

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
FÖLDRAJZ- ÉS FÖLDTUDOMÁNYI INTÉZET
TERMÉSZETFÖLDRAJZI TANSZÉK

**A RÓZSADOMBI BARLANGOK TÉRINFORMATIKAI
ELEMZÉSE**

SZAKDOLGOZAT



Készítette:

VIRÁG MAGDOLNA
földrajz-környezettan

Témavezető:

Dr. MARI LÁSZLÓ
egyetemi docens
(ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék)

Konzulens:

Dr. MINDSZENTY ANDREA
egyetemi tanár
(ELTE TTK FFI Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék)

Budapest
2014

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	2
2. CÉLKITŰZÉSEK	3
3. A RÓZSADOMB BEMUTATÁSA ÉS JELLEMZÉSE	5
3.1 A RÓZSADOMB LEHATÁROLÁSA ÉS RÉSZEI.....	5
3.2 GEOMORFOLÓGIAI JELLEMZŐK.....	5
3.3 A RÓZSADOMB TERÜLETHASZNÁLAT VÁLTOZÁSA ÉS BEÉPÍTETTSÉGE.....	8
3.4 FÖLDTANI FELÉPÍTÉS ÉS FEJLŐDÉSTÖRTÉNET.....	10
3.4.1 Földtani fejlődéstörténet.....	10
3.4.2 Szerkezetfejlődés.....	16
4. A BUDAI TERMÁLKARSZT SAJÁTOSSÁGAI	17
4.1 A BUDAI TERMÁLKARSZT KARSZTOSODÁSI FÁZISAI.....	17
4.1.1 Felső-triász, felső-kréta és felső-eocén paleokarsztok.....	17
4.1.2 Miocén hidrotermás esemény.....	18
4.1.3 Pliocén-pleisztocén termálkarsztos fázis.....	23
4.1.4 Recens hidegvizes hatás – az epigén karsztos folyamatok szerepe.....	32
4.2 TEKTONIKUS PREFORMÁLTSA G, BARLANGJÁRATOK IRÁNYAI, TÉRFOGATMODELLEZÉS.....	34
4.3 PALEOKARSZTVÍZSZINT VÁLTOZÁSOK NYOMAI.....	39
4.3.1 Vízsintjelző barlangi kiválások.....	39
4.3.2 Travertínók.....	44
4.3.3 A terület kiemelkedéstörténetének meghatározása különböző képződményekből számolt kor- és magasság adatok alapján.....	45
5. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK	46
5.1 TÉRINFORMATIKAI MÓDSZEREK.....	46
5.2 ADATTÁRI FORRÁSMUNKÁK HASZNÁLATA.....	46
6. ADATFELDOLGOZÁSOK, TÉRINFORMATIKAI ELEMZÉSEK	47
7. EREDMÉNYEK	50
7.1 FÜGGETLENSÉG A FELSZÍNI TOPOGRÁFIÁTÓL (GEOMORFOLÓGIAI ELEMZÉSEK).....	50
7.2 A TERÜLETHASZNÁLAT VÁLTOZÁSA (1785-TŐL NAPJAINKIG) – A KŐFEJTŐK MŰVELÉSE, AZ ÉPÍTKEZÉSEK ÉS A BARLANGFELFEDEZÉSEK ÖSSZEFÜGGÉSEI.....	55
7.3 A SZÉPVÖLGY-RÓZSADOMB KÖRNYÉKÉNEK URBANIZÁCIÓJA A BARLANGFELFEDEZÉSEK TÜKRÉBEN – A BARLANGOK FELFEDEZÉSE ÉS KUTATÁSA.....	63
7.3.1 Természetes úton felnyílt barlangok.....	63
7.3.2 A kőfejtők barlangjai.....	65
7.3.3 Építkezések (házalapozás, közműépítés, útépités, rézsűzés) során feltárult barlangok.....	67
7.3.4 A Szépvölgy – Rózsadomb barlangjainak kutatása, újabb járatok feltárása.....	69
7.4 BARLANGJÁRAT IRÁNYOK SZERKEZETI ELEMZÉSE.....	76
7.5 BARLANGSZINTEK.....	79
8. ÖSSZEGZÉS	85
9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	88
10. IRODALOMJEGYZÉK	89
11. ÁBRAJEGYZÉK	102

1. Bevezetés

„*Budapest a barlangok fővárosa*” – írta a híres geológus-paleontológus, barlangtudós Kadić Ottokár már az 1930-as években (KADIĆ O. 1931, 1936). Az elnevezés még napjainkban is aktuális: a világon nincs még egy olyan főváros, amelynek lakóterülete alatt több km hosszúságú, – ráadásul tipikus hipogén vagy termálkarsztos – barlangrendszerek lennének.

A Budai-hegység részét képező, tágabb értelemben vett Rózsadomb 5–6 km² kiterjedésű területén, nagyrészt a lakóövezet felszíne alatt jelenleg már közel 100 barlang ismert, melyek összhosszúsága több mint 52,5 km. Hosszúságát tekintve kiemelkedik közülük a ma már hazánk leghosszabb barlangjaként számon tartott Pál-völgyi-barlangrendszer (> 30 km).

A Budai Termálkarszt részét képező rózsadombi barlangok különleges keletkezésmódjuknak, méreteiknek, formakincsüknek és ásványkiválásaiknak köszönhetően méltán kerültek nem csak a hazai, de a nemzetközi érdeklődés középpontjába is. Ezek a barlangok a tektonika által meghatározott szerkezeti zónák, törések mentén nagy mélységből feláramló termálvizekhez kötődő, a felszíni morfológiától függetlenül, a mélyben zajló karsztosodási folyamatok következtében oldódtak ki. E járatrendszerek, a korábbi hidrotermás események során keletkezett kiválások, valamint a jelenlegi kiáramlási terület, a Duna mentén megcsapolódó meleg és langyos források a Budai Termálkarsztot a hipogén karsztos folyamatok és jelenségek egyik jellegzetes és komplex típusú területévé avatták.

Nem véletlen, hogy a budai Rózsadomb és környékének termálkarsztja (a rózsadombi nagy barlangok és a hozzájuk tartozó források) 1993 óta az UNESCO Világörökség várományos listáján szerepel (HAZSLINSZKY et al. 1993).

A Gellért-hegy K-i oldalán a sziklafalban nyíló, a hegyben húzódó és a Duna bevágódását kísérő erózió következtében feltáródott kisebb barlangok közül számos – köztük a DK-i oldalon hatalmas bejárattal nyíló Gellérthegyi- vagy Szent Iván-barlang – már évszázadok óta ismert. A Rózsadomb barlangjait (egy-két kivételtől eltekintve) azonban csak az utóbbi mintegy 100 évben fedezték fel, mivel az urbanizációt megelőzően semmiféle felszíni karsztjelenség nem utalt a mélyben húzódó hipogén barlangokra. A legtöbb rózsadombi barlang megismerése csupán a főváros terjeszkedésének köszönhető. A felszínnek a város kiépülésével kapcsolatos megbontása a természetes környezetet ugyan sok helyen átalakította, egyes helyeken el is szennyezte, azonban e folyamat nélkül barlangjaink többségét ma sem ismernénk. A kőbányászat és a házalapozással, csatornázással, útépitéssel járó földmunkák a barlangok megismerése és állapota szempontjából előnyös és hátrányos következményekkel is jártak. A nagymértékben beépített területeken a barlangokba beszivárgó víz eltérő mértékben szennyezett lehet, ami mindenképp káros hatásnak minősül.

A hipogén barlangok megismerése és kutatása azonban számos új tudományos ismeretet hozott. Többek között például a barlangi kiválások és oldódási jelenségek vizsgálata a paleoklíma és paleokörnyezet változások vizsgálatában, a kiemelkedéstörténet és az egykori vízszintváltozások nyomonkövetésében nyújt jelentős információt.

A vizsgálati terület kiválasztása nagyrészt személyes indíttatású: mintegy 15 évvel ezelőtt kezdtem barlangászni és járni a Rózsadomb nagy barlangjait, melyekben földtani-geomorfológiai megfigyeléseket és vizsgálatokat is végeztem. A Szemlő-hegyi-barlangban ezzel egy időben barlangi idegenvezetőként is dolgozom, és közben lehetőségem van a látogatókkal a saját megfigyeléseimet, kutatási eredményeimet is megosztani. Geológus diplomamunkám is a Szemlő-hegyi-barlanggal kapcsolatban készült: a negyedidőszaki törmeléktakarón keresztül a barlangjáratokba beszivárgó, csepegő vizeket vizsgáltam hidrogeológiai módszerekkel (VIRÁG M. 2008). Doktori témám is a területhez kötődik: a budai (elsősorban rózsadombi) barlangok genetikáját, a barlangi kiválások (és oldásformák) segítségével pedig az egykori karsztvízszint-változásait és beszivárgás-történetét kutatom. 2008 és 2013 között Dr. Mindszenty Andrea „Budapest városgeológiai tanulmányok” témájú, 72590K számú OTKA projektjében dolgoztam, és munkám során számos, a budai barlangokkal kapcsolatos vizsgálatot, elemzést végeztem – részben térinformatikai, részben geológiai anyagvizsgálati módszereket felhasználva. A többéves munka eredményét a projektet lezáró könyvben ismertetjük (MINDSZENTY A. (szerk.) 2013; több fejezet szerkesztésében magam is részt vettem: VIRÁG M. (szerk.) 2013a,b). E kötetben egyúttal lehetőségem adódott részben a szakdolgozatom készítése kapcsán végzett vizsgálataimat is publikálni (VIRÁG et al. 2013a,b,c,d,e) és az általam tervezett tanösvényt bemutatni (VIRÁG M. 2013). E fejezeteimből és ábráimból (módosított fotótáblákból) néhányat a szakdolgozatomban is felhasználok. A térinformatikai elemzéseket részben Kálmánfiné Ast Hajnalkával közösen végeztük: ezeket az adott részeknél a későbbiekben „többes számmal” jelzem.

2. Célkitűzések

A rózsadombi barlangok, környezetük, felszínük (domborzat és területhasználat) és földtani felépítésük komplex, térinformatikai módszerekkel történő elemzése újfajta megközelítést és adalékot kínál a barlangtani kutatásokhoz. Kiemelkedő előnye a többfajta információ együttes, térbeli ábrázolása, megjelenítése, melynek segítségével korábban nem sejtett összefüggések is megállapíthatók.

Szakedolgozatomban célom a rendelkezésemre álló térképi adatok, adatbázisok és egyéb fellelhető információk alapján a rózsadombi hipogén barlangok megjelenítése és térbeli vizsgálata a felszíni geomorfológiai, domborzatviszonyok, a földtani felépítés és tektonikai elemek függvényében. A barlangok kiterjedése, térbeli elhelyezkedése alapján vizsgálom az egyes barlangszinteket, összehasonlítom a travertínó-előfordulásokkal és a földtani felépítéssel. Ezen elemzések a Budai Termálkarszton zajló hipogén barlangképződés sajátosságainak pontosabb megismeréséhez, illetve a korábbi karsztvízszint-ingadozások pontosabb ismeretéhez, ezáltal pedig a paleoklíma vizsgálatokhoz nyújthatnak további információt.

A barlangjáratok alaprajzi térképei és polygonjai alapján a hasadékok irányait összevetem a jelenleg ismert és földtani térképen fellelhető tektonikai elemekkel (vetőkkel, oldalelmozdulásokkal) és a szakirodalomban publikált feszültségmezőkkel. Mivel a járatok nagyrészt a korábbi szerkezeti elemek mentén mozgó felszín alatti vizek oldó hatásának következtében keletkeztek, a járatok helyzete, iránya (és a barlangokban megfigyelhető szerkezetföldtani jelenségek) elvileg alkalmasak lehetnek a felszínen vagy kőfejtőkben nem látható és térképezhető tektonikai irányok és feszültségterek további, részletesebb vizsgálatához.

A történelmi, topográfiai térképek, légi- és űrfelvételek alapján a terület felszínborításának időbeli változását vizsgálom, melyet összevetek a barlangok felfedezésének és a járatok hosszának folyamatos változásával, a kőfejtők művelésével és a Rózsadomb fokozatos beépítésével. A térképi adatokat és a barlangokkal kapcsolatos információkat további archív adatokkal és forrásmunkákkal hasonlítom össze, hogy minél pontosabb képet kaphassak a fokozódó urbanizáció és a földtani értékek – ezen belül is kiemelten a barlangok – felfedezésének-megismerésének összefüggéseiről, kapcsolatáról.

Az elemzésekhez a térképek és adatbázisok térinformatikai feldolgozásán kívül archív fényképeket, adattári információkat és főként korábbi forrásmunkákat, különböző szakirodalmi adatokat is felhasználok.

A munkám során létrehozott térképeket illusztrációként a szakdolgozat módszertani részét képező, általam tervezett-létrehozott *Szép völgy-Rózsadomb (Város) geológiai Tanösvény és barlangtúrák* kirándulásvezető füzetben (VIRÁG M. 2013) is hasznosítom. A térképekből és térinformatikai elemzésekből kinyert információkat, valamint a szakdolgozatban ismertetett adatokat és irodalmi hivatkozásokat, forrásmunkákat és újonnan szerzett ismereteket a tanösvény füzetben is felhasználom.

3. A Rózsadomb bemutatása és jellemzése

3.1 A Rózsadomb lehatárolása és részei

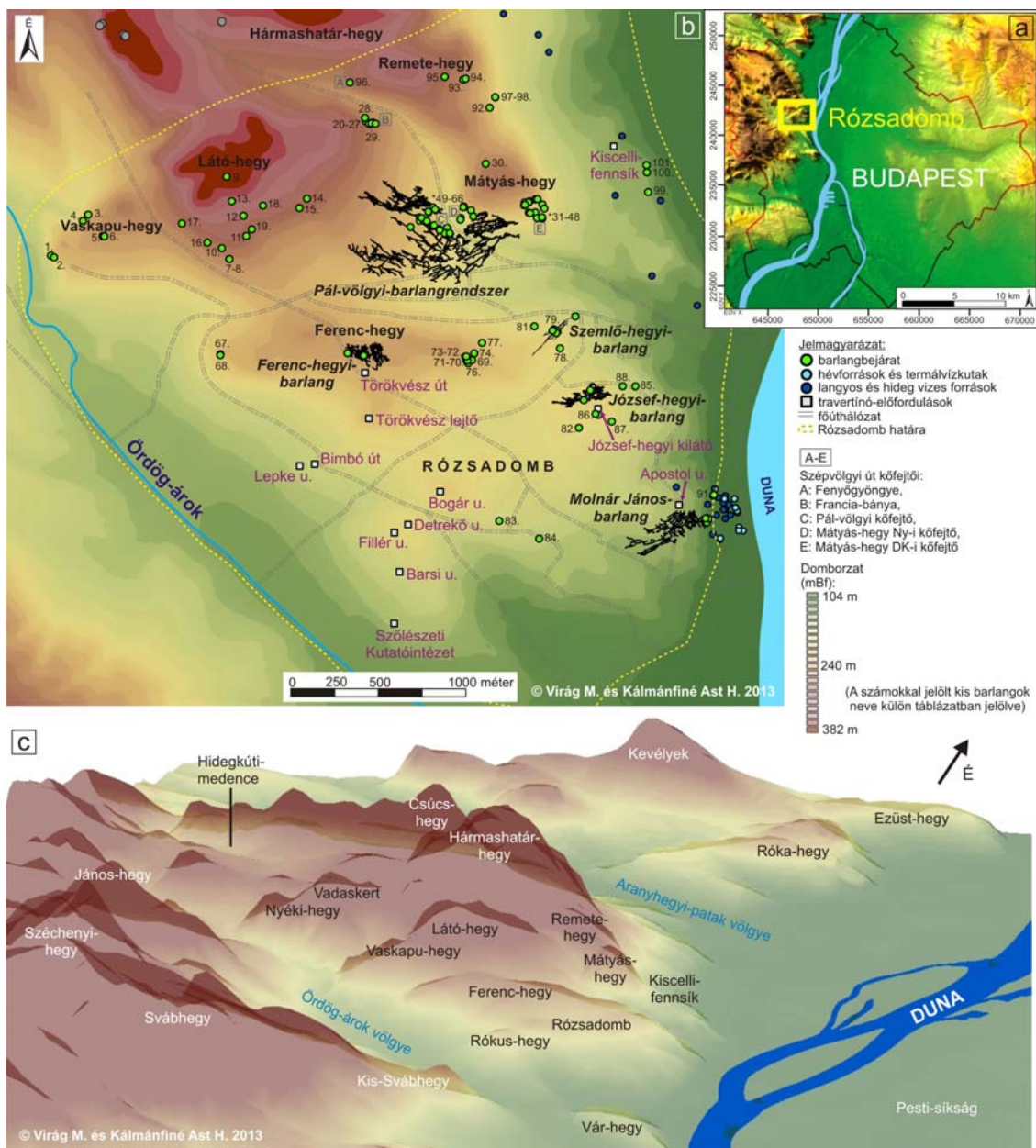
A budai Rózsadomb földrajzilag a Dunántúli-középhegység ÉK-i részét képező Budai-hegységhez tartozik, és a Hármashatár-hegy csoport DK-i elvégződése. A terület legmagasabb pontja a Látó-hegy (377 mBf), erózióbázisa pedig a Duna (104 mBf), amely egyúttal a természetes langyos és meleg források jelenlegi fakadási szintje is. A tágabb értelemben vett Rózsadomb kb. 5-6 km² kiterjedésű terület, és a Vaskapu-hegy - Látó-hegy - Remete-hegy (348 mBf) - Mátyás-hegy (301 mBf) - Ferenc-hegy (275 mBf) - József-hegy (vagy Szemlő-hegy, 234 mBf) - Rókus-hegy térségét, illetve magát a szűkebb értelemben vett Rózsadombot (195 mBf) foglalja magába. Természetes határai DNy-on az Ördög-árok völgye, K-en a Duna és annak egykori ártere, ÉNy-on és É-on pedig a Remete-hegyet a Kecske-hegytől (384 mBf), illetve a Látó-hegyet a Kecske-hegytől elválasztó nyergek vonalában húzódik (BORBÁS I. 1934, TAKÁCSNÉ BOLNER K. 1993, LEÉL-ÖSSY SZ 1995; *1. ábra*). Közigazgatási szempontból a terület nagyobbik, Szép-völgytől DNy-ra fekvő része Budapest II. kerületéhez, kisebbik része pedig a főváros III. kerületéhez tartozik.

