90 410	56 506	182 907
1999	233 237	145 773	202 560

4.19. táblázat. A Lejtőn beszivárgó vízmennyiség megoszlása a vizek eredete szerint

Évek	B _c	B _v	B _{cs1}	B _{cs2}
	(m ³ /év)			
1971–1975	36 746	81 793	13 228	73 614
1986–1990	36 053	110 987	12 979	99 888
1992–1995	37 440	87 261	13 478	78 534
1996–2000	37 440	73 938	13 478	66 544
1997	22 602	79 289	8 136	71 360
1999	58 309	64 074	20 991	57 666

Az általam számított beszivárgási értékek Horusitzky H. számítási eredményeihez állnak a legközelebb (4.2. táblázat), ami a közel azonos méretűnek meghatározott vízgyűjtő terület, és a közművesztések figyelembevétele miatt adódik. Én elhanyagoltam a Platóról a Lejtőre lefolyó vízmennyiséget, ami számításaim sze-

rint kb. 11 000 m³/év lehet. Ez az érték az összes beszivárgás mennyiségét 1450 m³-el növelné, ami számszakilag is elhanyagolható, ráadásul a valóságban valószínűsíthetően csak kis hányada jelenik meg, mivel előbb-utóbb a csatornába folyik, s nem ömlik végig a Várlejtőn.

A Platóra végzett számításokhoz hasonlóan kiszámoltam a beszivárgás mértékét a 750 000 m²-es lejtőterülettel is. Ez kb. 20%-os beszivárgás növekedést jelent évente, tehát valamivel kisebb mértékű növekményt a területnövekedés (kb. 30%) mértékéhez képest. (Viszont a Platóra jutó beszivárgás értékét jelentősen csökkenti.) Öt éves vízbetáplálási átlaggal számolva például az 1997-es és az 1999-es évre jóval kisebb lesz a különbség az összes beszivárgó vízmennyiségek között, mint ha az éves betáplálási mennyiségekkel számolnánk.

Módszerem nem veszi figyelembe a klasszikus számításoknál sokszor hangsúlyozott terepviszonyokat, súlyozott lefolyási tényezővel számoltam. Ennek az az oka, hogy a beszivárgó vizek mennyiségét alapvetően a közművesztések határozzák meg, a közvetlen beszivárgás mértéke azokhoz képest elenyésző. Így a felületek boritottságával történő számítás az éves vízmérlegnél értelmetlenül komplikálná a feladat megoldását. Egyes részterületek vízforgalmának meghatározásához azonban pontosan kell ismerni a helyi viszonyokat, így a fedettséget is.

Erre a témakörre a későbbiekben visszatérek.

A továbbiakban megvizsgálom, hogy a hegy belsejébe jutó vizekkel mi történhet. A fenti számítási módszer eredményeinek felhasználásával kerekített értékekkel számolok. (A becslés miatt csak a nagyságrendek érdekesek.)

Bemenet

A Platóról a hegy belsejébe szivárog 170 000 m³/év víz, ebből kb. 10 000 m³/év jut a barlangokba. A Lejtőkről 220 000 m³/év víz jut a talajba, így az összes beszivárgás mennyisége 380 000 m³/év.

Kimenet

A forrásszerű vízkilépések hozamainak ismeretében, a Várlejtőn 90 000 m³ (3.5.2. fejezet) víz lép ki évente. Az Alagút víztelenítő vágataiba kb. 30 000 m³ víz juthat (3.5.1. fejezet). A rendszeres pinceelöntések vízmennyisége 50 000 m³-t tesz ki (3.5.5. fejezet). A szivárgókból 70 000 m³ léphet ki, aminek egy jelentős hányada a csatornákon elfolyik, vagy a csatornavesztéseként újból a talajba jut.

Összesen a kimenet oldalán 240 000 m³ víz jelenik meg. Eszerint az éves tározódás 140 000 m³ víz. A Vár 50 éves átlagos vízmérlege az 1951–2000 közötti időszakra a hidrológiai adatok ismeretében némiképp módosul (4.20. táblázat) a 30 éves átlagos vízmérleghez képest. Mégpedig nem csak a csapadékátlag enyhe növekedése miatt, hanem a sokévi átlagos párolgási összeg kisebb mértéke miatt is. Ez utóbbi ugyanis a Jósvafői Kutató Állomáson hosszú ideig mért kádpárolgási adatokból jól közelíthető. A sokévi párolgási összeg 656 mm/év, amit az évi csapadékos napok számával kell csökkenteni. Így 70 napnak tekinthetjük a felszínről történő párolgás időszakát évente. Ez a 365 napnak 19%-a, amelyből az éves párolgás 125 mm-re adódik.

4.20. táblázat. A Várplató 50 éves átlagos vízmérlege, 1951–2000 időszakra

Csapadék			Lefolyás		
mm	m ³ /év	%	mm	m ³ /év	%
565	226 000	100	367	146 800	65
	1 565 682				

Párolgás			Beszivárgás		
mm	m ³ /év	%	mm	m ³ /év	%
125	50 000	22	73	29 200	13
			427	171 002	80

4.6. Kessler módszere a Várhegyre vonatkoztatva

Kísérletképpen az utóbbi évtized szélső csapadékértékeivel kiszámítottam, hogy mennyi lenne a Várhegy forrásainak éves vízhozama, ha a hegyen semmilyen urbanizációs hatás nem volna (vagyis ha a Várhegy a rá épült várostól, burkolatoktól, közművektől megszabadítva, „természetes állapotában” állna a Duna mentén). Ehhez Kessler H. módszerét használtam (KESSLER 1954). A Várhegy vízgyűjtő területét 920 000 m²-re vettem. Az eredményeket a 4.21. táblázatban közlöm.

Utólag kiderült, hogy Kessler eredeti módszeréből nem szabad használni az úgynevezett „beszivárgási görbét”, mert a Tetye-forrás vízgyűjtő területét hibásan vette át egy korábbi tanulmányból. Ezért a korrigált mértékadó csapadékszázalék tekinthető a beszivárgás jó értékének. Így számolva a két szélsőséges év beszivárgását 118 468 és 123 253 m³/év adódik.

Ezeket az eredményeket összevetve a fenti becslés eredményeivel megállapítható, hogy az urbanizációs hatások következtében 30%-os vízterhelés növekmény jelenik meg a Várhegyen.

Ahogy már korábban említettem a részterületek vízmérlegének előállításához pontosabb kiindulási adatok szükségesek. Egy fel nem tárt közműhiba, vagy az ál-

4.21. táblázat. Kessler H. módszerével történő számítás eredményei a budai Várhegyre vonatkoztatva

Hidrológiai paraméterek	1997	1999
Csapadék (mm)	326	841
Mértékadó csapadékszázalék (%)	24	6
Korrigált mértékadó csapadékszázalék (%)	40	16
Beszivárgási százalék (%)	50	25
Összes forráshozam (m ³ /év)	150 190	193 476

talánostól jellegzetesen eltérő földtani formáció nagyságrendekkel változtathatja meg az adott terület vízháztartását. A közetfizikai vizsgálatok eredményeit felhasználva elemi részek vizsgálatához elvi modell készíthető. Ennek az üregek vizsgálatánál lehet jelentősége. A különféle vízáteresztő-képességi együtthatók figyelembevételével kiszámítható, hogy mennyi idő elteltével jelenik meg a felszínről vagy a közműből elszivárgó víz a fötén csepegő vízként. Pontosabb számításokhoz ismernünk kell a tagoltság mértékét, a közművek elhelyezkedését stb.

A József-hegyi barlangoknál alkalmazott nyeletési vizsgálatához (LEÉL-ŐSSY 1997) nem találtam alkalmas területet a Várplátón az urbanizációs hatások miatt. A fedő – néhány méteres vastagsága és változatos fizikai tulajdonságai miatt – amúgy sem volna alkalmas pontos mérések végrehajtására.

5. Összefoglalás

5.1. Eredmények

Vizsgálataim alapján a Várhegy öt különálló hidrogeológiai egységre osztható, három részre a hegy Platója és két részre a Várlejtő;

- a Polgár város É-i része, a Bécsi kapu tértől a Szentháromság térig,
- a Polgár város D-i része, a Szentháromság tértől a Szent György térig,
- a Palota területe,
- a nyugati Várlejtő, az Attila út és a nyugati Várfalak közötti lejtősáv,
- az északi és keleti lejtőből áll (1. sz. melléklet).

Ennek a csoportosításnak a helyességét a továbbiakban felsorolt eredmények támasztják alá.

Kőzetekre vonatkozó megállapítások

– Fúrászelvények, feltárások és irodalmi adatok felhasználása alapján megállapítottam, hogy a Polgár város területén az üregek fölött a mészkő átlagos vastagsága 5 m, szemben a szakirodalomban gyakran szereplő 10–15 m-rel.

– A rendelkezésre álló adatok és vizsgálataim alapján igazoltam, hogy a korábbi irodalmi forrásoktól eltérően a Várhegy platóján csak az első területen található meg az Ördög-árok terasz kavicsa.

– Irodalmi adatok alapján kimutattam, hogy a Plató három területének földtani felépítése részben eltér egymástól. Az édesvízi mészkő kifejlődése nem azonos a három területen: az első területen egységesebb a mészkő, míg a délebbi előfordulásnál lencsés mészszipa-betelepülések jelennek meg, az első két területen a mészkő paplan uralkodóan tavi kifejlődésű, tetarítás kifejlődésre csak a Palota alatti területen találhatunk nyomokat.

– Laboratóriumi mérésekkel meghatároztam a várhegyi édesvízi mészkő vízáteresztő-képességét, és összehasonlítottam más területek hasonló korú és típusú mészkő kifejlődéseinek vízáteresztő-képességével. A mészkő fizikai adottságai függvényében a szélsőértékek között hat nagyságrendnyi (10^{-1} – 10^{-7} cm/s) eltérés mutatkozott. (Ennek a lokális beszivárgás számításoknál van nagy jelentősége.)

– Laboratóriumi mérésekkel meghatároztam a budai márga vízfelvételi tulajdonságait, s összevettem azokat más területek adataival.

Az édesvízi mészkő és a budai márga közetfizikai paramétereire függvénykapcsolatokat szerkesztettem (testsűrűség – nyomószilárdság, nyomószilárdság – rugalmassági modulus, testsűrűség – látszólagos porozitás).

– Megállapítottam, hogy a Várlejtőkön a budai márga és a kiscelli agyag nem különíthető el egyértelműen sem a talajfizikai paraméterek, sem a réteg- és szivárgó vizek szulfáttartalma, sem a rendelkezésre álló fauna vizsgálata alapján.

A Várhegy vízháztartására vonatkozó megállapítások

– Saját mérésekkel igazoltam, hogy a Várhegy területére az Országos Meteorológiai Szolgálat (II. ker. Kitaibel Pál u. 1.) mérőállomásán mért csapadékértékek érvényesek. Így több mint száz éves csapadék idősor áll rendelkezésre a Várhegy hidrológiai és hidrogeológiai vizsgálatához.

– Meghatároztam a Várhegyre vonatkozó vízmérlegszámítás algoritmusát a Platóra és a Várlejtőkre. A módszer figyelembe veszi a közművek vízvesztéseit, s területarányosan adja meg a beszivárgást.

– Számításokkal igazoltam Kessler H. méréseinek és becsléseinek helyességét a Nagy Labirintusba jutó éves vízmennyiség tekintetében. A két végeredmény között csupán 60 m³/év vízmennyiség különbség adódott.

– Számításokkal igazoltam, hogy a közművesztésekből származó vizek szerepe domináns a csapadékkal szemben a beszivárgó víz mennyisége szempontjából (pl. 60%-os csapadék növekedés csak 20%-os beszivárgás növekedést okoz), de a korábban feltételezett arány (95% vezetéki víz, és 5% csapadékvízzel kevert szennyvíz) nem helytálló.

– A Ny-i Várlejtőn elenyésző a forrásszerű vízkilépések száma (4 db), az itt létesített fúrásokban nem jelentkezett víz, s az épületek pincéiben jellemzően csak időszakos vízelöntések voltak tapasztalhatók.

Az É-i és K-i Várlejtőn gyakran jelentkeztek forrásszerű vízkilépések (15 db), s az itt mélyített fúrásokban szinte minden esetben megjelent a talajvíz, valamint a keleti lejtő házainak pincéiben nagy számban fellelhetők állandó vizesedési helyek.

Barlangi kutakra vonatkozó megállapítások

– Mérésekkel igazoltam, hogy az 1970-es mérési időszak óta napjainkra a kutak átlagos víznívója (0,8–2,6 m-rel) csökkent. Ennek okait (csapadék és a vízvezetéki víz betáplált mennyiségének csökkenése) a Nagy Labirintusra vonatkozó vízháztartási számításoknál kimutattam.

– Mérésekkel igazoltam, hogy a barlangi kutak vízhőmérséklete szoros kapcsolatban áll a barlangi léghőmérséklettel. A kutakban a vizek hőmérséklete átlagosan 2 °C-kal nőtt a korábbi vizsgálati periódushoz (1971) képest.

– Mérésekkel és laboratóriumi vizsgálatokkal igazoltam, hogy a kutak vízminősége sehol nem felel meg a szabványban (MSZ 448/31) előírt ivóvíz minőségnek.

– Mérésekkel és laboratóriumi vizsgálatokkal bizonyítottam, hogy a kutak többsége önálló vízgyűjtő területtel rendelkezik, a kútvizek nem kommunikálnak egy-

mással (két kisebb terület kivételével). Ezzel bizonyítottam azt a korábbi feltételezést, hogy a Várhegy platóján nincs összefüggő talajvíz.

– Mérésekkel igazoltuk, hogy a barlangi kutak vízádóképessége a Polgár város északi részén 10–100-szor nagyobb, mint a déli részén található kutaké. Méréssel igazoltuk, hogy a Táncsics Mihály utca térségéből a felszín alatti vizek egy része a kutakból észak felé áramlik.

– A barlangi kutak vízvizsgálati eredményeit összefoglaló térképen ábrázoltam (3. számú melléklet).

A vizekre vonatkozó eredmények rendszerezése és egyidejű közlése fel kell, hogy hívja a szakemberek és a döntéshozók figyelmét arra, hogy milyen kevés adat és vizsgálati eredmény áll rendelkezésre a Várhegyről és a benne húzódó mésztufa-barlangról. A budai Várból – pontosabban fogalmazva a budai Vár vendéglátóiparából és turistaforgalmából – származó bevételek néhány ezrelékét az alapkutatásokra (térképezés, geológia, hidrogeológia, stb.) kellene fordítani, hogy az azok hiányában el nem végzett karbantartási és veszélyelhárítási munkák ne okozzanak nagyságrendileg sokkal nagyobb értékű károkat (útbeszakadások, épületkárok, vízelöntések).

Vízmérleg számítási módszerem segítségével az éves csapadék és betáplált vízmennyiség ismeretében bármely évre meghatározható a Várhegy platójának és lejtőjének éves vízmérlege, s ezen keresztül a barlangpincék vízháztartása.

A köztudatban régóta él az a megállapítás, hogy a barlang- és pincerendszer elvizesedőben van. A barlangi kutak vizsgálatai és a számítási eredményei bebizonyították ennek az ellenkezőjét. Az elmúlt tíz évben a barlangrendszer száradási periódusát figyelhetjük meg. Ez a tény meg kell, hogy változtassa a veszélyelhárítással és a hasznosítással kapcsolatos eddigi szemléletet.

5.2. Javaslatok

Minden alapkutatás folytatásához és veszélyelhárítási munka végrehajtásához a legsürgetőbb feladat a barlang- és pincerendszer pontos feltérképezése. Ennek további halogatása óriási anyagi és erkölcsi kárt okozhat.

Noha tetemes mennyiségű adat és vizsgálati eredmény gyűlt össze több mint száz esztendő alatt a Várhegy vizeivel kapcsolatban, ezen adatokból nagyon nehéz teljes képet alkotni a hegy vízháztartásáról. Ennek az az oka, hogy a mérések csak időszakosan, egy-egy alkalomra koncentrálnak, ráadásul sokszor eltérő módszerekkel. Ezért javaslom az egész Várhegy területére – szűkebb anyagi források esetén a barlangpincék környezetére – monitoring rendszer kiépítését. Ennek elsődleges célja az egyidejű és hosszú távú méréssorozat végrehajtása, amelynek eredményeképpen egymással összevethető adatsorok állnának a szakemberek rendelkezésére.

Barlangi kutakra és a barlangok vízháztartására vonatkozó vizsgálatok:

– folyamatos (beépített műszerek segítségével) vízállás- és hőmérsékletmérés,

- havi gyakoriságú vízmintavételezés vízkémiai és bakteorológiai elemzés céljából, izotópos vizsgálatok,
- félévenkénti próbaszivattyúzás a vízádókéességek meghatározására,
- csepegő vizek intenzitásának mérése, illetve időnkénti mintavételezés vízkémiai és bakteorológiai elemzés céljából.

A Várhegy vízháztartásának megismeréséhez elengedhetetlen a forrásszerű vízkilépések havi gyakoriságú hozam- és hőmérsékletmérése, illetve az időnkénti vízkémiai vizsgálatok.

Szükséges nagy mennyiségű, több területről származó mintacsoporton a közetfizikai vizsgálatok elvégzése. A lejtők esetében ezek a vizsgálatok a foghíjbeépítéseket, a Platón pedig a veszélyelhárítási munkákat segítenék.

Kifejezetten a földtani ismeretek bővítésére szükséges a Várhegy északi részén – a Platón egy mélyfúrás létesítése, mivel eddig csak egy ilyen készült 1938-ban – a hegy D-i lábánál.

5.3. Rövid összefoglalás

A Világörökség részévé nyilvánított budai Várhegy természettudományos megismerésére sok energiát fordítottak az előző századokban, azonban a hegy hidrogeológiájával kapcsolatos kutatásokra csak kevés tudós vállalkozott. Közülük is csak Kessler vizsgálatainak eredményei maradtak meg rendszerezve az utókor számára. Közel tíz év kutatásainak eredményeit foglaltam össze értekezésemben.

A Budapesti Műszaki Egyetem hallgatójaként kezdtem érdeklődni a budai Várhegy vízháztartása iránt, s 1993-ban ebből a témából készítettem diplomamunkámat is. Ez után három évig a Mérnökgeológia Tanszék doktoranduszaként folytathattam a Várhegy vizeivel kapcsolatos kutatásokat. 1996 és 1999 között a FŐMTERV Rt. tervezőjeként a Várhegyen jelentkező geotechnikai problémák – illetve az új beruházások talajmechanikával és hidrogeológiával kapcsolatos feladatainak – megoldásában működhettem közre. Az utóbbi két esztendőben ismét a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME), az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken egyetemi tanársegédként folytathattam kutatásaimat.

Feladatommak tekintetem a Várhegy területére vonatkozó gazdag és szerteágazó földtani kutatások eredményeinek pontosítását, összefoglalását, illetve a geotechnikai kutatások eredményeivel történő kiegészítését.

Korábbi mérési adatok felhasználásával és laboratóriumi mérésekkel meghatároztam a budai márga és az édesvízi mészkő vízzel kapcsolatos közetfizikai paramétereit, elsősorban a vízáteresztő képességét.

Rendszereztem a Várhegyen megjelenő természetes- és közmű eredetű vizeket.

Terepi és laboratóriumi vizsgálatokkal meghatároztam a barlangi kutak vízháztartását és vízminőségét.

Új vízmérleg számítási módot dolgoztam ki a Várhegy vízgyűjtőjére, melynek segítségével bármely évre kiszámítható a csapadék eredetű és a hálózati veszteségből származó dinamikus vízkészlet.

Summary

Hydrogeology of the Castle Hill, Budapest

The Buda Castle Hill is located in Budapest, Hungary and is an outstanding sight of the Hungarian capital. It is also part of the World Heritage.

The hill is mainly composed of Eocene marls, Oligocene clays, covered by fluvial sediments and travertine. Water had a double role in the formation of the Buda Castle Hill. On the one hand, with its creating power water contributed to the formation of the Castle Hill itself, together with the travertine caves inside the hill. On the other hand, it is also the basic reason for the engineering problems of the hill and the town upon it.

In this area an extended three-level cellar system is found. The upper two cellar levels are artificial ones while the lowest one is an artificially extended dissolutional cave system. The natural caves were formed within the travertine or in the basal beds of travertine in the terrace gravels. The most extended cellar system has an area of approximately 18,000 m² and is called the "Labyrinth".

Because of the location and the building cover of the Castle Hill the available hydrological data sources are very limited. The most useful information on the hydrogeology is provided by the analyses of wells of the Labyrinth and of individual cellars.

Between 1993 and 2000 we examined the following aspects of 19 wells, including the measurements of the water flow and water quality of the wells by carrying out field investigations and laboratory tests: water table, discharge of wells, temperature of the water, water flow conditions, chemical parameters of the water.

Water chemistry tests have proved that none of the wells have drinkable water. On the basis of the results provided by the water-table tests in relation to precipitation; chemical parameters and pumping tests, it can be stated that there is no active communication in-between the wells. From the point of view of the discharge of wells the area can be divided into two precisely distinct areas: the northern and the southern one. In the northern area the discharge of wells is approximately 10,000 liters per day, while in the southern area it is changing between 10 and 1,000 liters per day. As regards the temperature of the water in the wells, it has a close relation to air temperature. Other tests have shown that each of the wells have faced a significant draw-down, the average depression in 1998 was 2 meters compared to measurement data from the 1970s. This drastic depression is not only due to the fact that in the past 30 years the amount of precipitation was very low, but also pipeline water supply in Budapest in the past 10 years had decreased to a significant extent.

A new method of water balance calculation is given for the water catchment area of Buda Castle Hill. By using this new algorithm it is possible to calculate on the basis of the dynamic water balance for any given year precipitation and water loss from pipelines.

I suggest that a monitoring system should be established that would enable us to carry out additional, simultaneous tests. If we had a sufficient amount of data avail-

able, we would be able to model the system in such depth that would also contribute to a quick remedy of events such as road collapse, burst in a water pipe, landslides, etc.

Köszönetnyilvánítás

Elsősorban DR. KLEB BÉLÁNAK, témavezetőmnek mondok köszönetet, aki amellet, hogy folyamatos szakmai támogatást nyújtott kutatásaimhoz, kétszer is lehetővé tette számomra, hogy a Mérnökgeológia Tanszék (majd tanszéki csoport) munkatársaként dolgozhassak disszertációm megírásán.

Köszönöm DR. BALÁZS L. GYÖRGYNEK, hogy az Építőmérnöki Kar kari doktori bizottságának tagjaként (Ph.D. felelősként) és később tanszékvezetőként is mindvégig segítette és támogatta munkámat.

Köszönöm tanszéki kollégáim – DR. TÖRÖK ÁKOS, DR. GÁLOS MIKLÓS, ÁRPÁS ENDRE, DR. BENKOVICS LÁSZLÓ, EMSZT GYULA, KOCSÁNYINÉ KOPECSKÓ KATALIN, KOVÁCS S. BÉLÁNÉ, SASKÓI ERZSÉBET – szakmai és emberi segítségét, és hogy ott-hon érezhetem magam közöttük.

Köszönöm DR. NÁDOR ANNAMÁRIÁNAK és DR. KONTUR ISTVÁNNAK, a munkahelyi vita opponenseinek, hogy minden részletre kiterjedő alapossggal olvasták el készülő dolgozatomat, s adtak hasznos tanácsokat a disszertáció befejezéséhez.

Köszönöm DR. KORPÁS LÁSZLÓNAK, MAUCHA LÁSZLÓNAK és DR. PAÁL TAMÁSNAK, hogy dolgozatom elolvasása után felhívták a figyelmemet egyes részterületek más szempontú megközelítésére és a hibák javítására.

Köszönöm egykori kollégáimnak, a FŐMTERV Rt. munkatársainak, különösen PRAJCZER ANTALNAK, OLASZ GÉZÁNÉNAK és VASADY KORNÉLIÁNAK, hogy folyamatosan segítették munkámat.