Az általam vizsgált rózsadombi terület lehatárolását az E644957-N244312; E649409-N244312; E649409-N241106; E644957-N241106 koordinátájú sarokpontokon belül végeztem.

3.2 Geomorfológiai jellemzők

Az *1. ábra* domborzatmodellje alapján is szembetűnik, hogy a főbb völgyektől viszonylag meredek lejtőkkel elhatárolódó rózsadombi területen belül a domborzat dombvidék jellegű, melyet az ÉNy-i, É-i és ÉK-i oldalon már ehhez képest magasabb hegyek zárnak körbe (ld. fent). Az Ördög-árok völgye meghatározó tájképi elem, mely a Kis Sváb-hegy – Széchenyi-hegy – János-hegy – Kis Hárs-hegy – Nagy Hárs-hegy vonulatát választja el a Rózsadomb – Ferenc-hegy – Apáthy-szikla – Vaskapu-hegy – Vadaskert – Nyéki-hegy vonulatától. A Vaskapu-hegy Ny-i oldalának meredek letörése, az Apáthy-szikla és környéke látványos geomorfológiai forma: az Ördög-árok fölé 30 méterre kimagasodó dolomit sziklaalakzat a terület meghatározó tájképi eleme és természeti értéke. Ez a felszíni formakincs a (pliocén-) pleisztocén tektonikának, vagyis a Vaskapu-hegy kiemelkedésének és az Ördög-árok bevágódásának köszönhető. Oldott formakincse és sziklaürege (Kőkapu) pedig az egykori karsztosodási folyamatok nyomait őrzi (ld. később). Szintén látványos sziklaalakzat és

kilátópont a Ferenc-hegy Ny-i részén megfigyelhető, Földolomitból felépülő Balogh Ádám-szikla. Mindkét terület fővárosi védelem alatt áll.



1. ábra. A Rózsadomb és környékének domborzata, barlangjai, travertínó előfordulásai és forrásai (barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás, források: Magyarország forrásainak katasztere 1997, OVF-VITUKI Rt Hidrológiai Intézet, termálkutak: Lorberer Á. 1991, travertínók: Scheuer és Schweitzer 1988, Kele S. 2009 után GPS méréssel)

A területen topográfiai szempontból kiemelkedő formák a nagyobb kiterjedésű édesvízi mészkő-előfordulások, melyek eredetileg forráskúpok vagy tavi üledékek voltak, és később az erózió során megvédték az alattuk található puhább, agyagos kőzeteket a lepusztulástól,

így „tanúhegyként” az egykori felszínt megőrizték. Gyakran az egykori terasz szintek nyomait is őrzik (pl. a Mátyás-hegy K-i lábánál húzódó Kiscelli-fennsík).

A főként XIX. század második felében intenzíven működő, Szépvölgyi út mentén sorakozó kőfejtők: a Fenyőgyöngye kőfejtő, Franciabánya, Pál-völgyi kőfejtő, Mátyás-hegyi- Ny-i és DK-i kőfejtő, illetve a Kiscelli-fennsík D-i peremén megfigyelhető egykori agyagbánya és a túloldalt, a Rózsadomb ÉK-i peremén található Melocco kőfejtő az urbanizáció hatására jöttek létre („tájsebek”), és méretüket tekintve a terület meghatározó tájképi elemeivé váltak. Az útbevágások által kialakított feltárások (pl. Pusztaszeri út 5., Mátyás-hegy K-i oldala, Remete-hegy és Mátyás-hegy közti nyereg, stb) inkább csak közelről nézve feltűnőek.

A Rózsadomb – József-hegy – Ferenc-hegy – Látó-hegy térségét a Szépvölgyi árok választja el a Hármashatár-hegy – Remete-hegy – Mátyás-hegy vonulataitól. 1847 óta a Remete-hegy és a Látó-hegy közé vágódó völgyoszorostól ÉNy-ra található részt Szép-völgynek (vagy Széparoknak), a DK-re húzódó, hosszan elnyúló alsó völgyszakaszt pedig földrajzilag Pál-völgynek nevezik (vö. Pál-völgyi-barlang, Pál-völgyi kőfejtő). A Dunától ÉNy-i irányba a Hármashatár-hegy magasabb részéig felhúzódó, az erózióbázistól a legmagasabb pontig 350 métert emelkedő, több mint 5 km hosszú völgyet általában csak Szép-völgyként említik; nem véletlen a völgyben a Hármashatár-hegyig felvezető Szépvölgyi út elnevezés sem. A (pliocén-) pleisztocén idején az erózió hatására bevágódó völgy a hegyvonulatokat két, ÉNy-DK irányú szakaszra osztja: az ÉK-i Hármashatár-hegy – Nagy Kecske-hegy – Remete-hegy – Mátyás-hegy, illetve a DNy-i Újlaki-hegy – Kis Kecske-hegy – Látó-hegy – Ferenc-hegy – József-hegy (vagy Szemlő-hegy) vonulataira. Kevésbé feltűnő a Ferenc-hegy és a Látó-hegy – Mátyás-hegy közötti szakaszon Ny-K-i irányban húzódó, szintén eróziósnak feltételezett Zöldmáli-völgy (BORBÁS I. 1934).

A felszínen semmi jel nem utal a mélyben húzódó barlangok létezésére. A Rózsadombon ugyanis a beépítést megelőzően sem voltak megfigyelhetők klasszikus felszíni karsztjelenségek: nincsenek karrmezők, töbrök és víznyelők, melyek a barlangok jelenlétére utalnának. Csupán a közeli, Hármashatár-hegyhez tartozó Újlaki-hegy triász karbonátos kőzetein figyelhetők meg karrformák (TAKÁCSNÉ BOLNER K.– TARDY J. 2003). Állandó felszíni vízfolyások nincsenek, a Szép-völgy árka időszakosan, jelentősebb záporok, hóolvadás (vagy csőtörés) alkalmával vezethet le vizet (TAKÁCSNÉ BOLNER K. 1993).

A Budai Termálkarszt sajátos jellemzői – a klasszikus karsztos területekkel szemben – a hipogén termálkarsztos barlangok, a megcsapolódó felszín alatti vizekhez köthető langyos és meleg források és ezek egykori tanúi: a travertínók (vö. KOVÁCS J.– MÜLLER P. 1980, TAKÁCSNÉ BOLNER K.– KRAUS S. 1989, SCHEUER GY. – SCHWEITZER F. 1988, NÁDOR A. 1991). A felszín alatti vizek ugyanis barlangüregeket oldanak ki, és forrásként a felszínre

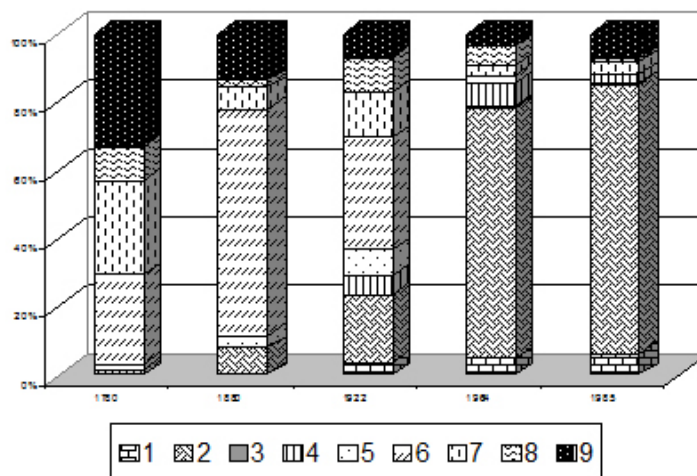
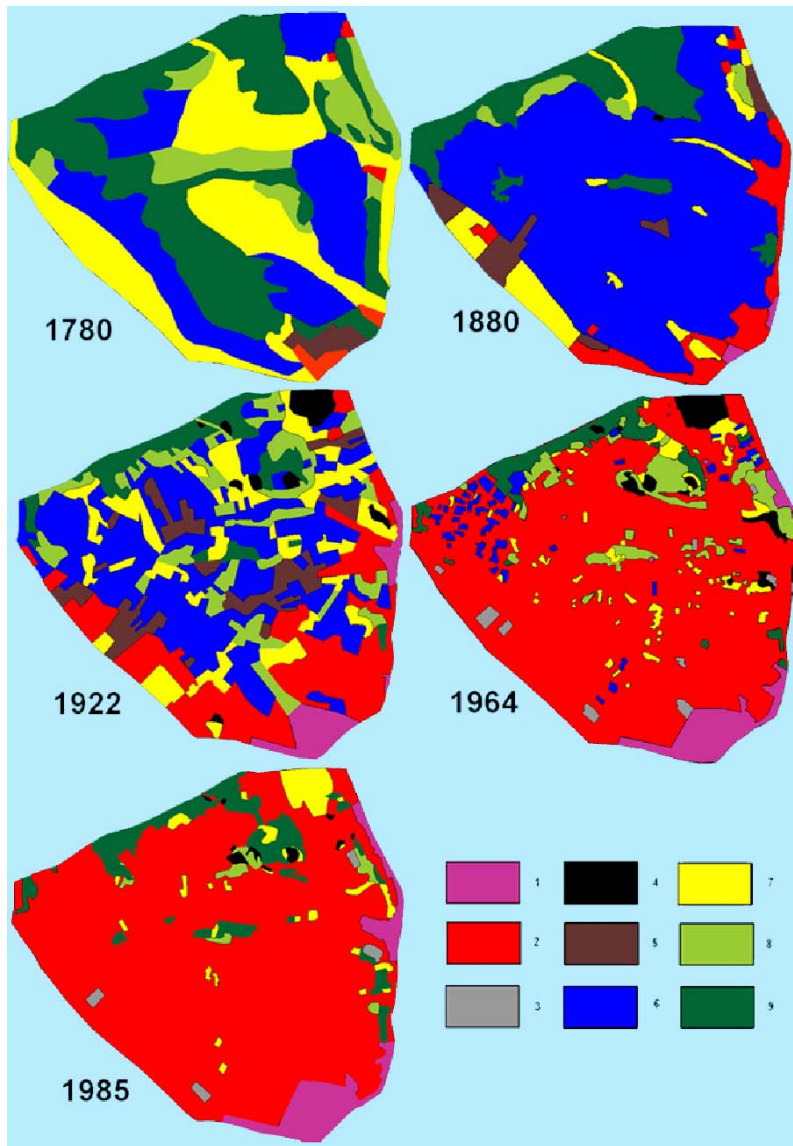
lépve karbonáttartalmukból édesvízi mészkő kiválások keletkeznek. A Duna partján jelenleg felszínre bukkanó természetes langyos források is részben barlangjáratokhoz kapcsolódnak (pl. Molnár János-barlang forrásai).

3.3 A Rózsadomb területhasználat változása és beépítettsége

A Rózsadombon és környékén az utóbbi 100-150 évben jelentősen átalakult a területhasználat. A természetes növénytakaró eredetileg lombos erdő volt (MARI L. 2000). A kedvező éghajlati adottságoknak köszönhetően az erdő nagy részét kiirtották, helyére szőlőt, gyümölcsösöket telepítettek. A domborzat jelentős átalakítása a XIX. század második felében és a XX. század elején meginduló kőbányászattal, a mészkő és a márga kitermelésével kezdődött. A Rózsadomb peremi részei a XX. század első felére szinte teljesen beépültek, a század közepétől pedig már a magasabban fekvő területeken is megkezdődtek a családi ház- és társasház-építkezések. Napjainkra a beépítettség szinte teljessé vált. Erdők már csak a Budai Tájvédelmi Körzet területén: a Látó-hegy tetején és É-i részén, a Remete-hegyen, a Mátyás-hegyen és a Ferenc-hegy tetején találhatóak, és ezek is többnyire parkerdő jellegűek, és részben telepítettek (pl. fekete fenyő).

A terület illetően használatával a korábbi természetes viszonyok átalakultak. A kőfejtés miatt változott az eredeti domborzat, a növényborítás megváltoztatása pedig az eredeti talajtakaró romlását, pusztulását eredményezte. A mesterséges, burkolt felületek terjeszkedése megváltoztatta az eredeti lefolyási és beszivárgási viszonyokat. A közműhálózat kiépítésével új, koncentrált szennyezőforrások jelentek meg (vö. HAJNAL G. 2007).

A Rózsadomb területhasználat-változásának elemzésével korábban MARI L. (in MARI L.–FEHÉR K. 1999, MARI L. 2000) foglalkozott. A különböző évekből (XVIII.-XX. század) származó topográfiai térképekből, ezek légi és űrfelvételekkel történő összehasonlításából levezetett felszínborítás térképek készítésével és különböző térképek elemzésével, összevetésével az utóbbi kétszáz év területhasználatának változásait vizsgálta. Az 1785-ből származó első katonai felmérés, az 1880-as harmadik katonai felmérés, az 1922-ből, 1964-ből és 1985-ből származó topográfiai térképek alapján minden időszakra megrajzolta a felszínborítás térképeket. Már az első katonai felmérés térképei sem mutatják az eredeti, természetes állapotot, azonban a vizsgált időszakok közül ezek az 1785-ben készített térképek állnak hozzá a legközelebb. Itt a felszínborítás kategóriái csak a mezőgazdasági területhasználat jeleit mutatják leginkább, de jó alapot biztosítanak a későbbi bonyolultabb területhasználatok vizsgálatához. A topográfiai térképek, a légi és űrfelvételek alapján történt a kilenc felszínborítás kategória meghatározása.



2. ábra. A területhasználat változása. 1 – összefüggő település szerkezet; 2 – nem összefüggő település szerkezet; 3 – sportpálya; 4 – külszíni bánya; 5 – szántóföld; 6 – állandó növényi kultúrák; 7 – füves terület; 8 – bokros terület, elszórtan fákkal; 9 – erdő (in MARI L. 2000)

A térképeken és diagramokon (2. ábra) jól látható a természetes felszínborítás gyors ütemű visszaszorulása a beépített területek számának növekedésével szemben. A XVIII. században a terület 42,7%-át borította erdő vagy bozótos; ez az arány 8,1%-ra csökkent. Ezzel szemben a beépített területek aránya 1785-ben még csak 1,6% volt, azonban 1985-ben már 85,3%.