Köszönöm CZAKÓ LÁSZLÓNAK és SÁSDI LÁSZLÓNAK a barlangi méréseknél, valamint DR. KOLLÁR GYÖRGYNEK és PERÉNYI ÁGNESNEK a laboratóriumi vizsgálatoknál nyújtott önzetlen segítségét.

Köszönöm a Főváros Vízművek Rt. munkatársainak: KONTUR ÁDÁMNAK, MÁRIALIGETI BENCÉNEK és SOMOS ANDRÁSNÉNAK, hogy mérési eszközöket és a számításaimhoz nélkülözhetetlen adatokat bocsátottak a rendelkezésemre.

Köszönöm MEDNYÁNSZKY MIKLÓSNAK, az I. kerületi önkormányzat tanácsosának a munkám elindításában nyújtott segítségét.

Köszönöm DR. DÉNES GYÖRGY és DR. SCHEUER GYULA szakmai tanácsait.

Köszönöm GÁL KINGÁNAK és MÁRTON MÁRIÁNAK az ábrák rajzolását.

6. Irodalom

6.1. Felhasznált irodalom

- ALFÖLDI L. et al. (1968): Budapest hévizei. *VITUKI Kiadvány*, 365.
- ALFÖLDI L. (1979): Budapesti hévizek. *VITUKI Közlemények*, 103.
- BARÁTOSI K. (1970): Mammutfog lenyomat a Budai Várbarlangban. *Hidrológiai Tájékoztató*, 1970. június. 189.
- BENDEFY L. (1952): Orogén jellegű kéregmozgások Budapest Főváros területén. *Bányászati Lapok*, 7 (10), 544–556.
- BENE Z.–KOVÁCS L.–NÉ–MEDNYÁNSZKY M. (1998): Város a Vár alatt. A budavári barlangrendszer története. I. Ker. Polgármesteri Hivatal kiadványa, 163.
- CHOLNOKY J. (1936): A budai várhegyi barlangok. *Barlangvilág*, 6. 12., 10–18.
- CSOLLÁNY S. (1955a): Nagy-Budapest forrásai. *Hidrológiai Közöny*, 35 (3–4), 143–147.
- CSOLLÁNY S. (1955b): Nagy-Budapest forrásai IV. *Hidrológiai Közöny*, 35 (9–10), 363–366.
- DÉNES GY. (1975): A budai Várhegy forrásmészko takarójának kiterjedése déli irányban. MKBT, előadás. *Kézirat*.
- DUDICH E. (1957): A „briozoás” és „budai” márga viszonyának újvizsgálatáról. *Földtani Közöny*, 87 (2), 211–214.
- FEJÉR L. (1991): A budai királyi vár vízvezetéke a XV. században. *MTE SZ* 107–110.
- FODOR L. et al. (1992): Gravity-flow dominated sedimentation on the Buda paleoslope (Hungary): Record of Late Eocene continental escape of the Bakony unit. *Geologische Rundschau*, Stuttgart, 81 (3), 695–716.
- FODOR L. et al. (1994): Tercier szerkezetfejlődés és késő paleogén üledékképződés a Budai-hegységben. A Budai-vonal új értelmezése. *Földtani Közöny*, 124 (2), 129–305.
- FROMMANN Z. (1998): Biztosító horgonyzás építésföldtani kérdései a Budai Márga kőzet összletben. BME Diplomaterv, *Kézirat*, 83.
- HAJNAL G. (1993): A budai Vár felszínalatti vizeinek műszaki hidrológiai vizsgálata. BME Diplomamunka, *Kézirat*, 69.
- HAJNAL G. (1994): Budai Vár, Szent György tér geológiai és hidrogeológiai vizsgálata. *Kézirat* (Társ-szerzők: Bene Zoltán, Mednyánszky Miklós, Szedenik Tamás)
- HAJNAL G. (1995): A budai Várbarlangok hidrológiája. *Karszt- és Barlangkutató*, 10, 211–223.
- HAJNAL G. (1996): Örökké tart a budai vész? *Liget*, 1996/6, 87–90.
- HAJNAL G. (1997): Talajmechanikai szakvélemény az I. ker. Lovas úti mélygarázs kiviteli tervéhez. FŐMTERV Rt. (31.97.191)
- HAJNAL G. (1998a): Talajmechanikai szakvélemény a Bp. I. Ybl Miklós téri Várkertbazar veszélyelhárítás keretében szükséges közműtervezéshez. FŐMTERV Rt. (21.98.026)
- HAJNAL G. (1998b): Talajmechanikai szakvélemény a Hrsz: 14356 és 14357 sz. telkeken építendő mélygarázs és épület altalajának vizsgálatáról. FŐMTERV Rt. (31.98.353)

- HORUSITZKY H. (1937): A budai Várhegy csuszamlási okairól új megvilágításban. *Földtani Közlöny*, 67 (4–6), 101–109.
- HORUSITZKY H. (1939): Budapest Duna – jobbparti részének geológiai viszonyai. *Hidrológiai Közlöny*, 18 (1938), 404.
- HORUSITZKY F. (1935): Adatok az Ördögárok-völgy Krisztinaváros – Tabáni szakaszának hidrológiájához. *Hidrológiai Közlöny*, 15 (1–6), 233–243.
- JÁRAI J. (1954): A földalatti vasút vízvezetői munkahelyének mérnökgeológiai adatai. *Hidrológiai Közlöny*, 34 (1–2), 15–66.
- KADIĆ, O. (1933): Beszámoló a várbeli pincebarlangok kutatásáról. *Barlangvilág*, 3 (1), 14–20.
- KADIĆ, O. (1934): A budavári pincebarlangok jelentősége. *Természet*, 30, 220–223.
- KADIĆ, O. (1937): A magyar barlangkutatás állása az 1936. évben. *Barlangvilág*, 7. 1–7., 27.
- KADIĆ, O. (1939): A budavári barlangpincék földtani viszonyai. *Akadémiai Értesítő*, 1–21.
- KADIĆ, O. (1942): A budavári barlangpincék, a várhegyi barlang és a Barlangtani Gyűjtemény ismertetése. *Barlangvilág*, 12 (3–4), 49–75.
- KARAKAS J. (1967): Magyarország éghajlati atlasza II. kötet, Akadémiai Kiadó, Budapest 263.
- KEREKES J. (1940): A budavári barlangpincék. *Természettudományi Közlöny*, 72, 129–133.
- KESSLER H. (1954): A karsztból tartósan kitermelhető vízmennyiség és a beszivárgási százalék megállapítása. *Hidrológiai Közlöny*, 34 (5–6), 213–222.
- KESSLER H. (1971): A budai Várbarlangban végzett hidrológiai mérések értékelése. *Kézirat (FÖMTERV 30.891)*
- KÉZ A. (1933): A budai Várhegy terraszkaucs. *Földrajzi Közlemények*, 61, 266–268.
- KLEB B. (1976): Eger építésföldtani térképsorozata. Kartográfiai Vállalat, Budapest
- KLEB B. et al. (1993): Közettani, tagoltsági, közetfizikai vizsgálatok, földtani reambuláció és paleokarszt elemzés. *Kézirat*, BME. 700.
- KONTUR I. et al. (1985): Hidrológiai számítások. Tankönyvkiadó, Budapest, 460.
- KORDOS L. (1969): A budai Várhegy és a Várbarlang földtani viszonyai. *Karszt és Barlang*, 1969 (2), 47–50.
- KOVÁCS GY. (1972): A szivárgás hidraulikája. Akadémiai Kiadó, Budapest, 536.
- KROLOPP E. et al. (1976): A budai Várhegy negyedkori képződményei. *Földtani Közlöny*, 106 (3), 198–228.
- KUBINYI A. (1991): Vízellátás a középkori Budán. *História*, 5–6.
- LÁNG S. (1958): Karsztjelenségek. Budapest természeti képe. Akadémiai Kiadó, Budapest, 744.
- LEÉL-ÖSSY, SZ. (1997): A József-hegyi-barlang (Budapest) geológiai viszonyai, fejlődéstörténete és a Rózsadomb környéki termálkarsztos barlangok genetikája. Kandidátusi értekezés. 114.
- MAUCHA L. (1989): A karsztvizek jelentősége és kutatása hazánkban. *Karszt és Barlang*, 1989 (1–2), 67–76.
- MAUCHA L. (1990): A karsztos beszivárgás számítása. *Hidrológiai Közlöny*, 70 (3), 153–161.
- MAUCHA L. (1998): Az Aggteleki-hegység karszthidrológiai kutatási eredményei és zavartalan hidrológiai adatai 1958–1993. *VITUKI Kiadvány*, 414.
- MORAN F. (1970): Őskori kemping a Várhegyen. *Delta*, 4. évf., 9–11.
- MOTTL M. (1942): A budavári barlangpincék ó-pleisztocén emlősfauája. *Barlangvilág*, 12, 88–89.
- MOTTL M. (1943): Adatok a hazai ó- és új-pleisztocén folyóteraszok emlősfauájához. *Földtani Intézet Évkönyve*, 36 (2), 1–65.
- NAGY J. (1994): Pincebeomlásokkal veszélyeztetett települések 1974–1994. GEOTESZT
- NÉMEDI L. et al. (1988): Higiénés vízvizsgálatok a rózsadombi barlangokban. *Budapesti Közegészségügy*, 19 (2), 46–51.
- PAÁL T. (1974): Talajfizikai jellemzők eloszlás-vizsgálata. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 24 (8), 379–387.

- PAÁL T. (1975): Regresszió analízis talajfizikai adattömegek esetén. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 25 (1), 22–30.
- PAÁL T. (1976): A budai agyagok mérnökgeológiai összehasonlítása matematikai statisztikai alapon. *Földtani Közlöny*, 106 (3), 229–256.
- PAPP F. (1936): A budai Várhegy. *Földtani Értesítő*, 1, 69–71.
- PATTANTYÚS M. et al. (1997): Komplex geofizikai kutatások a budai Várban. *Magyar Geofizika*, 38 (1), 37–43.
- PÉCSI M. (1959): *Budapest természeti földrajza*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 416.
- POSEWITZ G. (1936): A várhegyi földcsuszamlás. *Földtani Értesítő*, I. 71–75.
- RÉTINÉ ZÁDOR J. (1994): Pince veszélyelhárítás a budai Várban az 1880–1890-es években. levéltári kutatások. *Kézirat*.
- SCHAFARZIK F. (1882): A budai Várhegyben talált pisolith-telepről. *Földtani Értesítő*, 99–102.
- SCHUEER GY.–SCHWEITZER F. (1971): A negyedkori fagyaprózódási folyamatok hatása a karsztforrásokra. *Földrajzi Értesítő*, 20 (4), 465–468.
- SCHUEER GY.–SCHWEITZER F. (1972): Az édesvízi mészkövet lerakó karsztforrások paleográfiai viszonyai és osztályozásuk. *Földrajzi Értesítő*, 21 (2–3), 285–290.
- SCHUEER GY.–SCHWEITZER F. (1973): A magyarországi travertinó összletek képződésének fázisai a negyedkorban. *Földrajzi Közlemények*, 21 (2), 133–144.
- SCHUEER GY.–SCHWEITZER F. (1974): Új szempontok a budai hegység környéki édesvízi mészkőnek képződéséhez. *Földrajzi Közlemények*, 22 (2), 113–133.
- SCHUEER GY.–SCHWEITZER F. (1980): A budai hévízforrások fejlődéstörténete a felsőpannontól napjainkig. *Hidrológiai Közlöny*, 60 (11), 492–501.
- SCHUEER GY.–SCHWEITZER F. (1987): Adatok a budai Várhegy paleokarszt-hidrogeológiai viszonyaihoz. *Hidrológiai Tájékoztató*, 23–25.
- SCHUEER GY. (1986): A budai Vár-barlang geológiai vizsgálata, geológiai állapotfelvétel. *Kézirat*, Bp., 67.
- SCHMIDT ELIGIUS R. (1940): Földtani és talajmechanikai jegyzetek a budai Várhegy 1935–36. évi suvadásához. *Magyar kir. Földtani Intézet Évi Jelentése*, 1933–1935. (4), 7–15.
- SEBESTYÉN V. (1990): A budai Várlejtő északi oldalának szivárgóvíz elvezetése. Diplomamunka Ybl Miklós Főiskola, *Kézirat*.
- SOMOS A.-NÉ (1988): Vízvesztéselemzés a Fővárosi Vízműveknél. *A F. V. Műszaki Közleményei*, 7–15.
- SZABÓ J. (1863): Pest-Buda környékének földtani leírása. MTA, Budapest
- SZABÓ J. (1879): Budapest geológiai tekintetben. *A m. orv. és természetvizsg. 1879-iki vándorgyűlésének Évkönyve*. Bp.
- SZONTAGH T. (1908): A budai várhegyi Alagút hidrogeológiai viszonyai – Jelentés a Várhegyi Alagút vízesedésének okairól. Bp., 23.
- SZONTAGH T. et al. (1909): A budai várhegyi Alagút vízmentesítése és gyökeres helyreállítása (második jelentés) Bp., 7.
- SZTRÓKAY K. (1932): A budai márga közettani vizsgálata. *Földtani Közlöny*, 81–121.
- TARJÁNYI S. (1964): Budapest régiségei. *A Budapesti Történeti Múzeum Évkönyve XXI*. 393.
- TÖRÖK Á. et al. (1998): A Gerecse és a Budai-hegység édesvízi mészkő összleteinek komplex földtani vizsgálata. Ifjúsági OTKA jelentés, 71.
- VÉRTES L. (1965): *Az őskor és az átmeneti kőkor emlékei Magyarországon*. Budapest, 385.
- VITÁLIS GY.–HEGYI I.-NÉ (1982): Adatok a Budapest térségi édesvízi mészkövek genetikájához. *Hidrológiai Közlöny*, 62 (2), 73–84.
- WEIN GY. (1971): A Budapesti Földalatti Vasút 1970-ben létesített Batthyány tér–Déli Pályaudvar közötti szakaszának földtani felépítése. MÁFI, Budapest, 199–204.
- WEIN GY. (1974): A Budai-hegység tektonikája. *Földrajzi Közlemények*, 22 (2), 97–111.