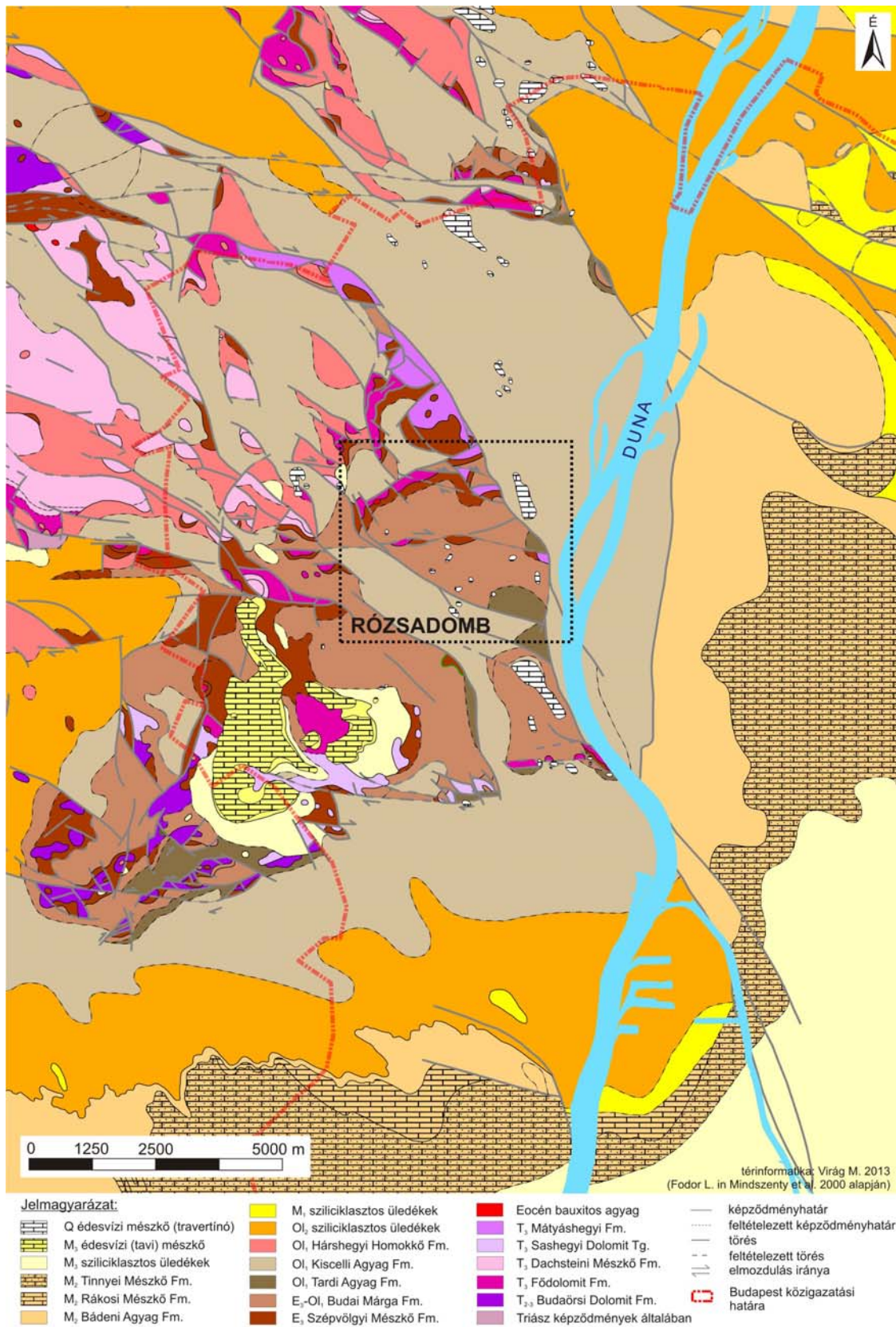
3.4 Földtani felépítés és fejlődéstörténet

A Budai-hegység (és azon belül a Rózsadomb) földtani felépítését és tektonikáját a 3. és 4. ábrákon mutatom be. Dolgozatomban részletesen a Rózsadomb és környékére jellemző képződményeket tárgyalom.

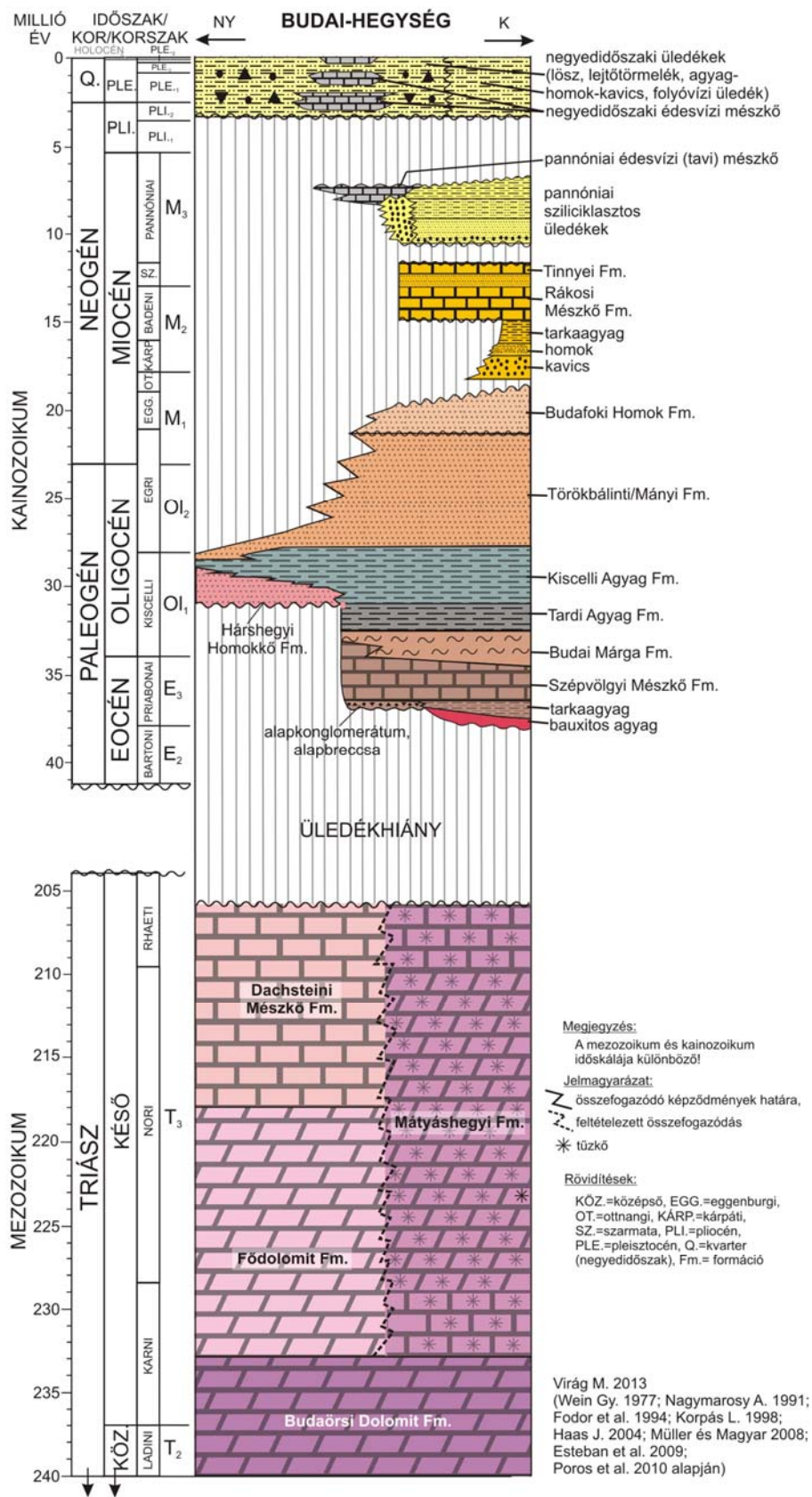
3.4.1 Földtani fejlődéstörténet

A Budai-hegység legidősebb, felszíni kibúvásban is ismert kőzetei a földtörténeti mezozoikum **triász** időszakában, a Tethys passzív peremének karbonátplatformjain képződtek (HAAS J. 1988). A ladini – kora-karni, sekélytengeri *Budaörsi Dolomit Formáció* („diploporás dolomit”) a Rózsadombon és környékén nem fordul elő. A karni elején megindult a karbonátos self feldarabolódása, melynek következtében a területen két eltérő üledékképződési környezet jött létre. Az intraplatform medencékben a karni – rhaeti korú tűzköves (tűzkőgumós és -lencsés) dolomitos-márgás kőzetek (*Mátyáshegyi Formáció*) képződtek, míg a sekélyplatformon mészköves-dolomitos (*Fődolomit Formáció* és *Dachsteini Mészkő Formáció*) rétegek rakódtak le (WEIN GY. 1977, HAAS et al. 2000). Ezek az 1000 (-1500) méternél is vastagabbnak becsült karbonátos kőzetek jelen elképzelések szerint a Rózsadombon feltehetően tektonikusan érintkeznek egymással. A Ny-i részen a *Fődolomit*, míg a K-i részen a *Mátyáshegyi Formáció* a jellemző. A Fődolomitot a területen a Vaskapu-hegy, a Látó-hegy és a Balog Ádám-szikla tárja fel; erre a kőzetre a Budai-hegység más területein a jellegzetesen vastagpados, Lofér-ciklusos nóri – rhaeti korú *Dachsteini Mészkő Formáció* települ (HAAS J. 1993; WEIN GY. 1977). A Mátyáshegyi Formáció típusszelvénye a Mátyás-hegy Ny-i köfajtóban található, valamint a Vérhalom téri fúrás tárja fel.

A késő-triász és a késő-eocén között biosztratigráfiailag azonosítható üledékeket a Budai-hegység, így a Rózsadomb területéről sem ismerünk. Noha egyes szerzők (pl. WEIN GY. 1977) feltételezik, hogy a késő-triásztól a terület szárazulat lehetett, a Dunántúli-középhegység más területeiről megismert rétegsorok és események alapján inkább az feltételezhető, hogy az időszak egy részében még tengeri üledékképződés folyt.



3. ábra. A Budai-hegység fedetlen földtani térképe
(a negyedidőszaki képződmények elhagyásával, kivétel: travertínók)



4. ábra. A Budai-hegység földtani képződményeinek rétegoszlópa

Tényleges szárazulati kitettség, a triásznál fiatalabb jura-kréta üledékek lepusztulása, illetve a fellelhető karbonátos kőzetek karsztosodása a késő-krétától/eocéntól valószínűsíthető. Az üledékhézagban a szárazulati eseménnyel korrelálható szárazföldi, vörös agyagos mállástermékek, bauxitindikációk, tűzálló agyagok (pl. WEIN GY. 1977), paleotalajok, és ezek részben áthalmazott maradványai találhatóak, melyek a karsztos mélyedésekben megőrződtek. Helyenként paleokarsztos üregek (NÁDOR A. 1991, KORPÁS L. 1998) is előfordulnak.

A triász képződmények lepusztult felszínére üledékhézaggal települnek az eocén transzgresszió üledékei. Jelentősebb üledékképződés a Budai Paleogén-medence üledékgyűjtőjében a **késő-eocén**ben, a DNy-i irányból érkező transzgresszió nyomán indult meg (WEIN GY. 1977, BÁLDI T. – BÁLDINÉ BEKE M. 1986, NAGYMAROSY A. 1998a). Az eocén transzgresszió késő-lutetiai–bartoni során érkező második hulláma a Budai-hegységnek csak az északnyugati peremét érte el (BÁLDI T.– BÁLDINÉ BEKE M. 1986), a hegység DK-i része, így a Rózsadomb térsége is ekkor még szárazulat lehetett (WEIN GY. 1977). A triász karbonátos kőzetek agyagos bauxittal kitöltött karszttöbreit agyaggal, dolomitbreccsával és tarka agyaggal (és szenes rétegekkel) induló bázisképződmények fedték le. Ezek a Rózsadombról általában hiányoznak, csupán az Apáthy-szikla dolomitjának karsztos üregeiben található vörösayagos-bauxitos kitöltés-nyomok (ld. előbb; vö. NÁDOR A. 1991). A priabonai érkező harmadik transzgressziós hullám már a hegység teljes területét érintette (BÁLDI T. – BÁLDINÉ BEKE M. 1986). A Rózsadombon a transzgressziós sorozat (5-10 méter vastagságú) felső-eocén *abrázios alapkonglomerátummal* és *alapbreccsával* indul, ami a Látó-hegy D-i oldalán a legjellemzőbb. A törmelék anyaga dolomit, tűzköves dolomit, tűzkő és andezit (WEIN GY. 1977). Ezt követően már a teljes területen megindult a sekélytengeri (priabonai) *Szép-völgyi Mészke Formáció* képződése. Az 50–80 m vastag, jól rétegzett képződmény egy alsó, 5–20 m vastag, jellemzően vörösalgás, és egy felső, 30–50 m vastag egységből áll. Az utóbbi uralkodóan nagyforaminiferás (Nummuliteszes-Discocylinás), továbbá Chlamys, bryozoa, korall- és echinoidea-törmelékek jellemzők. A mészke faunája az üledékképződés előrehaladtával egyre növekvő vízmélységre utal (KÁZMÉR M. 1985). A negyed-ötödrendű tengerszintingadozások során időnként szárazra kerülő mészke felszíni-felszínközeli része karsztosodott, amit paleokarsztos üregkitöltések jeleznek (pl. Fenyőgyöngye-kőfejtő, vö. NÁDOR A. 1991, GYÖRI et al. 2011). A mészkevet főként a Szép-völgy mentén nyíló kőfejtők tárják fel, de előbukkan a Ferenc-hegy Ny-i részén is.

A tenger mélyülésével a mészkeképződést fokozatosan a kezdetben még meszes, Discocylinás, Chlamysos „bryozoás márga” felhalmozódása váltotta fel. Ebből szintén

folyamatosan fejlődött ki a 60-120 m vastagságú, vékonypados *Budai Márga Formáció*, amelynek faunája már mélyebb vízi környezetet jelez (BÁLDI T. 1983). Jellemző a plankton foraminiferák, valamint az áthalmazott kagylók, nagyforaminiferák, ostracodák, echinoideák és bryozoák jelenléte. A márga késő-eocén–kora-oligocén korú (NAGYMAROSY A. – BÁLDINÉ BEKE M. 1988). A Rózsadomb területének nagy részén a felszín közelében ez a képződmény fordul elő. A márgában helyenként az üledékes kőzettel egyidős, neutrális vulkanizmusra utaló tufazsinórok, tufabetelepülések is találhatóak. BÍRÓ T. (2012), illetve BÍRÓ et al. (2013) Mátyás-hegyen végzett petrográfiai vizsgálatai alapján ezek olyan vulkanoklasztitok, vulkanogén homokkövek, amelyeknek piroklasztanyaga a Periadriai-vonal menti eocén-oligocén vulkáni ív egyik kitörési központjából származhatott. A lerakódás helyétől legalább néhány 10 km távolságban lejátszódott heves robbanásos kitörés során kiszóródott törmelékanyag a vízbe hullás után, de még a kőzetté válás előtt gravitációs tömegmozgásokkal kis mértékben áthalmazódhatott; – ez alapján a betelepülést vulkanogén homokkőnek minősítik. A Budai Márga (NAGYMAROSY A. 1987) sekélybathiális környezetben lerakódó agyagos, márgás, mészhomokkőbetelepüléses rétegeinek típusszelvénye a Pusztaszeri út 5. alatt található útbevágásban tanulmányozható. A rétegsorban mészanyagú turbiditok, illetve a bioklasztos allodapikus mészkő megjelenése figyelhető meg. A Szép-völgy kőfjéti, illetve a Rózsadombon és környékén nyíló építkezések általában ezeket a mészkő és márga rétegeket tárják fel.