- ZOLNAY L. (1961): Buda középkori vízművei. *Történelmi Szemle*, 16–55.
ZOLNAY L. (1975): *Ünnep és hétköznap a középkori Budán*. Gondolat Kiadó, Budapest, 279.
ZOLNAY L. (1977): *Kincses Magyarország*. Magvető Kiadó, Budapest, 550.
ZOLNAY L. (1982): *Az elátkozott Buda, Buda aranykora*. Magvető Kiadó, Budapest, 686.

6.2. Tervek, szakvélemények

FTV (Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat)

- Budapest építéshidrologiai térképe
Tanulmány a Budavári palota épületeinek nedvesség elleni védelméről, 1959
Szakvélemény az Állami Nyomda életvédelmi óvóhely vízbetörés vizsgálatáról, 1964
Vízföldtani szakvélemény a Táncsics M. u. 5. sz. alatti mélypincéről (tsz.: 84/226-312), 1984
Statikai szakvélemény a Táncsics M. u. 15. sz. épület alatt talált kút szerkezetéről, 1984
Budavári Sikló hegyállomás alsó lezáró támfal felújítási tervei, 1986
Részletes Talajmechanikai szakvélemény a Budapest I. Logodi u. 44. sz. telek beépítéséhez

BÁTI (Bányászati Tervező Intézet)

- Budai Váralagút és vízvágatainak helyszínrajza, 1957
A Várhegyi Alagút rekonstrukciójával kapcsolatos kérdések és megállapítások, 1970
Váralagút víztelenítés kiviteli terve, 1976

BME (Budapesti Műszaki Egyetem)

- Kutatási jelentés a Budakörnyéki márga megjelenéséről a magyar műemlékekben illetőleg kőfaragványokban. (204.011/84-d/85)
Szakértői értékelés a Budapest I. ker. Úri u. 6. számú lakóépület mélypincéinek kőzetmechanikai viszonyairól. (204.005/1993-b.)
Szakértői értékelés a Budapest, I. kerület, Táncsics Mihály u. 24. sz. lakóépület mélypincéjének kőzetkörnyezetéről. (204.005/1993-f)
Előzetes szakértői értékelés a Budapest I. kerület, Dísz tér 13. sz. lakóépület alatti mélypincerész kőzetkörnyezetéről. (204.005/1993)
Szakértői értékelés a Budapest, I. kerület, Táncsics Mihály u. 17–21. sz. lakóépületek alatti forrásvízi mészkő kőzetfizikai, kőzetmechanikai tulajdonságairól. (204.008/1994-a)
Szakértői értékelés a Labirintusban (Budapest, Várhegy) előforduló forrásvízi mészkövek kőzetfizikai, kőzetmechanikai tulajdonságairól. (204.008/1994-b.)
A budai Várhegy barlang- és pincerendszerével kapcsolatos veszélyelhárítási munkák megalapozását szolgáló tanulmányok I–II. (204.011/1995., 204.008/1996.)
Szakértői értékelés a Budapest, I. kerület, budai Várban készült fűrészek kőzetanyagának szilárdsági tulajdonságairól. (24093-003-M6-017/2001.)

Debreceni Búvárklub

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

Fővárosi Vízművek

Összeállítás a Várnegyed vezetékének állapotáról és a folyamatos hálózatfigyelő rendszer kialakításáról, 1993

SÁMSON Építés – Statikai Kft.

MTA Budavári épületegyüttes felmérési terve, 2000. május

UVATERV

Budai Váralagút időszakos felújítása, 1986

FŐMTERV

Vízivárosi támfalak, 1965

A Várhegy területén jelentkező vízelöntések okainak vizsgálatáról, 1971

Mérnökgeológiai adatszolgáltatás a budai vári pincék anyagához, 1984

Szaktechnikai vélemény a budai Várhegy alatti Alagút mozaikburkolatára, 1987

Műszaki leírás a budai Várlejtők részletes rendezési tervéhez – Szivárgók és fakadó vizek (források) szaktechnikai véleménye, 1988

A Bécsi kapu tér 8. sz. független barlangpince veszélyelhárítási terve, 1992

Budai Várhegy 1992–1995. évi középtávú barlang- és pincerendszer veszélyelhárítási programjának műszaki-gazdasági előirányzata, 1992

Tanulmány a csatornahálózat állapotáról, 1993

Budapest csapadékvízviszonyainak feldolgozása és értékelése, 1994

A FŐMTERV Rt. Talajmechanikai Irodáján készített, a budai Várral kapcsolatos szaktechnikai vélemények

	Tervszám	Tervtári szám
<i>Csatornához</i>		
Bécsi kapu tér–Petermann bíró u.–Kapisztrán tér–Úri u.	70464	426
Fiáth J. utca	71468	3616
Halászbástya	70468	422
Hunyadi János út	71057	30339
Iskola utca	71620	3706
Ördög-árok	22.96.137	32563
Szentháromság tér	70466	423
Táncsics utca	70467	420
Úri utca	43.95.056	32526
Váralja utca	851036/3	31380/2
Várfok utca	70464	417
<i>Épülethez</i>		
Alagút utca 3.	91290	885
Alagút utca 3.	91523	938
Attila utca 13. sz.	9574	94
Budavár új épület	42614	2684
Budavári Palota	250607	31156

	Tervszám	Tervtári szám
Donáti utca 11.	40748	1575
Donáti utca 12–14.	91667	2672/1
Donáti utca 24. sz.–Iskola utca 14.	9500/9	525
Donáti utca 55–61.	43733	10072
Donáti utca 67.	43803	10133
és Úri utca 44–46.	91402	2581
Farkasbíró utca 10–12.	43739	10078
Fiáth János utca 9–13.	61094/I	30368/2
Franklin lépcső 2.	910417	10079/2
Halászbástya	177278/18	32187
Halászbástya	7773	1008
Halászbástya	91634	2671
Hattyú utca 14.	43750	1085
Hess András tér	93047	20159/2
Hunyadi János út 22.	250602	1648/2
Iskola utca 22–24.	250818	31102/2
Iskola utca 30.	910429	10021/2
Iskola utca 33.	91713	10060
Iskola utca 34.	91711	10050
Iskola utca 37.	91532	902/1
Iskola utca 38–42.	910613	10035/2
Iskola utca 8.	930019	30372/1
Iskola utca	9162/953	64
Iskola utca	9524	130
Iskola utca 10.	93033	20182
Iskola utca 16.	61858	20161
Kapisztrán tér	710052	30630
Kapisztrán tér	930815	31129
Logodi utca	250805	31066
Logodi utca 60–62.	40410	733
Logodi utca 62.	318493	32247
Logodi utca 17.	911415	31391
Országos Levéltár	223016	32016
Ostrom utca 8/a	42622	2679
Ponty utca 16.	91528	1279
Szabó Ilonka utca 55.	933008	10086/4
Szabó Ilonka utca 11.	42418	2641
Szabó Ilonka utca 15–25.	43800	10110
Szabó Ilonka utca 5–7. és Szabó Ilonka utca 9.	40438	1106/1
Szabó Ilonka utca 25–27.	93035/1	30529
Szabó Ilonka utca 43–45.	43745	20065
Szabó Ilonka utca 5–7.	91668	2672/2
Szabó Ilonka utca 75–77.	43740	10095
Szalag utca 22–24.	43759	10127/2
Szalag utca 9–13.	91702	10020
Szarvas tér 1.	93824/I	30254

	Tervszám	Tervtári szám
Szentháromság utca 9–11.	91700	10016
Szt. György tér	33004	30185
Tábor utca 2–4.	910920	31158/2
Táncsics M. utca 20.	91648	2678
Táncsics M. utca 7.	910814	31091
Tárnok utca 7.	91623	1283
Tárnok utca 9–13.	91285	2569
Tárnok utca 9–13.	91663	10030
Toldy F. utca 12.	319385	32267
Toldy F. utca 38. és 42.	91716	10047/2
Toldy F. utca 8–10.	43744	10076
Toldy F. utca 12.	93826	20127
Toldy Ferenc Gimnázium	9543	505
Toldy Ferenc utca 3.	43820	10130
Toldy Ferenc utca 30.	91214	855
Toldy Ferenc utca 1/a	61859	10187
Toldy Ferenc utca 1/a	91670	2672/4
Toldy Ferenc utca 66.	250213	30506
Toldy Ferenc utca 76–78.	43741	10073
Toldy Ferenc utca 8–10.	91669	2672/3
Tóth Á. sétány 11. és Úri utca 4.	91404	2590
Tóth Árpád sétány 28–29–30. és Úri utca 64–66.	40037	3072
Úri utca 19.	930213	30687
Úri utca 30.	91506	1267
Úri utca 10.	91455	1263
Úri utca 41.	391434	3060
Vár	33022	30261
Várbazár	178622	30891/2
Várbazár	50.96.200	30891/11
Várfok utca 10.	91823	10166
<i>Gázvezetékhez</i>		
Bécsi kapu téri	630209	30470
Dísz téri	630212	30471
Ostrom utca	630268	30616
Palota út	252614	31900/32
Szentháromság utca	630213	30516
Tárnok utca	630211	30467
<i>Pincéhez</i>		
Bécsi kapu tér 1.	41014	2058
Donáti utca 15. és Táncsics M. utca 25.	93804	20072
Fortuna utca	180088	32315
Úri utca 72.	250039	30434

	Tervszám	Tervtári szám
<i>Támfalhoz</i>		
Alagút utca 1.	90800/6	2005
Bécsi kapu téri	250604	31068
Budavári Palota	252612	31997
Budavári Palota	253006	31997/1
Donáti utca 14. k.	43729	20055/4
Donáti utca 44.	43729	20055/1
Donáti utca 5–11.	610090/1	30425
Donáti utca 5–69.	61057	30361/5
Donáti utca 59.	43729	20055/5
Farkasbíró utca 10–12.	61054	30299
Hunyadi J. utca	250931	30444/3
Hunyadi út 10.	43729	20055/2
Hunyadi út 25.	43729	20055/3
Iskola utca	251410	31102/1
Iskola utca 38–42.	61861	30190
Iskola utca 8.	251414	30372/2
Logodi utca 23.	9551	186
Logodi utca 35.	9242	154
Palota úti	251209	31553
Szabó Ilonka utca 9–13.	61048	30320
Szabó Ilonka utca 9–13.	61048	1106/2
Szabó Ilonka utca 20.	43729	20055/6
Szabó Ilonka utca 47.	250414	30272/2
Tábor utca 1–5.	179447	32280
Toldy F. utca 45–55.	61047	20194
Toldy Ferenc utca 42.	61046	30272/1
Várfok utca 3–5.	42713	20077
Víziváros	43729	30891/3
<i>Útépítéshez</i>		
Anjou sétány	41741	30076
Budapest Hilton szálló	810430	31017
Corvin tér	913202	32025
Dózsa Gy. tér és környéke	81621	972
Fiáth J. utca	81420	913
Hunyadi János út	94805	30150
Jezsuita lépcső	220917	30444/4
Ostrom utca	11000/22-u	471
Palota út	851036	31380/1
Palota út–Tábor utca	11000/235	3028
Szabó Ilonka utca	81450	921
Sziklai Sándor utca	812435	31845
Toldy Ferenc utca	832233	31744