Az **oligocén** kezdetén a Budai-hegység ÉNy-i része kiemelkedett, és az erózió helyenként egészen a triász kőzetekig lepusztította az üledékeket („infraoligocén denudáció”: TELEGDY-ROTH K. 1927, JASKÓ S. 1979). Az alsó-oligocén végén képződött sekélytengeri-partvidéki, normál sós vízi (kovásan vagy meszesen cementált) *Hárshegyi Homokkő Formáció* (BÁLDI et al. 1976, BÁLDI T. 1983) a Rózsadombon nem fordul elő. A BÁLDI T. és NAGYMAROSY A. (1976) által fácieshatáráként, FODOR et al. (1994) által vakfeltolódáshoz kapcsolódó kiemelkedésként értelmezett, ÉÉK-DDNy irányban végighúzódó *Budai-vonaltól* DK-re a Budai Márgára üledékfolytonossággal települ az anoxikus körülmények között, rosszul szellőzött medencében felhalmozódott sötétszürke *Tardi Agyag Formáció* (BÁLDI T. – NAGYMAROSY A. 1976); a Rózsadomb K-i részén feltárásban fordul elő. Az ebből folyamatosan kifejlődő (a Hárshegyi Homokkővel heteropikus, majd rátelepülő) szürke, zöldesszürke, alig rétegzett, (már normál oxigénellátottságú medencében képződött) mélytengeri *Kiscelli Agyag Formáció* a térség legmélyebb, leginkább nyíltvízi állapotát tükrözi (BÁLDI T. 1983, BÁLDI T. – NAGYMAROSY A. 1976). A Rózsadomb DK-i részén fordul elő, valamint ezt tárják fel a Mátyás-hegy–Hármashatár-hegy K-i peremén, illetve a Kiscelli-fennsíkon nyílt agyagbányák és gödrök is.

Az üledékgyűjtő fokozatos feltöltődésével a Kiscelli Agyagból folyamatosan kifejlődő, sekély szublitorális (parti-partközeli) környezetben keletkezett *Törökbálinti Homok* (egri; NAGYMAROSY A. 1998b), majd a litorális-szublitorális *Budafoki Formáció* (eggenburgi), továbbá későbbi miocén üledékek (pl. a hegység peremein és a pesti oldalon előforduló bádeni *Rákosi Mészke Formáció* és szarmata *Tinnyei Mészke Formáció*) a Rózsadomb területén nem jellemzők. Ezek a hegység **miocén** végén meginduló *kiemelkedése* során az erózió hatására később lepusztultak, vagy a magasabb, már kiemelt területeken eleve nem is képződtek. A pannóniában a hegység DK-i részén agyag, homok, kvarckavics rakódott le (WEIN GY. 1977). Barlangjáratok által feltárt helyzetben (pl. Ferenc-hegyi-barlang: in KRAUS S. 1978) is megfigyelhetők pannóniai korúnak feltételezett kavicsos üledékek. A pannóniai idején az akkori hegységperemi forráskilépési pontokon, tavi környezetben (pl. a Sváb-hegyen) édesvízi mészkő keletkezett (SCHEUER GY. – SCHWEITZER F. 1980, MÜLLER P. – MAGYAR I. 2008). A kiemelkedés következtében a magasabb helyzetű részekben megindult a korábban keletkezett üledékes kőzetek lepusztulása. Az erózió a miocén üledékek mellett eltérő mértékben az oligocén és eocén rétegeket is érintette.

A **pleisztocén**ben folytatódott (és jelenleg is tart) a terület kiemelkedése, és közben az egész hegység szárazra került (WEIN GY. 1977). A negyedidőszak változó éghajlati körülményei között zajló lepusztulás részben periglaciális, lejtős tömegmozgásokban nyilvánult meg s eredményeként a Rózsadombon és környékén nagy vastagságú (akár 5-10 m) löszös-agyagos mátrixú vagy szemcsevázú, kisebb nagyobb kőzetblokkokat is tartalmazó *lejtőtörmelék*, illetve helyben képződött vagy áthalmazott, helyenként paleotalajokkal tagolt *löss* halmozódott fel (pl. SZABÓ J. 1858, 1877, BORBÁS I. 1934, VIRÁG M. – MINDSZENTY A. 2013). A legtöbb helyen ez a változó vastagságú törmeléktakaró fedi a korábbi tengeri üledékes kőzeteket. Az epikarsztos törmelékfedő a felszínről lokálisan beszivárgó (csapadék vagy közmű-szivárgásból származó, gyakran különböző mértékben szennyezett) víznek a barlangjáratokba való továbbításában fontos szerepet játszik, és eltérő mértékben, térben és időben is módosíthatja a barlangi csepegő vizek minőségét és mennyiségét (pl. VIRÁG M. – MÁDLNÉ SZŐNYI J. 2013). E negyedidőszaki üledékeket a Rózsadombon és környékén sok helyen kőfejtők és építési gödrök tárják fel.

A terület további nevezetes pleisztocén holocén képződményei az *édesvízi mészkövek* (*travertínók*). Ezek egy része többé-kevésbé összefüggő rétegeként, más részük különböző tszf. magasságokban megmaradt eróziós foszlányként fordul elő. A Kiscelli-fennsík morfológiája például annak köszönhető, hogy az egykori Duna-terasz üledékeit a rajtuk települő travertínó megvédte az eróziótól. A travertínó-lerakódások a mai termálforrások őseinek tekinthető paleo-hévforrások üledékei. A terület kiemelkedése a mindenkori

erózióbázis (Duna) közelében feltört forrásokból lerakódott, ma különböző szintekben elhelyezkedő travertínó előfordulások (SCHEUER GY. – SCHWEITZER F. 1980, 1988 szerint édesvízimésző-teraszok) és a hozzájuk kötődő barlangszintek és barlangi kiválások alapján is jól nyomon követhető (pl. TAKÁCSNÉ BOLNER K. – KRAUS S. 1989, NÁDOR A. 1991, KELE et al. 2011, SZANYI et al. 2009, 2010, 2012, LEÉL-ŐSSY et al. 2011, stb). A holocénben a travertínók képződése a pleisztocénhez képest alárendelt.

A negyedidőszakban a fenti travertínók és különböző lejtő- és völgykitöltő üledékek mellett további eolikus és folyóvízi üledékek keletkeztek (WEIN GY. 1977). A Duna hordalékát képező kavics és homok különböző terasz szinteken jelenik meg (pl. PÉCSI et al. 1985).

A rózsadombi barlangok járatai főként a *Szép völgyi Mészkö*ben, alárendelten a *Budai Márga bryozoás* meszesebb alsó részében, valamint a *triász mészkő- és dolomit rétegekben* húzódnak (pl. LEÉL-ŐSSY SZ. 1995). A Kiscelli-fennsík *édesvízi mészkő*vében az üledékképződést követően néhány méteres üregek alakultak ki.

3.4.2 Szerkezetfejlődés

A Budai-hegység szerkezetfejlődése több fázisban történt, melynek eredményeként több, különböző irányú vető, oldaleltolódás, feltolódás és redő alakult ki. A területet markáns tercier szerkezeti elemek határolják: északon a K-Ny-i irányú Nagykovácsi-Csillaghegyi eltolódás, délen pedig a NyDNy-KÉK irányú Budaörsi eltolódás (FODOR et al. 1994). A Rózsadomb és környéke K-i és ÉK-i, valamint DNy-i peremét az ÉNy-DK-i csapásirányú vetőkből összeálló komplex törésvonal alkotja (WEIN GY. 1977).

FODOR et al. (1994) a Budai-hegységben négy meghatározó tektonikai fázist feltételez.

(1) A kréta során ÉK-DNy-i kompresszió hatására enyhe redők, feltolódások jöttek létre; (2) a késő-paleogén – kora-miocénben NyÉNy-KDK-i kompresszió és rá merőleges tenzió uralkodott; (3) a középső-miocén – pliocén időszakban a K-Ny-i illetve DK-ÉNy-i extenzió hatására a korábbi vetők normál vetőkként reaktiválódhattak, és további normál vetős szerkezetek keletkeztek; (4) továbbá feltételezhető egy kvarter korú ÉK-DNy-i extenzió (és esetleg egy rá merőleges kompresszió) fellépése is.

Az ÉNy-DK-i kompresszió következménye a pliocéntól napjainkig tartó jelentős kiemelkedés. A kora miocéntól a késő miocénig a kompresszió iránya NyÉNy-KDK-ről fokozatosan É-D irányúvá változott, így ÉK-DNy irányú normál vetők jöttek létre (MÁRTON E. – FODOR L. 2003).

4. A Budai Termálkarszt sajátosságai

4.1 A Budai Termálkarszt karsztosodási fázisai

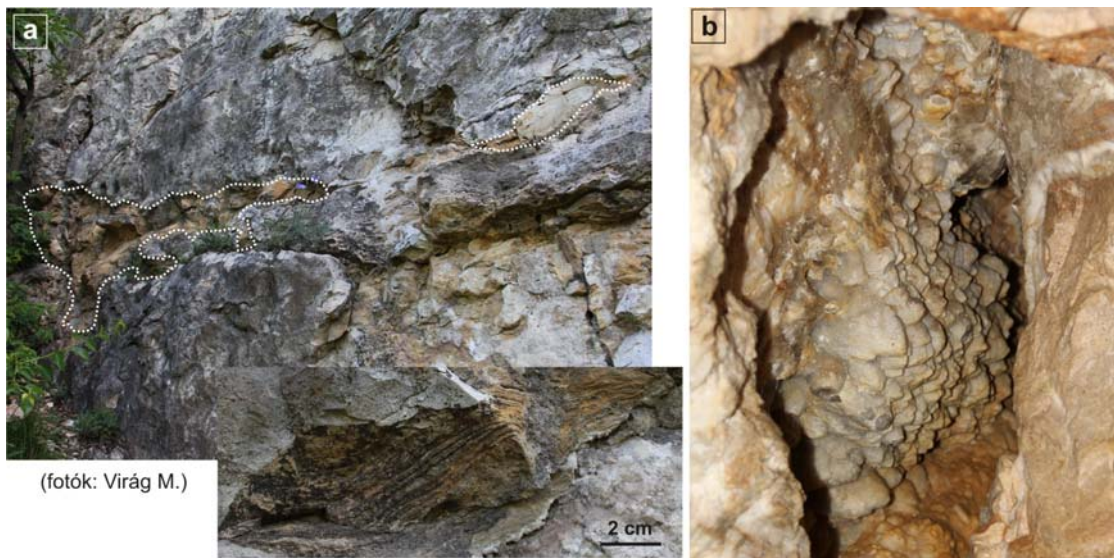
4.1.1 Felső-triász, felső-kréta és felső-eocén paleokarsztok

Ezen időszakokban nem történt a későbbi termálkarsztos barlangképződés szempontjából jelentős karsztosodás, azonban – mivel e jelenségek egyes barlangokon belül is észlelhetők (pl. KRAUS S. 1988), – a teljesség kedvéért igénye miatt rövid említést teszünk róluk is. E paleokarsztos jelenségeket részletesen NÁDOR A. (1991) vizsgálta.

A felső-triász Dachsteini Mészke keletkezése idején a sekélytengeri üledékképződést időnként megszakító szárazulati periódusok nyomait a rövid időre szárazra került, a kőzetté váláson még át nem esett mészszipalagalemezeinek felcserepedése, a szin-diagenetikus breccsák és a rétegzés menti vörös agyagok őrzik.

A késő-kréta és késő-eocén közt feltételezett szárazulati időszak (ld. korábban) során az erózió következtében felszínre kerülő triász mészkő és dolomit karsztosodott. A felszíni karsztos formákat (töbröket) és barlangokat szárazföldi üledékek (pl. bauxitos agyagok, ld. korábban), illetve a késő-eocén transzgresszió tengeri üledékei töltik ki. Ilyen bauxitos vörösayagok például az Apáthy-szikla üregeiben is megfigyelhetők.

A felső-eocén sekélytengeri Szépvölgyi Mészke a képződése idején rövid időtartamú, negyed-, ötödrendű euszatikus tengerszintváltozások következtében felszínre került és karsztosodott. E gyenge litifikáción átesett mészkőben a korai, ún. „karibi típusú” karsztosodásra jellemző jelenségek figyelhetők meg (vö. JAMES, N.P.– CHOQUETTE, P.W. 1988, NÁDOR A. 1991). Az édesvízlencse megjelenése következtében, a rétegződéssel és a karsztvízszinttel párhuzamosan (a karsztvízszintnek megfelelően a vadózus és freatikus zóna határán, illetve a meteorikus freatikus és tengeri freatikus zóna határán), keveredési korrózió hatására elnyúlt üregek oldódtak ki, amelyek szinte azonnal kitöltődtek a kőzet oldási maradékával és a beszűrődő mészszipalaggal s így laminált üledékrétegeket hoztak létre. Az üregek falán közvetlenül cementfázis, vagyis kalcitkristályok nem láthatók, ami GYŐRI et al. (2011) szerint a képződést követő gyors kitöltődésre enged következtetni. NÁDOR A. (1991) és KÖRÖSI L. (1998) mellett ilyen felső-eocén üledékkel kitöltött paleokarsztos üregeket GYŐRI et al. (2011) is vizsgált diagenesztörténeti szempontból a Fenyőgyöngye és a Mátyás-hegy DK-i kőfejtőkben (5a ábra).



5. ábra. (a) Paleokarsztos üregek a mészkőben és laminált paleokarsztos üregkitöltés (Fenyőgyöngye kőfejtő)
 (b) Üreget bélelő miocén hidrotermás kalcit a Szemlő-hegyi-barlangban

4.1.2 Miocén hidrotermás esemény

KOVÁCS J. és MÜLLER P. (1980) elméleti megfontolások alapján a Budai Termálkarsztra kétfázisú barlangképződési modellt állított fel. Az I. fázisba a kalcit-barit telérek és kovás zónák kialakulását, valamint egyes barlangüregek magas CO₂ tartalom hatására történő oldódását és oldásformák (örvényüstök, gömbfülke-sorozatok) keletkezését helyezték. Úgy gondolták, hogy a karsztosodó kőzetet ekkor még mintegy 1000 m vastagságban agyagos oligocén rétegek fedték, a vízáramlás „zárt cellás” (feszített tükrű) volt, és a meleg víz eredetét utóvulkáni hatással magyarázták. Területileg elkülönült hatótényezőket állapítanak meg: Budaörsről a Gellért-hegyig a Budaörs környékén feltételezett andezit anyagú szubvulkáni testet, a Szabadság-hegytől az Ezüst-hegyig pedig a Dunazug-hegység miocén korú andezit vulkánosságát tartják felelősnek. Ezeket a szerintük az első fázisban képződött, kisebb üregeket és repedéseket, hasadékokat kitöltő ásványokat (kalcit, barit, szulfidok) és kovás elváltozásokat a későbbi barlangképződési fázisok sok helyen feltárják (5b ábra).

A repedéskitöltő hidrotermás ásványok és a kovás telérek keletkezését a témával foglalkozó korábbi irodalmak (pl. SCHRÉTER Z. 1912, SCHAFARZIK F. 1921, SCHERF E. 1922) is szinte kivétel nélkül a Visegrádi-hegység vagy a Velencei-hegység vulkáni tevékenységéhez kapcsolódó utóvulkáni hatás eredményének tekintették, és a részben őket hivatkozó későbbi munkák (pl. KRAUS S. 1982, TAKÁCSNÉ BOLNER K.– KRAUS S. 1989, TAKÁCSNÉ BOLNER K. 1989, 2005a,b, 2011, NÁDOR A. 1991, SÁSDI L. 1993, LEÉL-ŐSSY SZ. 1995, 1997, 2005, 2014, NAGY S. 2008, stb.) is magyarázatként elfogadták. Ez részben GATTER I. (1984)

fluidzárvány vizsgálatainak is köszönhető, aki a Pál-völgyi-barlangból származó kalcitokon történt mérései alapján a kiválás kezdetén a víz hőmérsékletét 130-165°C-osnak, a Ferenc-hegyi-barlangból származó baritok alapján pedig 210-240 °C-osnak becsülte (in SÁSDI L. 1993). E mérések helyességét módszertani okokból a későbbi szerzők (pl. POROS ZS. 2011, POROS et al. 2012, GYÖRI et al. 2011) megkérdőjelezték. Ugyancsak cáfolták a magas hőmérsékletű, hidrotermás fluidumok létét DUBLYANSKY, Y.V. (1991, 1995) elemzése, melyek lényegesen kisebb hőmérsékleteket adtak: kalcit 41-72°C, barit <50°C. Ez utóbbit BENKOVICS et al. (1999) eredményei is alátámasztották: a Ferenc-hegyi-barlang baritjai 50-60 °C-nál nem magasabb hőmérsékleten, meteorikus oldatokból válhattak ki. NAGY S. (2008) eredményei kissé ellentmondóak: ő a Ferenc-hegyi-barlangból származó kalcitokra „periodikusan” változó 60-130 °C, ill. 46-130 °C és 170-190 °C értékeket kapott, a barit zárványaiban 60-130 °C-os homogenizációs hőmérsékleteket mért. A Pál-völgyi-barlang kalcitkristályain elsőként FORD, D. és TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1991) végzett stabilizotóp-vizsgálatokat: ennek alapján ők zárt rendszerben zajló, lassú vízáramlást feltételeztek. A repedéseket kitöltő ásványtársulásokat (kalcit, barit, pirit, fluorit, kvarc, „limonit”, cinnabarit, metacinnabarit, aragonit, stb.) az elmúlt 100 évben a témával foglalkozó kutatók különböző paragenetikai sorrendekbe állították és többféle képződési fázisba sorolták (pl. SCHRÉTER Z. 1912, SCHAFARZIK F. 1921, SCHERF E. 1922, NÁDOR A. 1991, SÁSDI L. 1993, NAGY S. 2008).

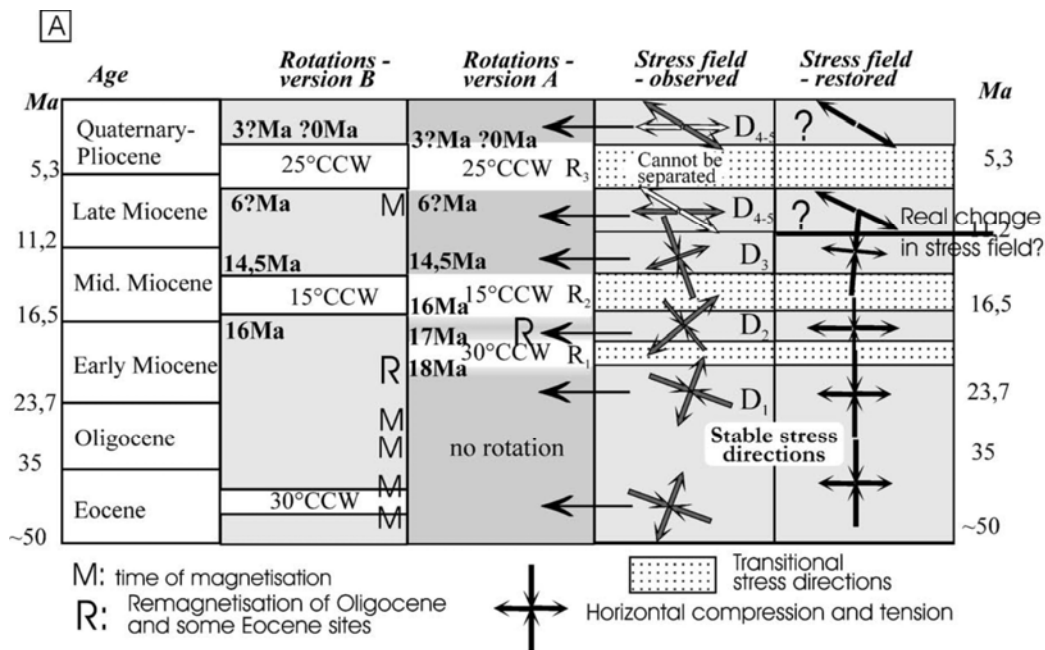
A **miocén hidrotermás telérek** és genetikájuk körül kialakult ellentmondásokat POROS ZS. (2011), POROS et al. (2012) és GYÖRI et al. (2011) vizsgálatai tisztázták. Fluidzárvány, stabilizotóp geokémiai, nyomelem, szerves geokémiai, petrográfiai és egyéb műszeres anyagvizsgálattal (pl. SEM, XRD), valamint pontos terepi felméréssel pontosították és részben felülírták a terület fejlődésére vonatkozó korábbi elképzeléseket. A kőfejtőkben feltárt repedéskitöltő ásványtelérek vizsgálatával főként különböző generációkba sorolható kalcitos-baritos-szulfidos (később goethitté oxidálódott, „limonitosodott”) teléreket különítették el, és helyenként fluoritot is találtak. A kiválási sor kezdetén keletkezett szulfidot általában piritként, ritkábban markazitként azonosították, a változatos kristálymorfológiával jellemezhető, termálvízből keletkezett kalcit előfordulását a Budai-hegységben általánosnak tekintik. A barit megfigyeléseik alapján két jól elkülöníthető fázisban is megjelenik: a mm-es apró, víztiszta kristályok előfordulása inkább a déli területekre jellemző (Budaörs és környéke), és a cm-es méretű táblás, sárga barit kristályoktól jól elkülöníthető. Az ásványtelérekben fluoritot (Kis-Svábhegy és Gellért-hegy K-i pereme) és cinnabaritot (Róka-hegy) is azonosítottak.

A telérekből származó kalcitminták fluidzárvány vizsgálat-eredményei és oxigénizotóp értékei, valamint azok ingadozása egyértelműen igazolják, hogy a magas hőmérsékletű, hidrotermás oldatok hőmérséklete az ásványkiválás során változott. A kalcit mellett található szulfidok (pirit vagy markazit) és szulfátok (barit) jelenléte azt mutatja, hogy a jelentős kéntartalommal rendelkező hidrotermás fluidumok összetétele és oxidációs állapota, illetve pH-ja is időben változott: a markazitot követő pirit véleményük szerint az oldatok lúgosabbá válását mutatja, ami a karbonátos kőzetekkel való kölcsönhatás eredménye lehet. Mivel a szulfidok általában a kalcit előtt, a barit pedig ezt követően vált ki, a fluidumok oxidatívabbá válása is igazolható. Ez utóbbi folyamatot szerintük a szulfidok goethitté, hematittá oxidálódása is jelzi. A kén eredetét két forrásból feltételezik: (1) az oligocén képződmények finom eloszlású pirittartalmának (FeS_2) bomlása, és/vagy (2) a csatlakozó üledékes medence (Pesti-síkság) területe irányából feláramló szénhidrogén-tartalmú oldatokkal való keveredés (H_2S). Győri O. (GYŐRI et al. 2011) a Mátyás-hegy DK-i kőfejtőben található „kovás” elváltozást kénsavas oldás eredményének tekinti (ld. még később 4.1.3 fejezet), és idejét feltételesen a pliocénre teszi.

Az általuk vizsgált területeken mindenütt azonosítottak egy 5 mm – 1,5 m között változó vastagságú, ÉÉNy–DDK-i fő csapásiránnyal jellemezhető kalcittelér-generációt, amely átvágja mind a felső-eocén – alsó-oligocén mészkövet és márgát, mind pedig a felső-triász Dachsteini Mészkövet is. Az ásványtelérek a területen tenziós repedéseket töltenek ki és átvágják a paleokarsztos üregeket is, vagyis azoknál fiatalabbnak bizonyulnak (GYŐRI et al. 2011). A kalcittelérek jellege, csapásiránya és a kapcsolódó ásványegyüttesek a hegység egész területén nagymértékű hasonlóságot mutatnak, ami alapján azt gondolják, hogy a teléreket azonos, az egész Budai-hegység területén regionálisnak tekinthető hidrotermás fluidumáramlási esemény hozhatta létre.

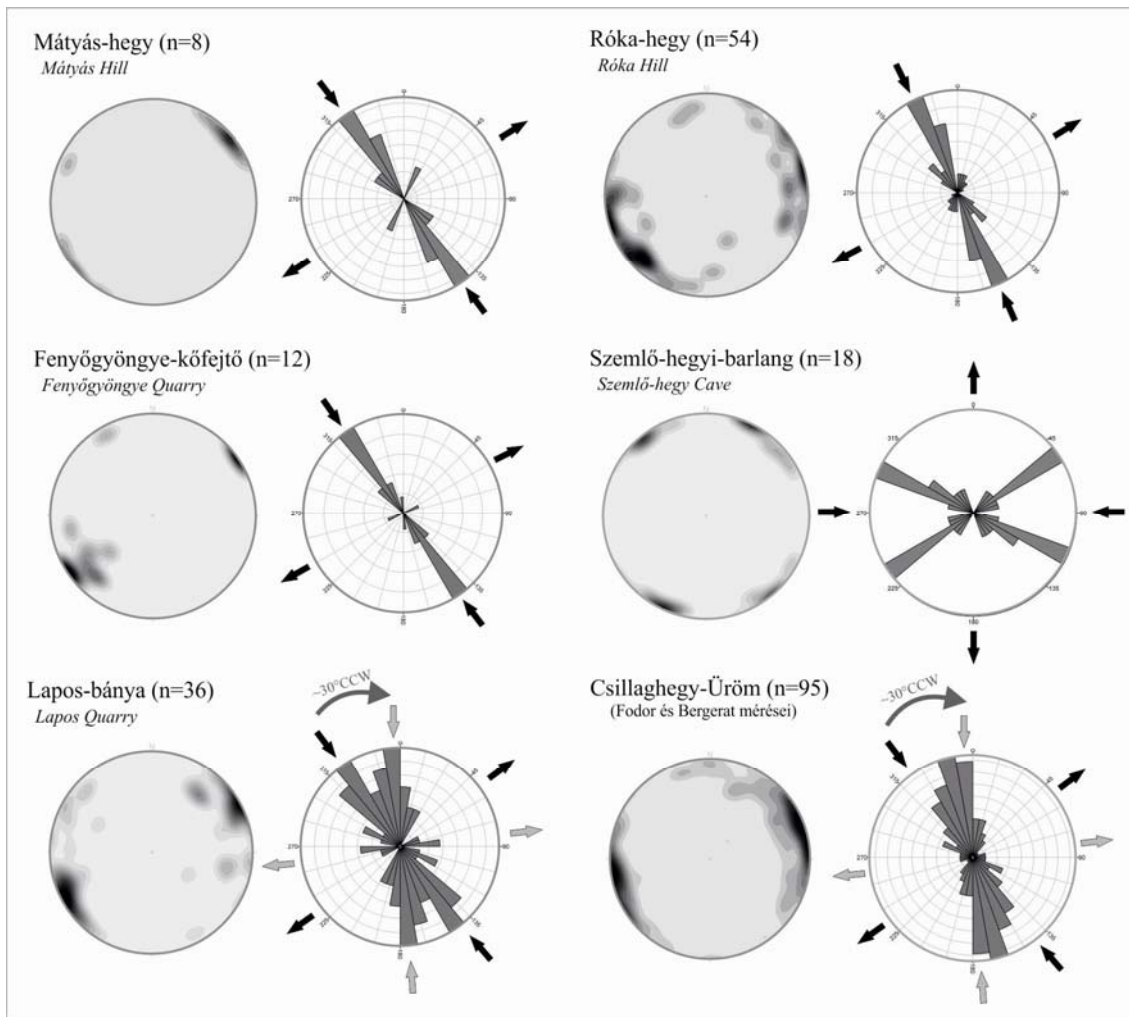
Munkájukban az egységesen ÉÉNy–DDK-i csapásirányú ásványteléreket azonos feszültségmezőbe tartozónak értelmezik, és MÁRTON E. és FODOR L. (2003) paleofeszültségtér-rekonstrukciója alapján (6. ábra) korukat 17–15 millió évvel ezelőttinek (kora-miocén vége – középső-miocén eleje, kárpáti – középső-bádeni) feltételezik. E tenziós törések mellett megfigyeltek egy KDK–NyÉNy-i irányú nyírásos törésgenerációt is (az ehhez tartozó törések a húzásos eredetű repedések felnyílásakor jobbos kinematikával reaktiválódhattak); ezek korát irányuk alapján 14–11 millió év közöttinek (késő-bádeni – szarmata), vagy még ennél is fiatalabbnak (késő-miocén) feltételezik (7. ábra). A Laposbányában mért törések bimodális csapásértékeket mutatnak: ÉÉNy–DDK és É-D: itt az utóbbiak a fiatalabbak. Ez a feszültségtengely 30° -os csapásváltozást jelent, és idézett szerzők szerint a MÁRTON E. és FODOR L. (2003) által paleomágneseles vizsgálatokkal is

kimutatott bádeni forgással függhet össze. A Szemlő-hegyi-barlang teléreinek csapásiránya NyÉNy-KDK és KÉK-NyDNy, ami BENKOVICS et al. (1999) szerint eltolódásos feszültségtér eredménye (ld. még később 4.2 fejezet). A törések tehát a miocén idején jöttek létre, és ezt követően a hidrotermás fluidumoknak köszönhetően, azok eltérő kemizmusa és redox állapota szerint különböző ásványokkal töltődtek ki.



6. ábra. MÁRTON E. és FODOR L. (2003) paleofeszültségtér-rekonstrukciója

A terület fejlődéstörténeti rekonstrukciója szempontjából fontosak a fluidzárvány vizsgálatok tanulságai. Poros Zs. (POROS Zs. 2011, POROS et al. 2012) egyes minták zárványaiban a vizen kívül jelentős mennyiségű CO₂-ot és kevés CH₄-t, valamint egyéb szénhidrogéneket is kimutatott, mely alapján a minimum keletkezési hőmérséklet helyett csapdázódási hőmérsékletet mért, és a csapdázódás idején fennálló nyomást és betemetődési mélységet tudta számolni. Ez alapján a kalcit kiválása idején 80 °C képződési hőmérsékletet, 85 bar nyomást és 800 m vastag üledéktakaróval fedett („lefojtott”, vö. Kovács-Müller féle I. fázis) környezetet állapított meg. A fluidzárványok alacsony sótartalma alapján feltételezi, hogy a medence eredetű oldatok nagy mennyiségű regionális meteorikus fluidummal keveredtek. A szerves anyag gázkromatográfiás vizsgálata alapján a szénhidrogének forrásának a Tardi Agyagot tartja.



7. ábra. Kalcittelérek dőlés- és csapásiránya pólussűrűség szerint és rózsadiagramon ábrázolva (in GYŐRI et al. 2011)

Vizsgálatai alapján a Pesti-síkság, mint üledékes medence irányából migráltak a szénhidrogént, metánt, CO₂-ot és H₂S-t (és különböző nyomelemeket, pl. báriumot) is tartalmazó, medence eredetű fluidumok, melyek a Budai-hegység törései mentén haladtak felfelé. Ezek a gázok véleménye szerint nemcsak a miocénben, hanem később (a pannon-pleisztocén idején is) hozzájárulhattak a felszín alatti vizek agresszivitásához és az üregképződéshez (ld. még 4.1.3 fejezet).

A Budai Termálkarszt esetében a kőzetek repedéseit kitöltő hidrotermás fluidumok környezetüknél anomálishan magasabb hőmérsékletéért (60-80 °C) a miocén idején felnyíló Pannon-medence jelentősen kivékonyodott kérgéhez köthető megemelkedett hőfluxus a felelős, nem pedig a korábban feltételezett utóvulkáni hatás (POROS ZS. 2011, POROS et al. 2012).

Láthatjuk tehát, hogy a tektonika által kialakított repedéseknek, töréseknek a hidrotermás esemény során lezajlott, kezdetben a Pannon-medence tágulásából és az aljzat süllyedéséből eredő kompakció, majd (az inverziót követően) a kiemelkedés és tektonika által vezérelt kompresszió miatti medence eredetű fluidumáramlás szempontjából kiemelkedő jelentősége volt. Az eocén kőzetek sztilolitos réteglapjai mentén megfigyelhető fekete szerves anyag (bitumen) bevonat pedig a réteglapok mentén is zajló szénhidrogén-tartalmú fluidum-migrációt jelzi (POROS et al. 2012).