	Tervszám	Tervtári szám
<i>Vizesedés, víztelenítés</i>		
Fiáth János utca 8.	187010	32157
Iskola utca 14.	70759	1573
Iskola utca 12.	730293	30723
Logodi utca 25.	910935	31211
Logodi utca 8.	40056	613
Lovas utca 4/c	31.93.034	32414
Ostrom utca 6.	187009	32158
Szabó Ilonka utca 34.	40041	607
Szabó Ilonka utca 6.	911815	31605
Szalag utca 18.	912226	31748
Szalag utca 12.	750620	31093
Sziklai Sándor utca 32.	187008	32152
Toldy F. utca 50.	40450	1111
Váralja utca	93812	20114
Várhegy tér	730296/1	30891/1
<i>Egyéb</i>		
Ostrom utca	60440	408
Corvin tér 3.	41229	2559
Donáti utca 4–6., 8–10.	91464	3061
Budavári palota	91680	10025
Ördög-árok	730280	30686
Lovas út	14.91.455	32385

6.3. Egyéb, a témához kapcsolódó irodalom

- ABONYI E. (1942): Izgalmas félóra a Várbarlangban. *Magyarság*
- ABONYI E. (1943): Amikor még hőforrások. *Magyarság*
- ADAMKÓ et al. (1992): Die Höhlen von Buda. *Rathaus*, 47.
- ALFÖLDY et al. (2000): A budavári Királyi Palota évszázadai. *Budapesti Történeti Múzeum*, 82.
- ANTÓK Ö.–KUSLITS B. (1973): A főváros vízkárelhárítási tevékenysége. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 23 (10), 474–478.
- AVAR F. (1938): A Magyar Barlangkutató társulat. *Barlangvilág*, 8, 18–20.
- AVAR F. (1938): Feltárultak a Várhegy titkai. *Függetlenség*
- AVAR F. (1943): A budai Várhegy évezredes titkai. *Vasárnapi Újság*, 1. évf. 8, 6–7.
- BALÁZSY B. (1968): Mészköpincékben végzett mélyépítési munkák. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 18 (2), 88–95.
- BARBIE L. (1935): A Magyar Barlangkutató Társulat Várhegyi Bizottsága. *Barlangvilág*, 5, 62–64.
- BARBIE L. (1936): Barlangismeretek turisták részére – A Várhegy barlangok. *Turisták Lapja*, 48. évf. 417–418.
- BARBIE L. (1939): Az MBT Várhegyi Bizottsága. *Barlangvilág*, 9, 32–34.
- BARBIE L. (1940): Az MBT Várhegyi Bizottsága. *Barlangvilág*, 10, 19–20.
- BARBIE L. (1941): Az MBT Várhegyi Bizottsága. *Barlangvilág*, 12, 32., 91.

- BARBIE L. (1942): Budapest barlangjai. *MATUOSZ Hivatalos Értesítő*, 7, 68., 105.
- BARBIE L. (1943): Az MBT Várhegyi Bizottsága. *Barlangvilág*, 13, 61.
- Barlang*, I. füzet, 9–16.
- BERÉNYI J. (1928): A budavári katakombák megnyitása. *Budapesti Napló*
- BEVILAQUA BORSODY B. (1934): A budai Várhegy földalatti barlangjáratai. *Budai Hírlap*
- BIDLÓ G. (1953): Adatok a Földalatti Vasút vízmintáinak szulfát agresszivitásával kapcsolatos vizsgálatokról. *Hidrológiai Közlöny*, 33 (5–6), 192–193.
- BOGSCH L. (1936): Az MBT működése az 1935. évben. *Barlangvilág*, 6, 32–33.
- BOGSCH L. (1942): Az MBT működése az 1941. évben. *Barlangvilág*, 12, 34–35.
- BUDAY I. (1944): Tizenhat méterre a föld alatt működik Budapest legmodernebb kórháza. *Pest*
- CHOLNOKY J. (1936): Barlangpincék a budai Várban. *Új Idők*, 42. évf., 174–175.
- CHOLNOKY J. (1937): *Magyarország földrajza, A Föld és élete*. 6. Franklin, Budapest, 529.
- CHOLNOKY J. (1938): Budapest. Bulletin International de la Societ Hongroise de Geographie
Földrajzi Közlemények Idegen nyelvű kiadása. 66, 1–37.
- CHOLNOKY J. (1940): A mésztufa vagy travertino képződéséről. *Matematikai és Természettudományi
Értesítő*, 59. 1004–1019.
- CHOLNOKY J. (1941): A cseppkő és mésztufa. *Barlangvilág*, 11, 1–4. és 12.
- CHOLNOKY J. (1942): Budapest barlangjai. *Országjárás*, 3. 44, 1–2.
- CHOLNOKY J. (1982): Budapest, a legérdekesebb barlangok városa. *Karszt és Barlang*
- CZEBE J. (1940): A várbeli barlangok. *Budai Krónika*, 2. évf., 19, 4.
- DÉKÁNY A. (1935): Villanylámpák világítanak a Vár pincebarlangjaiban. *Új Magyarország*
- EGERER F.–KÉRTÉSZ P. (1993): *Bevezetés a közetfizikába*. Akadémia Kiadó, Budapest, 423.
- EÖTVÖS GY. (1944): Természetes óvóhelyek a budai Vár alatt. *Képes Vasárnap*
- FARKAS J. (1996): Felszínmozgások elleni védekezés. *Közúti Közlekedés és Mélyépítéstudományi
Szemle*, XLVI. (4), 169–182.
- FIALA F. (1934): Az ismeretlen Budapest, A várhegyi pincebarlangok. *Magyarország*
- FODOR T-NÉ-KLEB B. (1986): Magyarország mérnökgeológiai áttekintése. *MÁFI Kiadvány*, 199.
- GÁBRIS I. (1943): A régi budai Városháza és a Várhegy barlang. *Délvidéki Magyarország*
- GÁLOS M.–KÜRTI I. (1986): Építési kőanyagok nyomószilárdságának minősítő jellege. *Építőanyag*,
38 (9), 268–275.
- GÁLOS M.–MOLNÁR I. (1983): Kőzetek húzószilárdsági vizsgálatának vizsgálat-technikai értékelése.
Építőanyag, 35 (2), 71–77.
- GÁRDONYI A. (1936): A budavári sziklapincék. *Városok Lapja*, 31. évf., 202–203.
- GRESCHIK GY. (1977): A mérnökgeológiai térképsorozatokat építésföldtani-, alapozási-, műszaki
állapot- és szintetizáló- (illetve rayonizáló-) térképváltozatainak kritikai értékelése. *Mérnök-
geológiai Szemle*, 39–52.
- GRESCHIK GY. (1978): Építésföldtani adottságok hatása az alagútépítés kapcsán bekövetkező felszín-
süllyedésekre. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 28–30.
- GYÖRGY A. (1936): „Budapest a barlangok városa”. *Bányászati és Kohászati Lapok*, 69. évf.,
151–152.
- HAJNAL G. (1996): Hidrogeológiai vizsgálatok a budai Várhegyen. *PhD. Symposium, Konferencia
Kiadványa*, 261–267.
- HAJNAL G. (1997): A budavári Szent György téri kormányberuházáshoz kapcsolódó térszín alatti
garázs előkészítő tanulmánya. Talajmechanikai fejezet, FÖMTERV Rt.
- HAJNAL G. (1998): Geotechnikai szakvélemény a Bp. I. ker. Lovas úti mélygarázshoz. FÖMTERV
Rt. (31.98.416)
- HOLLÓ SZ.–MAGYAR K. (1995): A Palota alatti nyugati várlejtők történeti vizsgálata, Tanulmány az
OSZK raktárainak tervezett bővítéséhez. Kézirat

- HORN K. L. (1935): A várhegy barlangok Szentháromság-utcai szakaszát. *Turista és Alpinista*, 25. évf., 233.
- HORUSITZKY H. (1921): Budapest székesfőváros hidrogeológiai viszonyairól. *Hidrologiai Közlöny*, 1 (1), 38–39.
- HORVÁTH K. (1938): A budai Várhegy titkai. *Ifjúság és Élet*, 13, 269–272.
- JASKÓ S. (1942): Barlangok keletkezése és pusztulása. *Turisták Lapja*, 54. évf., 124–125.
- JELLINEK J. (1937): Újabb barlangi kutatások. *Turisták Lapja*, 49. évf., 211.
- JUHÁSZ J. (1987): *Hidrogeológia*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 972.
- KADIĆ, O. (1931): Budapest – barlangváros. *Turisták Lapja*, 43. évf., 249–250.
- KADIĆ, O. (1932): Buda föld alatti rejtelmek, A Várbeli török pincék kutatása. *Budai Napló*
- KADIĆ, O. (1933): A magyar barlangkutatás állása az 1932. évben. *Barlangvilág*, 3 (2) füz., 18–21.
- KADIĆ, O. (1933): A várbeli pincebarlangok, Beszámoló a kutatásról. *Budai Napló*
- KADIĆ, O. (1935): A Várhegy barlangok. *Magyarország*
- KADIĆ, O. (1936): A magyar barlangkutatás állása az 1935. évben. *Barlangvilág*, 6, 19–22., 42.
- KADIĆ, O. (1936): A Várhegy barlang a világ legnagyobb mésztufabarlangja. *Pesti Hírlap*
- KADIĆ, O. (1936): Budapest a barlangok városa. M.B.T. kiadás, 20.
- KADIĆ, O. (1936): Katakomben unter Budas Burg. *Budapester Rundschau*, 10, 8–9.
- KADIĆ, O. (1937): Budapest a barlangok városa. *Földtani Értesítő*, 2, 10–14., 101–105., 134–140., 177–181.
- KADIĆ, O. (1938): A magyar barlangkutatás állása az 1937. évben. *Barlangvilág*, 8, 11–16.
- KADIĆ, O. (1938): Die Höhlenkeller am Budapester Festungsberg. *Mittelungen über Höhlens und Kartstforschung* Jg. 138–141.
- KADIĆ, O. (1939): A magyar barlangkutatás állása az 1938. évben. *Barlangvilág*, 9, 37., 53–58.
- KADIĆ, O. (1939): A Várhegyi-barlang feltárásának története. *Természettudományi Közlemények*, 71, 478–484.
- KADIĆ, O. (1939): Mit kell tudnunk a barlangokról? *Barlangvilág*, 9, 6–32.
- KADIĆ, O. (1940): A földalatti Budapest. *Nagy Budapest*, 3. évf., 15. sz. 3.
- KADIĆ, O. (1940): A magyar barlangkutatás állása az 1939. évben. *Barlangvilág*, 10, 11–16., 20.
- KADIĆ, O. (1940): Hogyan kutatjuk a barlangokat? *Búvár*, 6. évf., 347–352.
- KADIĆ, O. (1941): A magyar barlangkutatás állása az 1940. évben. *Barlangvilág*, 11, 13–19.
- KADIĆ, O. (1941): A Várhegy barlangpincék. *Magyar Építőművészet*, 40. évf., 92–93.
- KADIĆ, O. (1942): A budavári barlangpincék, a Várhegyi barlang és a barlangtani gyűjtemény ismertetése. M.B.T.
- KADIĆ, O. (1942): Az M.B.T. barlangtani gyűjteménye. *Földtani Értesítő*, 7. évf., 127–130.
- KADIĆ, O. (1943): A magyar barlangkutatás állása az 1942. évben. *Barlangvilág*, 13, 27–28., 52–58.
- KADIĆ, O. (1944): Új barlangpince a Várban, A Szentháromság tér 8. sz. ház barlangpincéje. *Budai Krónika*, 6. évf., 9. sz. 2–3.
- KADIĆ, O.-NÉ (1940): Monda és valóság a budavári barlangpincékről. *Budai Krónika*, 2. évf., 45. sz. 7.
- KADIĆ, O.-NÉ (1941): A budavári barlangok. *Budai Krónika*, 3. évf., 40. sz. 5–6.
- KADIĆ, O.-NÉ (1943): „Budapest a barlangok városa”. *Barlangvilág*, 13, 61.
- KADIĆ, O.-NÉ (1944): Budapest, mint barlangváros. *Budai Krónika*, 6. évf., 13. sz. 1–2.
- KESSLER H.–MOZSÁRY G. (1985): *Barlangok útjain, vizein*. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 201.
- KESSLER H. (1931): A Barlangkutató osztály működése. *Budapesti Egyetemi Turista Egyesület 3. évkönyve 1914–1931. évekről*
- KESSLER H. (1936): *Barlangok mélyén*. Franklin, Budapest
- KESSLER H. (1943): Barlangkutatás a honvédelem szolgálatában. *Pesti Hírlap*
- KESSLER H. (1961): *Földalatti ösvényeken*. Móra Kiadó, Budapest
- KÉZDI Á. (1977): *Talajmechanika I.* Tankönyvkiadó, Budapest, 499.