A Poros Zs. (POROS et al. 2009) által MVT (Mississippi Valley típusú) indikációként azonosított miocén repedéskitöltő kiválásokat a későbbi pliocén-pleisztocén barlangképződési folyamatok feltárták, mivel később főként ugyanezen repedések mentén zajlott a barlangok kioldódása is (POROS Zs. 2011, POROS et al. 2012).

A sajátalakú kristályok morfológiája és mérete is jelzi, hogy e repedéskitöltő ásványok képződése a freatikus zónában hosszú ideig tartó, többé-kevésbé állandó fizikai-kémiai (pl. hőmérséklet, nyomás, ionkoncentráció) viszonyokkal jellemezhető, adott ionokra nézve túltelített oldatokból történt (vö. HILL, C.A. – FORTI, P. 1997, PALMER, A. 2007), aminek kedvezett, hogy a miocén idején ez a képződési környezet nagy mélységben, hosszú időn át szinte változatlan paraméterekkel állt fent. A barlangjáratokban a hasadékok csapásiránya mentén vagy arra merőlegesen, illetve azzal szöveget bezárva, továbbá kisebb oldási üregek formájában is megfigyelhetők e miocén hidrotermás esemény nyomai.

4.1.3 Pliocén-pleisztocén termálkarsztos fázis

A miocén hidrotermás ásványtelérekhez hasonlóan a jelenleg már kiemelt helyzetben lévő, a (pliocén)- pleisztocén idején a freatikus zónában létrejött, ma már inaktív rózsadombi termálkarsztos barlangok keletkezése a korábbi tektonikus mozgások következtében kialakult törések, repedések mentén zajlott (ld. még később). A jelenleg vízszint alatti, freatikus zónában aktívan oldódó hipogén barlangok (pl. Molnár János-barlang) még most is a termálkarsztos fázisban vannak.

A rózsadombi barlangok kialakulásáról az elmúlt több mint száz év alatt sokféle elképzelés született, melyek a barlangfeltárások gyarapodásával és a barlangok megismerésével, valamint a tudomány fejlődésével együtt változtak. Ezeket egy hamarosan megjelenő cikkemben részletesen ismertetem (VIRÁG M. 2014). E fejezetben főként a Budai Termálkarszt és azon belül elsősorban a rózsadombi barlangok fejlődésére vonatkozó jelenlegi elképzeléseket és a lehetséges képződési folyamatokat mutatom be.

A kiemelt helyzetű rózsadombi barlangok képződését kezdetben a „klasszikus hidegvizes” (mai kifejezéssel epigén, ld. később) karsztfejlődés folyamataival magyarázták (pl.

CHOLNOKY J. 1925, SCHAFARZIK F. – VENDL A. 1929). PÁVAI-VAJNA FERENC (1930) már bizonyos üregek – így például a Gellért-hegy üregei vagy a Pál-völgyi-barlang – és a bennük található gömbszerű oldásformák létrejöttét a hasadékok mentén „mélyből feltörő forró oldatok és ezekkel együtt felszálló gőzök és gázok” oldó hatásával magyarázta. Kessler Hubert a Szemlő-hegyi- és a Ferenc-hegyi-barlang felfedezését követően, azok jellegzetes morfológiája, oldásformái és ásványkiválásai alapján már egyértelműen a Duna partján fakadó, repedések mentén feltörő, magas CO₂-tartalmú meleg vizekkel hozta összefüggésbe, és a barlangokat is tisztán hévizes eredetűnek tekintette (KESSLER H. 1931, 1934, 1936). A termálvizek barlangképző hatását ezt követően már például JAKUCS LÁSZLÓ (1948) és LEÉL-ŐSSY SÁNDOR (1957) is kiemelte munkájában.

A budai barlangokban észlelt folyamatok megértésében fontos mérföldkönek számított a **keveredési korrózió** jelentőségének felismerése. A jelenséget Bunyejev (1932 in BÖGLI 1978), majd LAPTYEV, F.F. (1939) ismerte fel és alkalmazta először épített környezetben. A karsztbarlangok oldódásának magyarázatára Alfred Bögli terjesztette ki (BÖGLI 1964, 1965, 1971, 1978). A keveredési korróziós üregoldódás vizsgálatával és magyarázatával ezt követően számos kutató foglalkozott (például RUNNELS, D.D. 1969, PLUMMER, L.N. 1975, BAKALOWICZ et al. 1987, DUBLYANSKY, Y.V. 1995, KLIMCHOUK et al. 2000, FORD, D. – WILLIAMS, P.W. 1989, 2007; PALMER, A. 2007 stb.). Hazai körökben kvantitatív, kémiai vizsgálataira alapozva, ERNST LAJOS (1965), majd geomorfológiai megközelítésben BALÁZS DÉNES (1965, 1966) alkalmazták először. A későbbiekben az elmélet a hévizes barlangokkal foglalkozó kutatók körében általánosan elfogadottá vált, és minden munka főként ezzel magyarázta a budai barlangok képződését (MÜLLER P. 1971, 1974, 1983; KOVÁCS J. – MÜLLER P. 1980, KRAUS S. 1982, TAKÁCSNÉ BOLNER K.– KRAUS S. 1989, TAKÁCSNÉ BOLNER K. 1989, 2005a, 2011; NÁDOR A. 1991, VERESS et al. 1992, LEÉL-ŐSSY SZ. 1995, 1997, 2005; LEÉL-ŐSSY SZ. – SURÁNYI G. 2003, stb). A folyamat lényege, hogy az eltérő oldott anyag- és gáz (CO₂) tartalmú és hőmérsékletű (telített) oldatok keveredésekor a létrejövő (telítetlenné váló) oldat akkor is agresszív, oldóképes lehet a karbonátos kőzetre nézve, ha a kiinduló oldatok a CaCO₃-ra már külön-külön telítettek voltak. Ez az oldóképeség addig áll fenn, amíg a keverék is el nem éri az egyensúlyi állapotot (a telítési görbét). Az eltérő koncentrációban a CO₂ parciális nyomásának van a legfontosabb szerepe. KOVÁCS J. és MÜLLER P. (1980) **kétfázisú barlangképződési modelljében** a fő barlangképződés (II. fázis) az agyagtakaró pliocén-pleisztocénben megindult lepusztulását követően történhetett. Ezt nevezték „nyílt cellás” fázisnak (a „zárt cellás” fázist ld. fent 4.1.2 fejezet). A Kovács-Müller féle elmélet szerint a nyílt karsztos háttérterületeken beszívárgott csapadékvíz a repedéseken keresztül a mélybe jut, ahol a „kivékonyodott kérgű, süllyedő

medencében felmelegszik”, és a márgás kőzetek „metamorfózisából” származó CO₂-ban dúsul. A törések mentén feláramló meleg víz a forráskilépési pontok közelében keveredik a kisebb mélységből származó langyos vizekkel valamint a felszínről beszivárgó hideg vízzel, és a folyamat során vízszintes nagy barlangjáratokat és függőleges gömbfülkesorokat, örvényfolyosókat alakít ki. A forráson kilépő vízből a CO₂ eltávozik, oldott anyaga pedig édesvízi mészkő formájában kiválik. Véleményük szerint a barlangokban általában a nyílt (ld. korábban) és a zárt cellás fázis nyomai is megtalálhatók.

A Budai Termálkarszton a mélyből a törések mentén feláramló eltérő hőmérsékletű és oldott anyag tartalmú meleg és a felszíni eredetű, szintén törések mentén érkező hideg karsztvizek keveredése a szerkezetileg igénybevett zónákhoz kötött forrásrégiókban történik, így ennek köszönhető a tektonikusan preformált hévizes barlangok kialakulása (ld. TAKÁCSNÉ BOLNER K.– KRAUS S. 1989). Az üregképződés eszerint a karsztvízszint közelében és a forráskilépési pontok közelében lehetett a legintenzívebb.

A mélyből feláramló, a keveredési korrózióban fontos szerepet betöltő meleg víz oldott CO₂-tartalmának becslésére MÜLLER PÁL (1971) számításokat végzett, amelyek eredményeként megállapította, hogy a mélységi vizek CO₂-tartalma önmagában is elegendő lehet az üregképződéshez. Ezt a Pannon-medence süllyedő aljzatában nagy mélységbe került, karbonátos és agyagos kőzetek (márgák) „metamorfózisából” származtatta, anyagvizsgálatokkal azonban nem tudta igazolni. Később MÜLLER P. (1974) a keveredési korróziós barlangképződéssel kapcsolatban a vizek különböző oldottanyag-tartalma mellett azok eltérő hőmérsékletére is felhívta a figyelmet. Az oldatok keveredése az ő véleménye szerint (is) a Budai Termálkarszton még a forráskilépési pontok előtt lejátszódik, így jönnek létre a forrásbarlangok.

A nemzetközi összefoglaló munkák a budai barlangokat már tipikus hipogén (hidrotermás, termálkarsztos) barlangokként tárgyalják (például FORD, D. – WILLIAMS, P.W. 2007, DUBLYANSKY, Y.V. 1995, KLIMCHOUK, A. 2007, PALMER, A. 2007). DUBLYANSKY, Y.V. (2000), FORD, D. és WILLIAMS, P.W. (2007) és munkájuk nyomán KLIMCHOUK, A. (2007) néhány magyarországi barlang esetében – kizárólagosan (Bátori-barlang, Sátorköpusztai-barlang) vagy a szénsavas oldódással vegyesen (József-hegyi-barlang: CO₂ és H₂S) – lehetségesnek tartja a kénsavas barlangképződés folyamatát is. A világon ismert kénsavas barlangok keletkezésére vonatkozó elméletekről hazánkban először TAKÁCSNÉ BOLNER KATALIN (2002) adott áttekintést, felvetve néhány hazai barlang kénsavas oldódásának lehetőségét is. Ezek közé sorolta a József-hegyi-barlangot is, ahol a tömegesen megjelenő gipszkiválások (a híres Lechuguilla-barlang képződményeihez hasonlóan) esetleg a kénsavas barlangképződés velejárói lehetnek.

Néhány munka (pl. PALMER, A. 2007, LEÉL-ŐSSY SZ. 2014, NÁDOR A. 1991) a rózsadombi barlangok esetében a feláramló termásvíz hűlése hatására bekövetkező oldóhatást is feltételezi, mivel a hideg víz több CO₂-t tud oldatban tartani, mint a meleg víz (vö. kalcit retrográd oldódása). Azonban azt is hangsúlyozzák, hogy mindez zárt rendszerben hatékony, mivel nyílt rendszerben a nyomás csökkenésével a CO₂ eltávozik, és a karbonátoldódást kicsapódás váltja fel. Amíg a nyomás csökkenésével felszabaduló CO₂ még nem távozik el a rendszerből, a karbonátos kőzetek a vizes közegben oldódnak, és ekkor jöhetnek létre a termálkarsztos barlangokra jellemző oldásformák. A freatikus zónában, a karsztvízszint közelében keletkezhetnek a gázbuborékoknak köszönhetően például a gömbüstök (KISS A. – TAKÁCSNÉ BOLNER K. 1987, TAKÁCSNÉ BOLNER K. 1989), és feltehetően a vadózus zónában a megnövekedett CO₂-tartalom következtében a legtöbbször hasadékokat lezáró, kondenzvíz korrózióval kioldódott gömbfülkék (MÜLLER P. 1974, SZUNYOGH G. 1982, 1984).

Már MOLNÁR JÁNOS (1869) is észlelte, hogy a Rózsadomb és a Gellért-hegy lábánál fakadó termálforrások vizéből a felszínen CO₂ és H₂S távozik el (vö. Iszaptó-forrás, illetve a Császárs és a Király fürdő kénhidrogén-szagú vize és kéntartalmú kiválásai). A H₂S oxidációja során kénsav képződik és CO₂ szabadul fel, ami az oldó hatást tovább fokozza (in FORD, D.– WILLIAMS, P.W. 2007, PALMER, A. 2007). POROS et al. (2012) korábban említett szénhidrogén-tartalmú fluidzárvány-vizsgálat eredményei, repedéskitöltő ásvány-vizsgálatai és a recens analógiák alapján feltételezi, hogy a budai barlangok képződésében a Pesti-síkság alatti rétegekben található szerves anyagok szénhidrogénné éréséhez kötötten, a medence eredetű fluidumoknak köszönhetően, a mélyből feláramló termálvizekkel érkező agresszív gázok: a CO₂, CH₄ (CO₂-vá oxidálódva) és a H₂S vizes közegben történő oxidációja és ezáltal a kénsavas oldódás is szerepet játszhatott (a keveredési korrózió jelensége mellett).

KLIMCHOUK, A. (2007) nyomán a kontinentális karsztos területeket újabban a Tóth József-féle felszín alatti vízáramlási rendszerben (TÓTH J. 1999) elfoglalt helyük alapján csoportosítják, és epigén és hipogén karsztos rendszerekbe sorolják (8. ábra). A hipogén karsztosodási folyamatok és a felszín alatti vízáramlási rendszerek összefüggéseit elsőként GOLDSCHIEDER et al. (2010) tárgyalta áttekintő cikkében. Az **epigén karsztos** oldódási folyamatok az intermedier és regionális áramlási pályák beszivárgási zónáinál, vagy a lokális áramlási pályák mentén haladó és viszonylag rövid felszín alatti tartózkodást követően megcsapolódó, jellemzően alacsony hőmérsékletű és kis oldott anyag tartalmú karsztforrásokban tapasztalhatók.

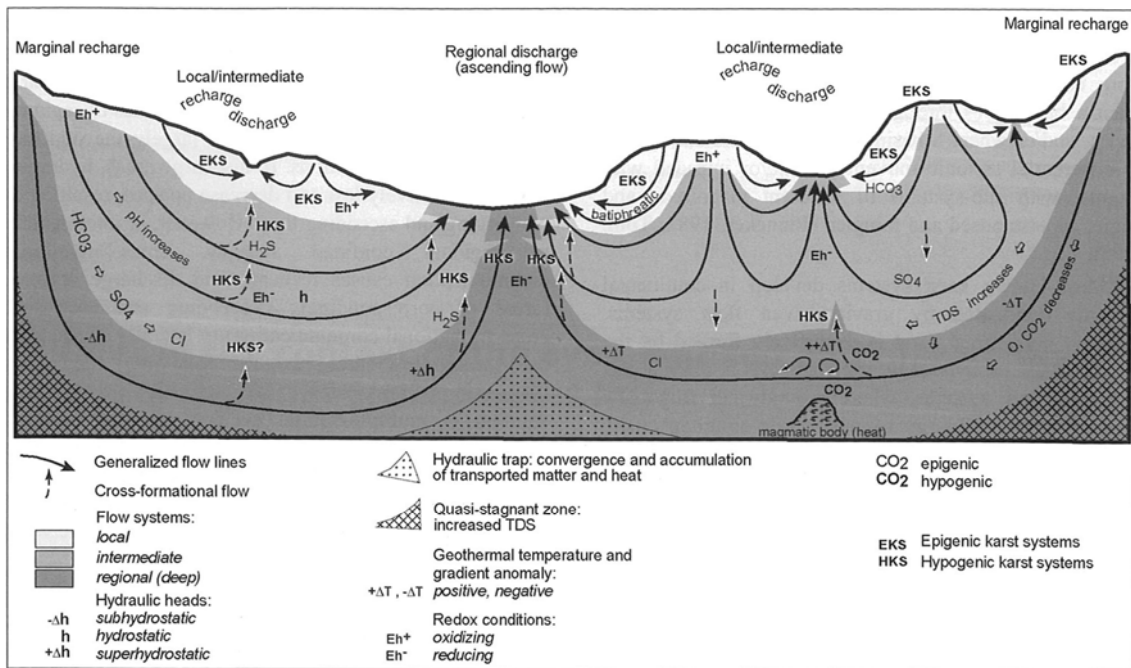


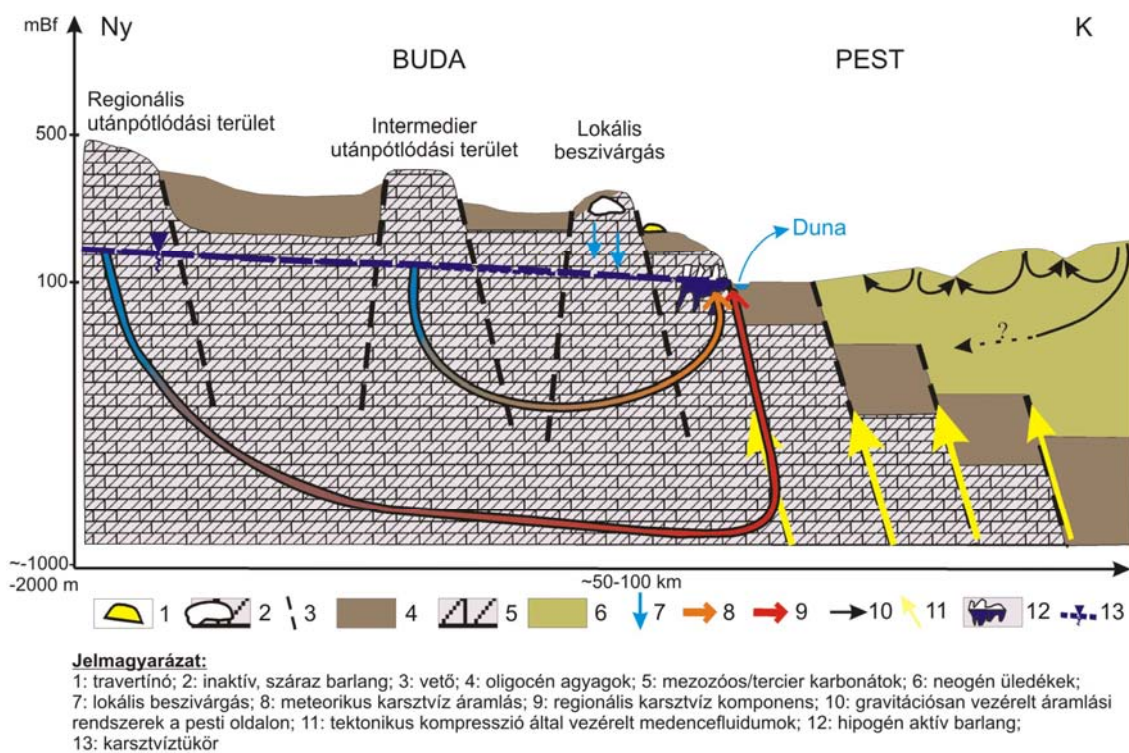
Figure 1. Epigenic and hypogenic karst in the context of basinal groundwater flow. Adopted and modified from Tóth (1999). The figure shows mainly gravity-driven flow in an idealized homogenous basin. In reality, most sedimentary sequences are highly heterogeneous, and gravity-driven flow interacts with other flow mechanisms.