- KÉZDI Á. (1977): *Talajmechanika II.* Tankönyvkiadó, Budapest, 508.
- KLEB B. (1964): Vízföldtani megfigyelések az épülő Erzsébet-híd budai hídfőjénél. *Hidrológiai Tájékoztató*, 26–28.
- KLEB B. (1975): Eger város komplex mérnökgeológiai térképezésének jelentősége a pincekérdés megoldásának előkészítésében. *Konferencia kiadvány*, ÉTE, Pécs, 15–45.
- KORDOS L. (1984): *Magyarország barlangjai.* Gondolat Kiadó, Budapest, 326.
- KOVÁCSHÁZY F.–BALÁZSY B.–KOVÁCSHÁZY (1985): *Támfalak és partfalak.* Akadémiai Kiadó, Budapest
- KUMLIK E. (1937): Höhlenkeller in Budavár Hungária. *Magazin*, 2. évf., 7. sz. 17.
- LEÉL-ÖSSY S. (1957): A budai hegység barlangjai. *Földrajzi Értesítő*, 6 (2), 155–169.
- MAREK I.–SZABÓ-BALOG A. (1988): Qualification of mass composition characteristics of rocks. *Periodica Polytechnica*, 32 (2), 227–246.
- MARTOS F. et al. (1975): *Vízvesztés és vízgazdálkodás a bányászatban.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 447.
- Mélyépítéstudományi Szemle*, 18 (2), 88–95.
- MESTERHÁZY J. (1939): A budai Várhegyi-barlang és kialakulása. *Magyar Ifjúsági Vörös-Kereszt*, 18. évf., 124–126.
- MIKLÓSSY L. (1942): Eltemetett város a budai Várhegy mélyén. *Pest*
- MONNIER G. (2001): Evaluation of the influence of urban development on groundwater recharge north-east of Paris (France). *Bulletin Engineering Geology Environment*, 59, 329–342
- MOTTL M. (1934): A Magyar Barlangkutató Társulat. *Barlangvilág*, 4 (2), füz., 19, 21.
- MOTTL M. (1935): A Magyar Barlangkutató Társulat. *Barlangvilág*, 5, 61.
- MOTTL M. (1936): A Magyar Barlangkutató Társulat. *Barlangvilág*, 6, 39–48.
- MOTTL M. (1937): A Magyar Barlangkutató Társulat. *Barlangvilág*, 7, 24–26.,
- NAGY J.–SZABÓ P. (1982): Megszüntetett mélypincék ellenőrző vizsgálata. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 23 (10), 433–438.
- NAGY J. (1989): A pinceproblémák megelőzésének vizsgálata és műszaki megoldásai. *Egyetemi doktori értekezés*
- NÉMEDI L. et al. (1978): A budai meleg és hideg karsztvizek keveredésének közegészségügyi vonatkozásai. *Budapesti Közegészségügy*, 10 (3), 65–70.
- NYÁRY L. (1931): A világ egyik legszövevényesebb alagútrendszere hálózza be a budavári hegy belsejét. *Nemzeti Újság*
- ŐRI S.–SZALATKAY I. (1989): A budavári Halászbástya helyreállításával kapcsolatos mélyépítési kérdések. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 39 (10), 395–400.
- ŐRI S. (1995): Halászbástya alépitményének megerősítése. *Építés Felújítás*, máj.–jún. 2. évf.
- PAPP F. (1938): A budapesti melegforrások. *Földtani Értesítő*, 3. évf., 69–82.
- PÉCSI M. (1959): *A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalaktana.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 346.
- PÉCSI M. (1974): A Budai-hegység geomorfológiai kialakulása, tekintettel hegytípusaira. *Földrajzi Értesítő*, 23 (2), 181–182.
- PRACZER A.–WINTER J. (1984): A csapadék hatása a talajvízre Budapesten. *Hidrológiai Közöny*, 64 (1), 27–32.
- RELKOVIC N. (1933): A budai Várhegy belsejében. *Ifjúság és Élet*, 8. évf., 285–288.
- RÉTHÁTI L. (1977): *Altalajeredetű épületkárok.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 251.
- SÁRVÁRY I. (1979): Víznyomjelzési kísérletek néhány elvi és gyakorlati kérdése. *Vízügyi Közlemények*, 1979 (3), 448–471.
- SCHAFARZIK F.–VENDL A. (1929): *Geológiai kirándulások Budapest környékén.* Stádium Kiadó, Budapest, 341.

- SCHAFARZIK F.–VENDL A.–PAPP F. (1964): *Geológiai kirándulások Budapest környékén*. Műszaki Kiadó, Budapest, 296.
- SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. (1970): A karsztvíz eredetű édesvízi mészkőnek csoportosítása. *Földrajzi Értesítő*, 19 (3), 356–360.
- SCHEUER GY. et al. (1993): A magyarországi quarter és neogén édesvízi mészkövek termoanalitikai és izotópgeokémiai elemzése fázis és rétegtani értékeléssel. *Hidrológiai Közöny*, 73 (5), 258–307.
- SCHEUER GY.–SZABÓ P. (1967): Újabb építésföldtani problémák a budai Várhegyen. *Mérnökgeológiai Szemle*, 1967. november, 25–32.
- SCHRÉTER Z. (1912): Harmadkori és pleisztocén hévforrások tevékenységének nyomai a budai hegyekben. *Földtani Intézet Évkönyve*, 19 (5), 181–231.
- SEBŐS K. (1935): A várhegy barlang. *Budai Napló*
- SEBŐS K. (1936): Buda – a barlangváros. *Budai Napló*
- STÓB Z. (1933): Felfedező úton a Vár kazamatáiban. *Friss Újság*
- SZILÁGYI I. (1939): Elkészültek a világ legbiztosabb légoltalmi óvóhelyei a budai Várhegy 60000 éves tenger mosta barlangjaiban. *A Mai Nap*
- TÁBORI K. (1913): A Halászbástya föld alatti titkai. *Új Idők*, 412–413.
- TÁBORI K. (1934): Budai katakombák. *Budai Napló*
- TAMÁS T. (1943): A budai Várhegy „török pincéi”. *Országépítés*, 3. évf.
- TOMBOR T. (1940): A budai Vár titokzatos barlangjaiban. *Pesti Hírlap*
- ÚJLAKI GY. (1936): A budai Vár barlangjai. *Nemzeti Közoktatás*, 6. évf., 136.
- WEIN GY. (1972): A Budai-hegység szerkezetalakulása. *Földtani Kutatás*, 23–24.
- ZAKARIÁS G. S. (1956): Adatok a budavári kutak történetéhez. *Bp. Régiségei*, 17, 299–324.

Jelölések

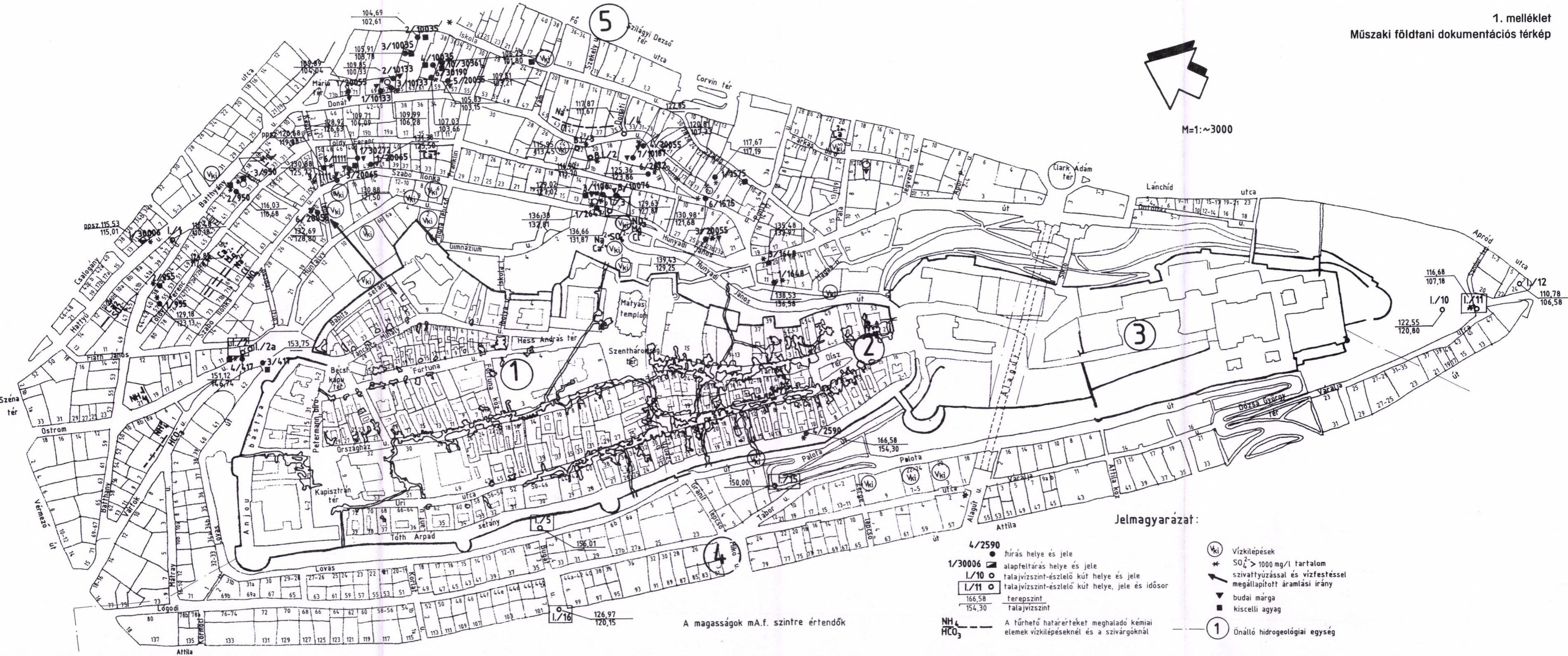
α	– lefolyási tényező
Φ	– belső súrlódási szög
λ	– változási jellemző
ρ	– testsűrűség
B	– beszivárgás
B_C	– beszivárgás a csapadékból
B_{csep}	– csepegő vizek
B_{csepn1}	– csepegő vizek a Nagy Labirintus területén
$B_{csepü}$	– csepegő vizek a különálló üregekben
B_p	– beszivárgás a Palota területén
B_{pol}	– beszivárgás a Polgárváros területén
B_{vcs}	– beszivárgás a csatorna veszteségekből
B_{vcs1}	– beszivárgás a csatornában folyó csapadékból
B_{vcs2}	– beszivárgás a csatornában folyó szennyvízből
B_{vta}	– beszivárgás a távhővezeték veszteségekből
B_{vv}	– beszivárgás a vízvezeték veszteségekből
C	– 2. fejezet táblázataiban kohézió, minden egyéb helyen csapadék
e	– hézagtényező
fm	– folyóméter
I_C	– konzisztencia index
I_p	– plasztikus index
k	– vízáteresztő képesség
L	– lefolyás
LKV	– legkisebb víz
LNV	– legnagyobb víz
L_t	– felszíni lefolyás
m A.f.	– magasság (méter) Adria fölött
nkf	– német keménységi fok
P	– párolgás
T_L	– Lejtő területe
T_P	– Plató területe
V_{bk}	– barlangi kutak vizei
V_{cs}	– csatornák vizei
V_{cse}	– csepegő vizek
V_f	– fúrások vizei