8. ábra. Epigén és hipogén karsztos folyamatok áramlási rendszeren belüli helyzete
(in Klimchouk, A. 2007, Tóth J. 1999 után módosítva)

Ezzel ellentétben a **hipogén karsztbarlangok** kialakulását a regionális vagy intermedier áramlási pályák mentén érkező és a regionális kiáramlási területen megcsapolódó meleg (termál-), illetve langyos vizek oldó hatása és a folyamatra jellemző további hipogén jelenségek határozzák meg. Az epigén karsztos rendszerek vizeinek oldóhatása elsősorban a csapadékvízből és a talajlevegőből származó CO₂-nak és a szerves savaknak köszönhető. Ezzel szemben a hipogén savak a felszíntől függetlenül, a mélyben, redukzív viszonyok között keletkeznek, és általában mélységi CO₂ és H₂S formájában vannak jelen. Képződésük általában süllyedő medencék üledékes kőzeteinek diagenéziséhez, szénhidrogének (kerogének) éréséhez, magmás vagy metamorf folyamatokhoz kapcsolódik. Fontos eltérés a felszín közelében, adott mélységig lejátszódó epigén folyamatoktól, hogy az utóbbiak oldó hatása nagy mélységben is kisebb-nagyobb üregek létrehozását idézi elő a karbonátos kőzetekben, ahol a feltételek ezt lehetővé teszik (vö. PALMER, A. 2007, FORD, D.– WILLIAMS, P.W. 2007, HILL, C..A. 1987, 1990, 1995, GOLDSCHIEDER et al. 2010).

Az epigén hidegvizes, patakos barlangok és karsztforrások járatai, oldásformái és barlangi kiválásai is alapvetően különböznek a hipogén barlangokban tapasztaltaktól. Utóbbiak általános jellegzetessége, hogy a mélyben keletkezett üregek a felszíni topográfiától függetlenek, és labirintusszerű vagy hálózatos, közel egyenrangúnak tekinthető járataik a korábbi törések, repedések irányát követik (tektonikus preformáltság). Az egymást

keresztező törésekből álló 3D-rendszer szerint rendeződő és szeszélyesen változó szelvényméretű (nagy termek – szűk kuszodák) járatok gyakran többszintes barlangrendszerek kialakulásához vezetnek. Jelentős mélységi eredetű CO₂-tartalom esetén speciális oldásos üregformák (gömbfülkék, gömbüstök) jöhetnek létre bennük. Nem jellemző az allogén (a felszínről származó, fluviatilis) üledékkitöltés. A jellegzetes termálkarsztos (hipogén) barlangi (főként karbonátos-szulfátos) ásványkiválások mellett gyakran társul hozzájuk a dolomitporlódás, breccsásodás, illetve a „kovásodás” jelensége is (vö. FORD, D. – WILLIAMS, P.W. 1989, 2007; KLIMCHOUK et al. 2000, PALMER, A. 2007, KLIMCHOUK, A. 2007, NÁDOR A.1991, LEÉL-ŐSSY SZ. 1995, 1997, 2014 és mások).



9. ábra. A Budai Termálkarszt vízáramlási rendszerének új modellje
 (in ERŐSS et al. 2011; KOVÁCS J.–MÜLLER P. 1980 és GOLDSCHIEDER et al. 2010 után módosítva)

A Budai Termálkarszt langyos és meleg vizeinek természetes megcsapolódása jelenleg a kiemelt karbonátos alaphegység (Budai-hegység) és üledékes medence (Pesti-síkság) találkozásánál, regionális kiáramlási területen különböző rendű (gravitációsan vezérelt) áramlási pályák megcsapolódásánál történik (9. ábra). ERŐSS A. (2010), illetve ERŐSS et al. (2012) hidrogeológiai megközelítésű munkájában a radionuklidok, mint természetes nyomjelzők alkalmazásával és modellezéssel bizonyította, hogy a Rózsadomb esetében valóban szerkezeti vonalokhoz kötötten zajlik a felszín alatti víz megcsapolódása. Az

intermedier áramlási pálya mentén érkező, relatíve alacsony oldott anyag tartalmú, – a felszín alatti áramlás során langyossá váló, – meteorikus hideg karsztvíz és a regionális ágon kiáramló – ehhez részben hozzákeveredő medence eredetű komponenseket is tartalmazó – magas oldott anyag tartalmú, meleg termálvizek ezeken a helyeken keverednek. A Gellért-hegy esetében azonban nem mutatott ki keveredést, ami alapján itt kizárólag termálvizek megcsapolódását valószínűsíti, és a keveredési korrózió helyett más barlangképző folyamatokat (jellemzően mikrobák által segített kénsavas oldódást, vö. BORSODI et al. 2012) ismert fel (ld. alább). Jelenleg a Rózsadomb előterében a Dunához (mint regionális kiáramlási területhez) közelebb a regionális áramlási pályán érkező meleg vizek, a Rózsadombhoz közelebb pedig az intermedier pályán érkező langyos vizek megcsapolódása folyik. Mint azt már korábban például. FORD, D.C. és TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1991), NÁDOR A. (1991) és LEÉL-ŐSSY SZ. (1997) is megállapította, a Rózsadombon lokálisan beszivárgó hideg vizek mennyisége és barlangképződésben játszott szerepe alárendelt. Mádlné Szőnyi J., Erőss A. és munkatársaik (pl. ERŐSS et al. 2008, GOLDSCHIEDER et al. 2010, ERŐSS A. 2010, ERŐSS et al. 2011, 2012, MÁDLNÉ SZŐNYI et al. 2013a,b,c stb.) e regionális megcsapolódási terület hidrogeológiai viszonyait és jelenségeit vizsgálják, és az oldódási-kiválási folyamatok megértése kapcsán a hipogén barlangképződésre vonatkozóan is számos új eredményük született.

A legújabb vizsgálatok szerint (BORSODI et al. 2012, ERŐSS A. 2010) elsősorban a Gellért-hegy térségében jelenleg az üregek oldódásában és az ásványkiválásban a kénsavas barlangképződést **mikrobiális tevékenység** is segítheti. Fenti szerzők olyan szulfát-redukáló, szulfid-oxidáló, illetve $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ oxidációval kolloidális ferrihidrit – $Fe(OH)_3$ kiválását előidéző mikrobaközösségeket azonosítottak, amelyeket korábban például ENGEL, A.S. (2007) már mint a kénsavas barlangokra jellemző életközösségeket írt le.

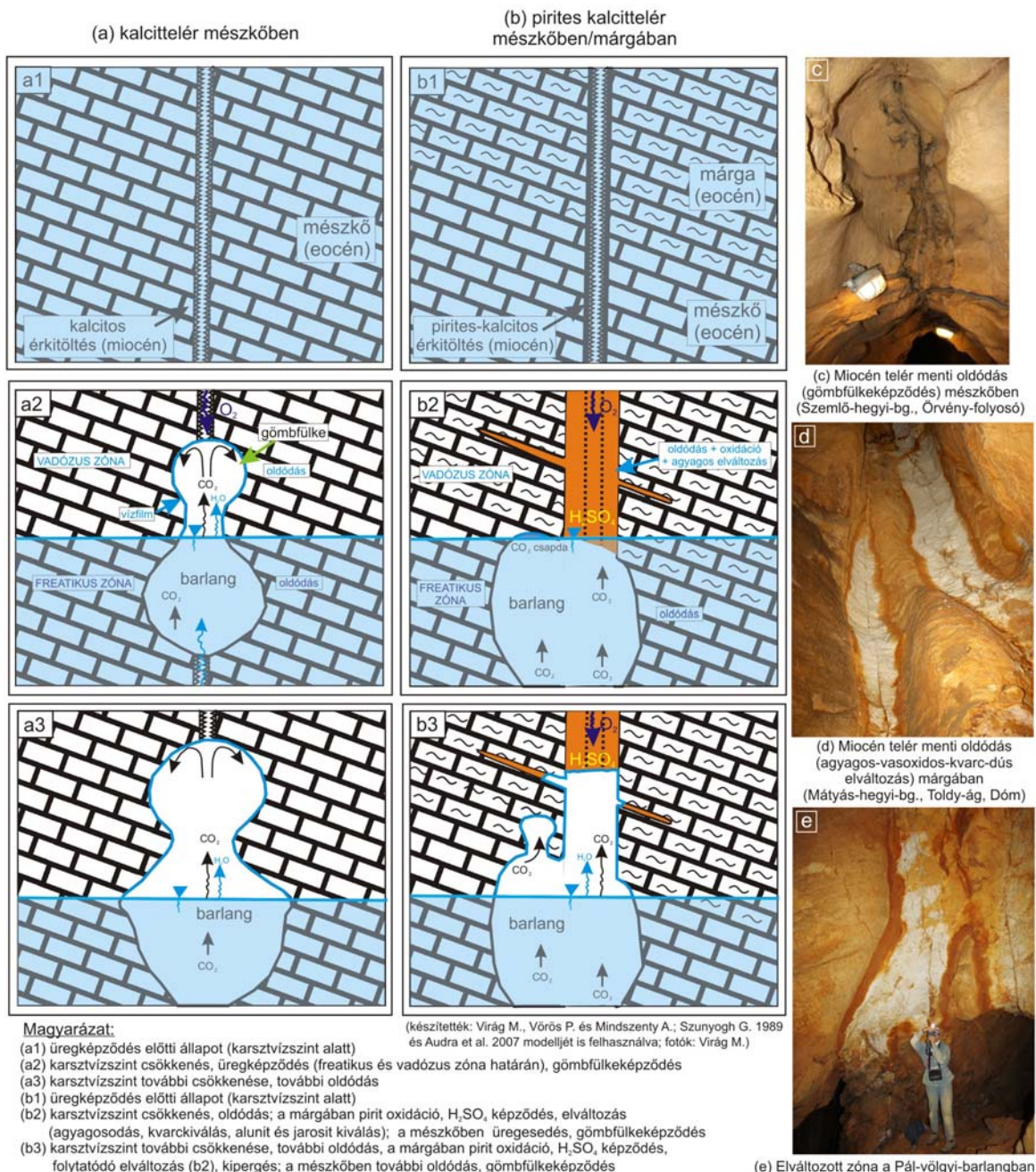
A Budai Termálkarsztos barlangok képződésben (megcsapolódási területenként különböző mértékben) a keveredési korrózió mellett szerepet játszik a mikrobák által befolyásolt, redox folyamatoknak köszönhetően zajló kénsavas barlangképződés, zárt rendszerben folyamatosan hűlő vízben a kalcit retrográd oldódása. Emellett azonban a reduktív, mélységi CO_2 -ot, H_2S -t tartalmazó vizek keveredése az eltérő koncentrációjú, illetve oxidatív vizekkel, e mélységi gázok oxidálódása, a szulfidok (pl. pirit) oxidációja, a dolomit és gipsz oldódása esetén pedig a kalcit kiválása is meghatározó lehet (vö. GOLDSCHIEDER et al. 2010, MÁDLNÉ SZŐNYI et al. 2013c). E hipogén karsztosodási folyamatokat részletesen pl. PALMER, A.N. (2007) és FORD, D. – WILLIAMS, P.W. (2007) összefoglaló munkáiból ismerhetjük meg.

Ha a felszín alatti vízzel érintkező üledékes kőzetekben, illetve ásványtelérekben **pirit** (vagy markazit) van, ezek **vizes közegben történő oxidációja** ugyancsak **kénsavas oldatok** képződéséhez vezethet. A Budai Termálkarszton a miocén pirites ásványtelérek (vagy a nagyobb méretű piritgumók, pirites fészkek), valamint egyes esetekben a Budai Márga, a Tardi Agyag és a Kiscelli Agyag diszperz pirittartalmának oxidációja járulhat hozzá lokálisan a kőzetek kénsavas oldódásához. Legújabb kutatási eredményeink (VÖRÖS P. 2013, VÖRÖS et al. 2013) alapján a **porózus elváltozott zónák** (korábban: kovás telérek) képződése is (a korábban feltételezett utóvulkáni hatással ellentétben) kénsavas fluidumokhoz kötődő oldódási folyamat (*10. ábra*). A márgában a repedéskitöltő pirittartalmú (FeS_2) ásványtelérek vizes közegben lejátszódó oxidációjának hatására felszabaduló kénsav egy meghatározott, 1-2 méter vastag zónában „oldotta”, elváltoztatta a kőzetet. Az erősen savas környezetben a márga karbonát tartalma kioldódott, és helyébe az agyagásványok kénsav hatására történő átalakulásából származó kvarc és kaolinit csapódott ki. A felszabaduló, immár oxidált állapotú vas ionok az erős savnak köszönhetően oldalirányba vándoroltak, majd az oldat „lepufferolódását” követően kiváltak, és goethitté alakultak. Az oldódási-kiválási jelenség eredménye a korábbi telért követő sáv mentén kialakult jellegzetes fehér-vörös elszíneződésű, gyakorlatilag karbonátmentes, ösmaradvány hájak „kovás” nyomait tartalmazó, könnyen morzsolható, porózus elváltozott zóna. A folyamat a hosszan elnyúló barlangképződés későbbi szakaszában történhetett, amikor a barlangjárat már a karsztvízszint közelében (vagy felette) lehetett. A freatikus zóna hátárán a kőzet mikroporozitását kitöltő víz, a vadózus zónában pedig a kapilláris víz oldott oxigén tartalma tudta biztosítani a pirit-oxidáció feltételeit. Ez is egyfajta formája a kénsavas „barlangképződésnek”, melynek kora a folyamat feltételei (pirit oxidációja) alapján a pleisztocén-holocén idejére helyezhető.