V_{ki}	- vízkilépések
V_{la}	- langyos vizek
V_p	- pincevizek
V_{sz}	- szivárgók vizei
V_{ta}	- távhő vezetékek vizei
V_{tv}	- talajvízszint-észlelő kutak vizei
V_v	- vízvezetéki víz
W	- víztartalom
W_l	- folyási határ
W_p	- sodrási határ

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó Rt. igazgatója
Felelős szerkesztő: Kovács Teréz
Fedélterv: XFER '90 Grafikai Műhely
Termékmenedzser: Hesz Margit
A nyomdai előkészítés Győrei D. László munkája
A nyomást és kötést az ETO-Print Nyomda Kft. végezte
Felelős vezető: Balogh Mihály
Budapest, 2003
Kiadványszám: KMA3-055
Megjelent 11,8 (A/5) ív + 5 térképmelléklet terjedelemben



M=1:~3000

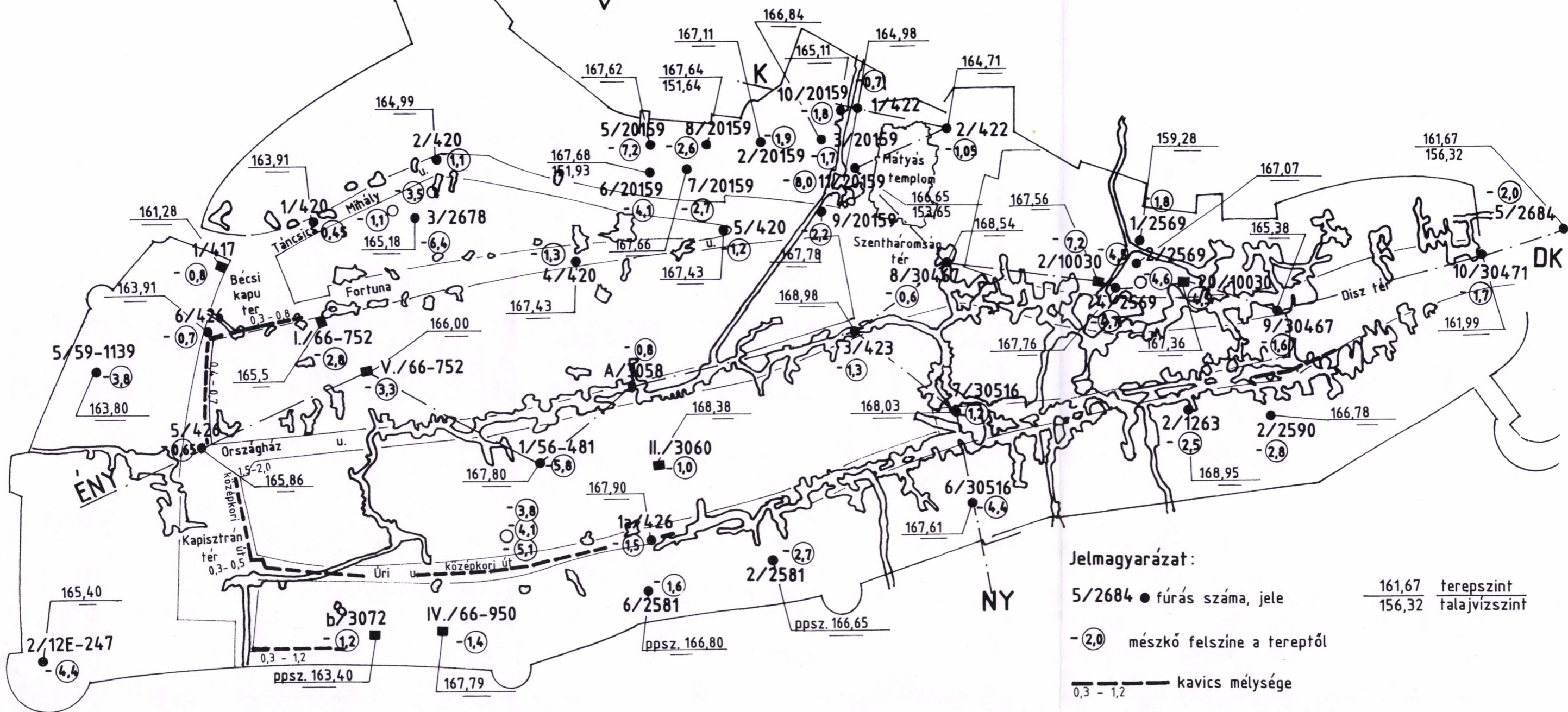


Jelmagyarázat:

- 4/2590 ● fúrás helye és jele
- 1/30006 ▣ alapfeltárás helye és jele
- I./10 ○ talajvízszint-észlelő kút helye és jele
- I./11 ○ talajvízszint-észlelő kút helye, jele és idősor
- 166,58 / 154,30 ————— terepszint / talajvízszint
- NH₄ HCO₃ ————— A fűrhető határértéket meghaladó kémiai elemek vízkilépéseknél és a szivárgóknál
- ⊙(Vki) Vízkilépések
- * SO₄²⁻ > 1000 mg/l tartalom
- ↗ szivattyúzással és vízfestéssel megállapított áramlási irány
- ▼ budai márga
- kiscelli agyag
- ① Önálló hidrogeológiai egység

A magasságok m.a.f. szintre értendő

M=1:2500

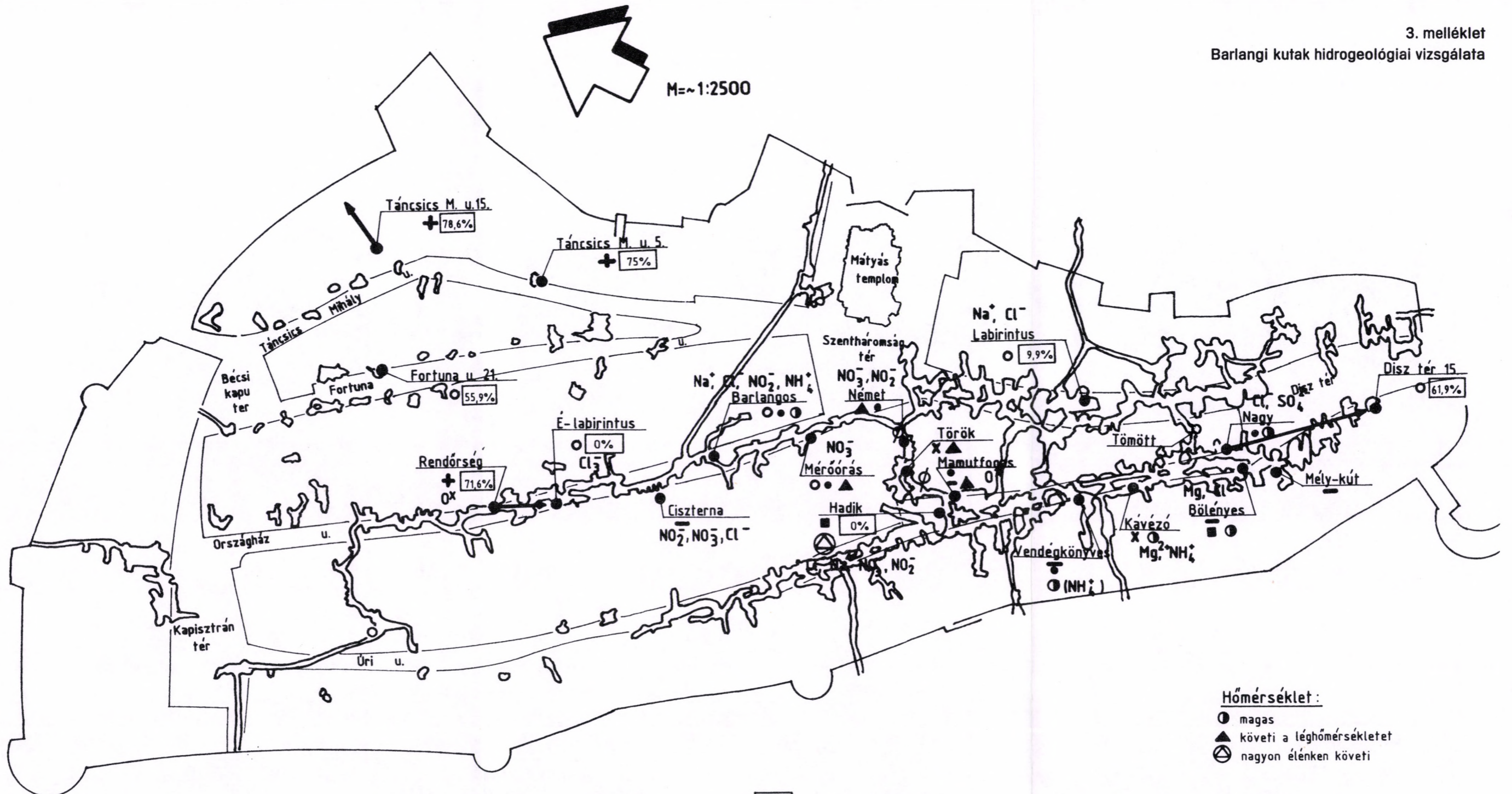


Jelmagyarázat:

- 5/2684 ● fúrás száma, jele 161,67 terepszint
156,32 talajvízszint
- (2,0) mészkő felszíne a tereptől
- — — — — kavics mélysége
0,3 - 1,2

ÉNY. — — — — — DK földtani szelvény iránya

A magasságok mA.f. szintre értendők



Rendőrség ● kút helye és megnevezése

Csapadék érzékenység:

- erős
- X gyenge
- közepes

Hozam:

- + nagy
- kicsi
- közepes

71,6% vezetéki víz részaránya

← szivattyúzással és vízfestéssel megállapított áramlási irányok

∅ nincs szivárgás

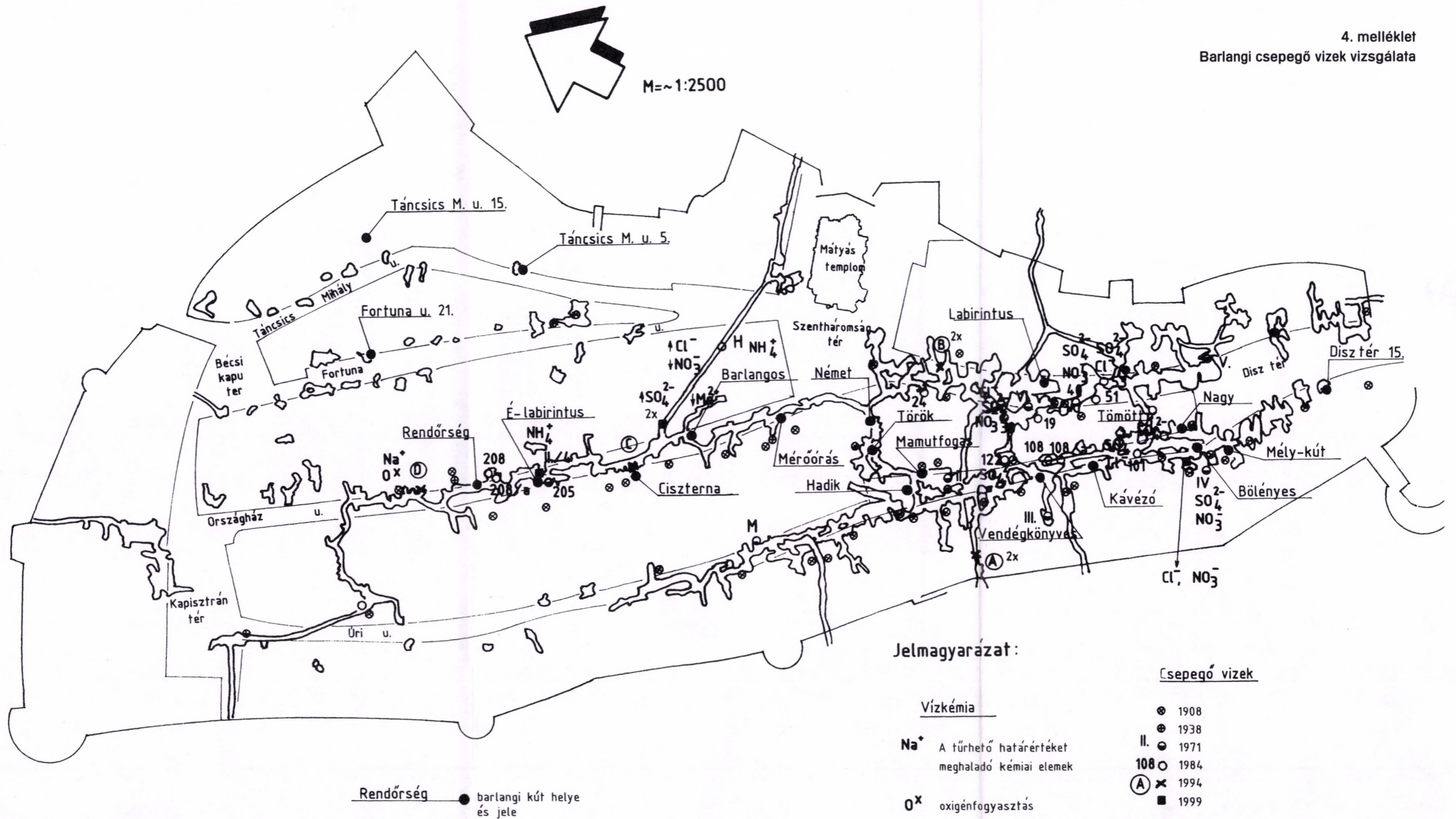
0^x oxigénfogyasztás

Hőmérséklet:

- magas
- ▲ követi a léghőmérsékletet
- ⊗ nagyon élenken követi

Víz kémia:

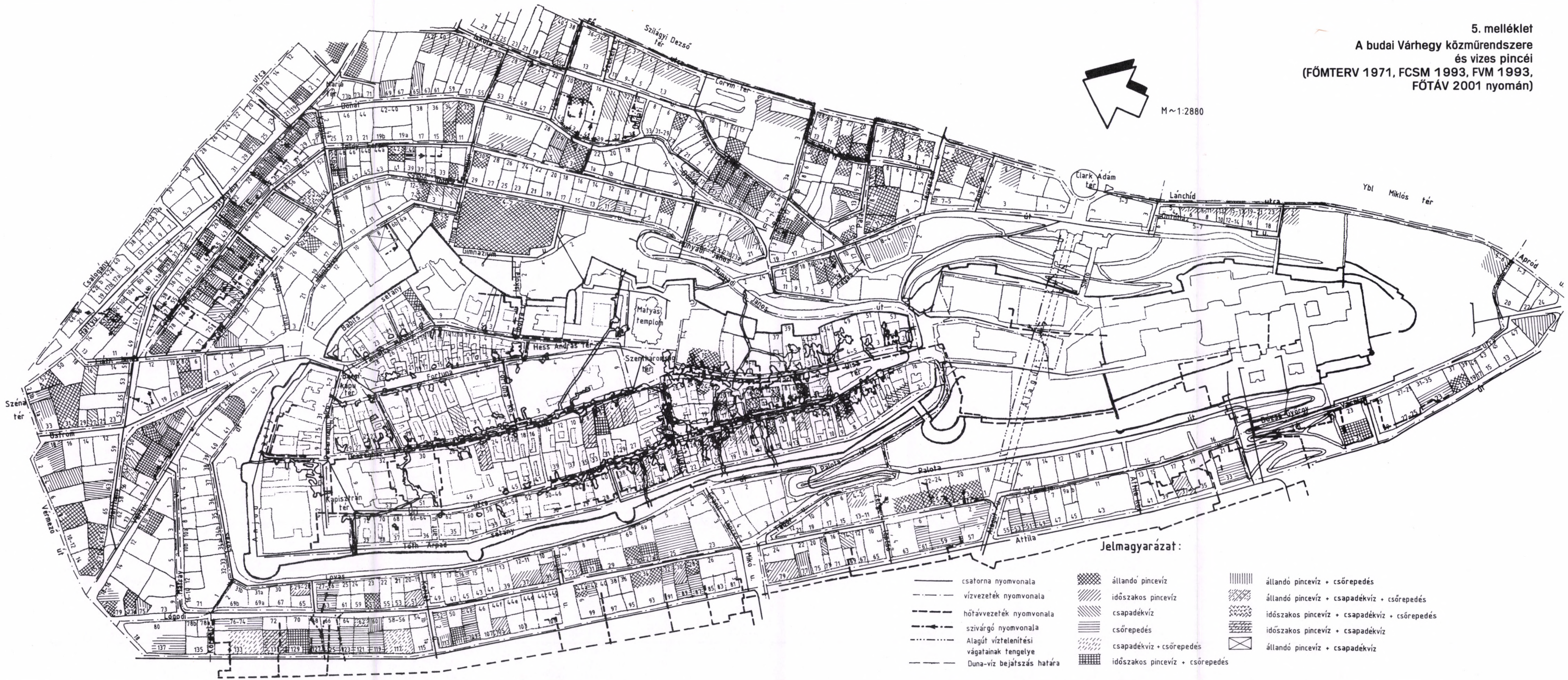
Na⁺ a tűrhető határértéket meghaladó kémiai elemek a kút vizében



5. melléklet
 A budai Várhegy közműrendszere
 és vizes pincéi
 (FŐMTERV 1971, FCSM 1993, FVM 1993,
 FŐTÁV 2001 nyomán)

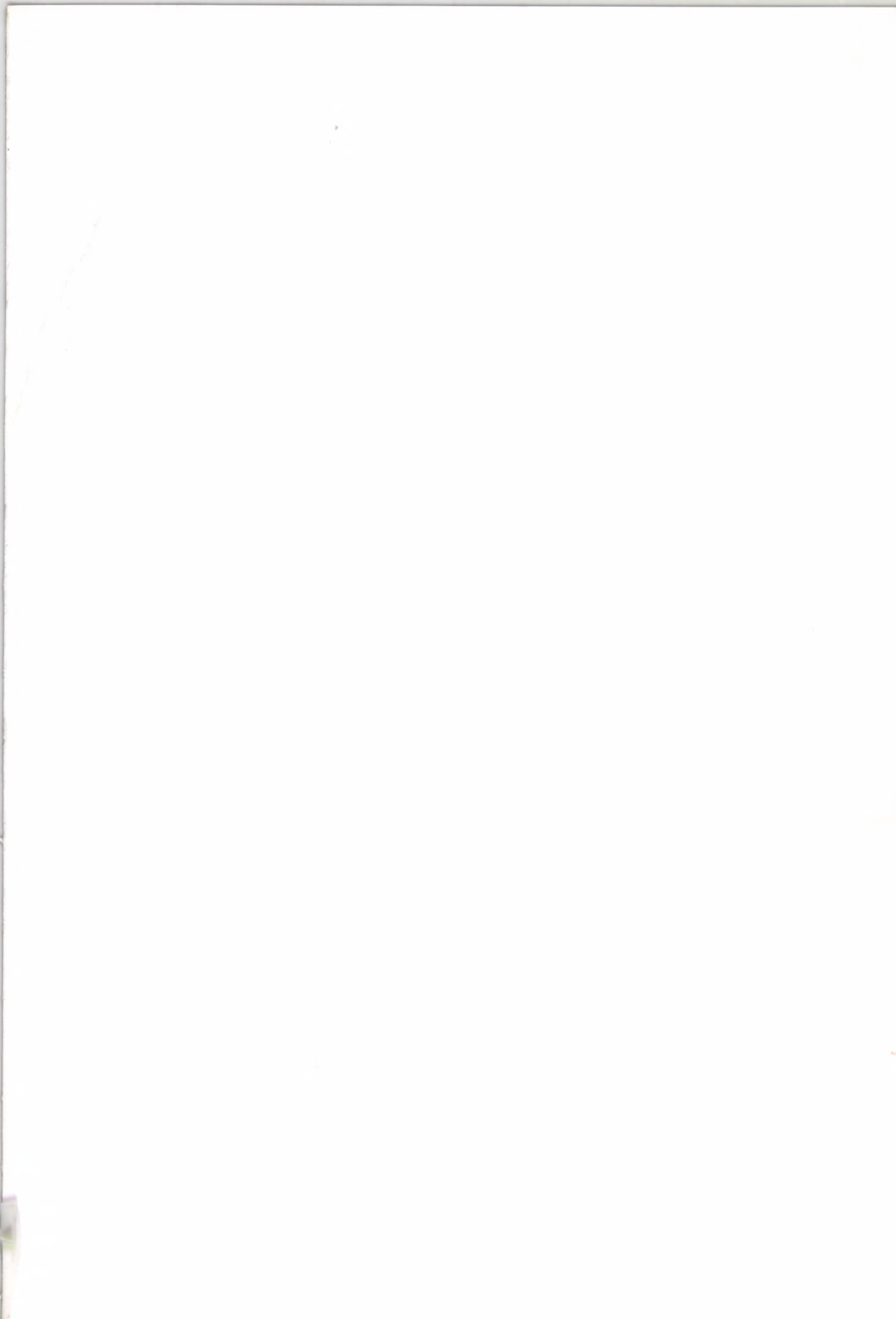


M~1:2880



Jelmagyarázat:

- | | | | | | |
|-----------|--|--|---------------------------------|--|---|
| — | csatorna nyomvonala | | állandó pincevíz | | állandó pincevíz + csőrepedés |
| - - - | vízvezeték nyomvonala | | időszakos pincevíz | | állandó pincevíz + csapadékvíz + csőrepedés |
| - · - · - | hőtápvezeték nyomvonala | | csapadékvíz | | időszakos pincevíz + csapadékvíz + csőrepedés |
| - · - · - | szivárgó nyomvonala | | csőrepedés | | időszakos pincevíz + csapadékvíz |
| - · - · - | Alagút víztelenítési vágatainak tengelye | | csapadékvíz + csőrepedés | | állandó pincevíz + csapadékvíz |
| - - - | Duna-víz bejárás határa | | időszakos pincevíz + csőrepedés | | |



A budai Várhegy és a rá épült város nemzetünk legértékesebb természeti és kulturális kincsei közé tartozik. Kiemelt jelentőségét a nagyvilág is elismeri és értékeli, ennek eredményeként a budai Várat a Világörökség részévé nyilvánították.

Ugyanakkor a Vár mint épített környezet, és mint egyedülálló műemlék együttes is veszélyeztetett, egyre gyakoribbak az út- és burkolatbeszakadások, valamint a súlyos épületkárok. A Várhegy gyomrában kialakult természetes mésztufa képződmények és az azokból kiépített járatrendszer is számtalan műszaki, gazdasági és környezetvédelmi problémát vet fel.

A rendszerváltozást követően több program is indult a Várhegy kisebb részterületének rendezésére, „jó karba helyezésére”, régészeti kutatására, lakhatóvá tételére, közművesítésére. Mára ezeknek a feladatoknak jó része kiváló eredménnyel meg is valósult. E programokhoz kapcsolódva folytathattam több mint 10 évig a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék kutatójaként a Várhegyre vonatkozó hidrogeológiai vizsgálataimat a terület földtani és vízrajzi viszonyairól, valamint a természeti jelenségeknek az épített környezetre való hatásairól.

Kutatásaim eredményeit – melyek érdeklődésre tarthatnak számot mind a laikusok körében, mind az építészek, geográfusok és a barlangok majdani hasznosítói között – szeretettel ajánlom az olvasók figyelmébe.

ISBN 963 05 8060 8



9 779630 580602