A jelenlegi források és kutak vizének hidrogeokémiai vizsgálati eredményeit és hipogén karsztos folyamatait (ERÖSS A. 2010, ERÖSS et al. 2012) a miocén ásványtelérekben végzett vizsgálatok eredményével (POROS ZS. 2011, POROS et al. 2012) összevetve ki lehetett mutatni, hogy a jelenlegihez részben hasonló fluidumáramlás már a kora miocén vége – középső miocén óta működik. Eszerint a repedéskitöltő kalcit-barit-szulfid telérek, a felszín alatti vizek kiáramlási pontján képződő forrásmészkövek (travertínók), valamint a jelenleg ismert hipogén barlangjáratok mind ugyanannak a hosszan tartó folyamatnak az eredményei („karszt-barlang-travertínó kontinuum”: Mindszenty A. in VIRÁG et al. 2013a). A mai barlangok a korábbi törések, és a miocén repedéskitöltő ásványtelérek, illetve azok esetleges újrafelnyílásai mentén oldódtak ki.

KOVÁCS J. és MÜLLER P. (1980) kétfázisú modelljét elfogadva (és részben módosítva), azt mondhatjuk, hogy a miocén ásványtelérek voltaképp az általuk első („eltemetett, lefojtott,

zárt cellás”, fedett karszt) fázisnak nevezett szakaszba sorolhatók, a későbbi („nyílt cellás”, fedetlen karsztos) fázis „termékeiként” pedig a (pliocén)-pleisztocén idején és jelenleg is képződő barlangokat és travertínokat tarthatjuk számon.



10. ábra. Elváltozott zónák képződési modellje és miocén telérek mentén történő oldódás

Amint a miocén végén megindult a hegység emelkedése, a nagy vastagságú, jelentős részben sziliciklasztos képződményekből álló üledékes fedő fokozatosan lepusztult, és – előbb a

távoli közephegységi területeken, később a Budai-hegységben is – feltáródtak a karsztosodásra alkalmas képződmények. Az így megnövekvő beszivárgás eredményeként a medence irányából törések mentén felfelé áramló fluidumokhoz egyre nagyobb mennyiségben keveredhetett a Dunántúli-közephegység felől érkező meteorikus karsztvíz (POROS et al. 2012; vö. SCHAFARZIK F. 1921). Ez a folyamat valószínűleg már akkor megkezdődött, amikor a Budai-hegység területe még fedett volt (vö. „zárt cellás fázis” KOVÁCS J. és MÜLLER P. 1980). Az első források akkor jelenhettek meg, amikor a lepusztulás a Budai-hegységben is elérte a karbonátos kőzeteket, és az addig fedett karszt helyenként nyílt karszttá változott (in VIRÁG et al. 2013a, SCHEUER GY. – SCHWEITZER F. 1988, KELE S. 2009). (Ez az esemény lehetne KOVÁCS J. és MÜLLER P. 1980 „nyílt cellás” fázisának megfelelője).

Amikor a lepusztulás a Budai-hegységben is elérte a karbonátos kőzeteket, és az addig fedett karszt helyenként nyílt karszttá változott, a forrástevékenység minden bizonnyal megélné. A travertínó képződmények tanúsága azt mutatja, hogy a karszt feltáródása nem areálisan, hanem a hegységet átszelő törések mentén kialakuló völgyekhez kötődhetett. KLIMCHOUK, A. (2007) hívta fel a figyelmet rá, hogy a fedett karsztok eróziós feltáródását általában a forrásokból való mészkiválás (travertínóképződés) anomális intenzitás növekedése kíséri. KELE S. (2009) adatai szerint a legidősebb, már valóban forráslerakódásnak minősíthető (a terület fokozatos kiemelkedése következtében különböző tszf. magasságba kerülő) travertínók kora a Budai-hegységben középső-pleisztocén. A mai rendszert hidrogeokémiailag egyértelműen a meteorikus karsztvíz uralja a medence eredetű komponens mennyisége alárendelt. Emiatt a víz hőmérséklete és oldott anyag tartalma már valószínűleg kisebb, mint a kiemelkedés kezdetén lehetett. A források ma a Duna mentén törnek fel. A hozzájuk kapcsolódó forrásbarlangokban megfigyelhetők hipogén oldásformák és kiválások. A travertínó kiválás mértéke a már hosszú ideje nyílt karsztként funkcionáló rendszerben mára jelentéktelenné csökkent (in in VIRÁG et al. 2013a).

4.1.4 Recens hidegvizes hatás – az epigén karsztos folyamatok szerepe

A terület kiemelkedésével együtt járó karsztvízszint csökkenés eredményeként a barlangjáratok a freatikus zónából fokozatosan a vadózus zónába kerülnek, így ezekben a járatokban a hipogén folyamatok helyett egyre inkább a felszínről beszivárgó vizekhez kötődő epigén folyamatok válnak meghatározóvá.

A beszivárgó víz oldóképességét – a CO₂-ot és a szerves savakat – az eddigiektől eltérően a felszín irányából, a talajzónából nyeri. E folyamatnál a karbonátoldódás általában csak a karszt sekély zónájában jellemző, és a mélység felé az oldóhatás a víz telítődése miatt

csökken. A karbonátos kőzettel reakcióba lépő CO₂-os víz annak oldódását eredményezi, a barlangjáratokba érve azonban a nyomás csökkenésének hatására a CO₂ oldatból való távozása karbonát (általában kalcit) kiválását okozza. Érdekes, hogy a kisebb-nagyobb vastagságú kvarter löszös-agyagos lejtőtörmeléken keresztülszivárgó víz magukra a barlangjáratokra nézve már nem fejt ki jelentősebb oldó hatást, a járatok és oldásformák tulajdonképpen a termálkarsztos fázis eredményét mutatják. Az oldásformákkal ellentétben sokkal gyakoribbak a beszivárgó vizekből eltávozó CO₂ eredményeként kiváló, különböző alakú és típusú cseppkövek. A rózsadombi barlangokban – a Pál-völgyi-barlangrendszer egyes szakaszait leszámítva – a cseppkövek megjelenése és mennyisége a termálkarsztos barlangi kiválásokhoz képest viszonylag alárendelt.

A Szépvölgyi-Pálvölgyi árok felnyílásával a Pál-völgyi-barlangrendszer egyes részei is ideiglenesen a felszínre nyílhattak, amit a helyenként megfigyelhető patakmedrek és allogén (*sensu* JAKUCS L. 1971) törmelékes üledékek (például kvarckavicsok) is bizonyítanak (pl. SÁSDI L. 2005). TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1990) is a Szép-völgy beágódásához kötődő felszíni eredetű folyóvizes hatásnak tulajdonítja a Pál-völgyi-barlang üledékében talált 6000 évesnek meghatározott szenesedett növénymaradványokat és kavicsokat.

A fentiek alapján a légteres járatokba a felszínről bejutó vizek érdemi üregtágító munkát már valószínűleg nem végeztek, inkább csak a járatok kitöltődésében játszhattak szerepet. Feltehetően a kevés kivétel közé tartoznak a felszínről bejutó hideg víznek tulajdonított, a Harcsaszájú-barlangban megfigyelhető függőleges karr-barázdák (*11e. ábra*). A felszínről befolyó vizek alakíthatták ki a Pál-völgyi-barlang Jubileumi-szakaszának ÉNy-i részén megfigyelhető éles peremű ujjbegykarrokat és karrbarázdákat (TAKÁCSNÉ BOLNER K. 2003) vagy a Mátyás-hegyi-barlangban a völgy alá húzódó Patakos-ág kagylós-csipkés mikroformáit is (KÁRPÁT J. 1983). Ez utóbbi barlangszakasz általános morfológiájában is a hidegvizes oldás jegyeit mutatja. A mélyponton, 96 méterrel a bejárat szintje alatt kb. 6 m² felületű állandó vizű tó jelenik meg, amelynek hőmérséklete 9 °C, vízszintje pedig az Agyagos-patak nevű vízfolyás hozamától függően, általában 110 mBf körül ingadozik. BERKESI L. (1965) vizsgálatai a beszivárgó csapadékvizek közvetlen hatását igazolták, és cáfolták a tó szintje és a Duna vízszintváltozása közötti közvetlen összefüggést. Könnyen lehet, hogy itt a triász Mátyáshegyi Formációba települő magasabb agyagtartalmú márgarétegek hoznak létre egy felduzzasztott, „függő” vízszintet, amelyet a felszínről beszivárgó, a Szépvölgyi-árok természetes lefolyásából vagy esetleg a környékbeli csőtörésekből származó víz táplál. Korábbi feltételezések szerint a barlangjáratok itt már elérték volna az állandó karsztvízszintet (pl. JASKÓ S. 1948, LEÉL-ÖSSY S. 1957), de ezt eddig még nem sikerült igazolni.

4.2 Tektonikus preformáltság, barlangjáratok irányai, térfogatmodellezés

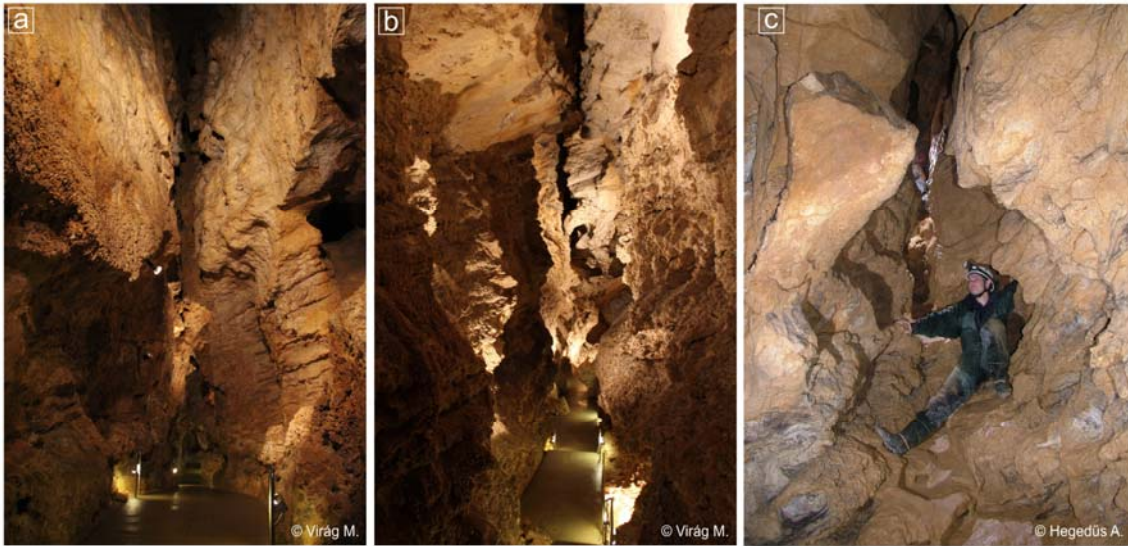
A rózsadombi barlangok a korábbi szerkezeti törések, repedések mentén kioldódott hasadékszerű, hálózatos járatrendszerek (tektonikusan preformáltak; pl. LEÉL-ŐSSY S. 1957, KRAUS S. 1978, TAKÁCSNÉ BOLNER K. – KRAUS S. 1989, FODOR et al. 1991, LEÉL-ŐSSY SZ. 1995, 1997, 2014, stb). A hasadékszerű járatok magassága általában sokszorosán meghaladja szélességüket, ezáltal a rózsadombi barlangokat keskeny és magas folyosók jellemzik (*11. ábra*). Egyes barlangoknál emellett a kőzetrétegek dőlése is meghatározó. Az üregképződés néhány esetben a mészkő és a márga határáig tart, mivel az utóbbi nagyobb agyagtartalmú karbonátos kőzetet – MÜLLER P. (1974) munkája alapján – csak az erős vízmozgás által kialakított forráskürtők voltak képesek áttörni (TAKÁCSNÉ BOLNER K. – KRAUS S. 1989).

KRAUS S. (1978) a Szemlő-hegyi- és a Ferenc-hegyi-barlang járatainak irányát elemző munkájában is már megállapította, hogy a tektonika barlangjáratokat meghatározó szerepe a hálózatos alaprajzú nagy barlangrendszerek esetében különösen szembetűnő. A repedések mentén az eocén kőzetet első ütemben kalcit- és/vagy baritkristályok bélelték ki két oldalról, helyenként üregeket hagyva, és a „második átalakító hatás” következtében „hévizes úton, főleg korrózióval történt” a barlangjáratok kioldódása, mely „folyamat felújította a régi tektonikai vonalak egy részét”.

NÁDOR A. (1991) a pannon-pleisztocén korú budai hévizes barlangok keletkezését vizsgálva lehetségesnek tartja, hogy ekkor a korábbi karsztosodási fázisok során kialakult üregek is tovább tágulhattak. A tektonikus preformáció mellett arra is rámutat, hogy a Pál-völgyi- és Mátyás-hegyi-barlang járatai követik a kőzetrétegek dőlését.

POROS ZS. (2011), illetve POROS et al. (2012) vizsgálatai alapján általában a miocén ásványtelérekkel részben vagy teljesen kitöltött repedések mentén oldódtak ki később a rózsadombi (pliocén-) pleisztocén barlangok járatai is, vagyis a miocénben és később is a felszín alatti vizek lényegében ugyanazon töréseket mentén áramlottak és fejtették ki hatásukat.

A barlangképződés szempontjából meghatározó volt a terület szerkezeti fejlődése, a fluidumokat vezető repedések kialakulása, melyek mind a miocén ásványtelérek létrejöttében, mind a pliocén-pleisztocén (és jelenleg is képződő) termálkarsztos barlangok kioldódásában kiemelkedő jelentőségűek.



Szemlő-hegyi-barlang: (a) Hosszú-folyosó, (b) Óriás-folyosó, (c) Egyetemi-szakasz



(d) Törés mentén kialakult szűk folyosók a Ferenc-hegyi-barlang "Régi részében"

(e) Harcsaszájú-barlang: Gádoros-hasadék

(f) Gömbüstökkel tagolt, oldott falú hasadék (Harcsaszájú-barlang, Sisma-foszil)

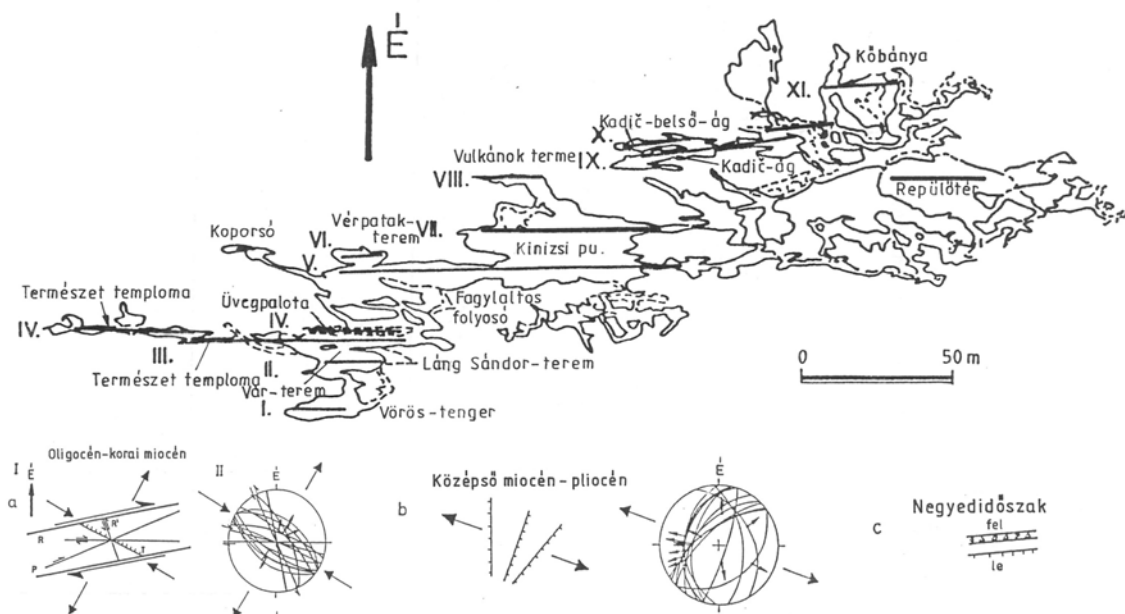


(g) Mátyás-hegyi-barlang: Geográfus-terem

(h-i) Molnár János-barlang víz alatti szakaszai

(j) Repedés menti oldási üreg a Pál-völgyi kövejtőben

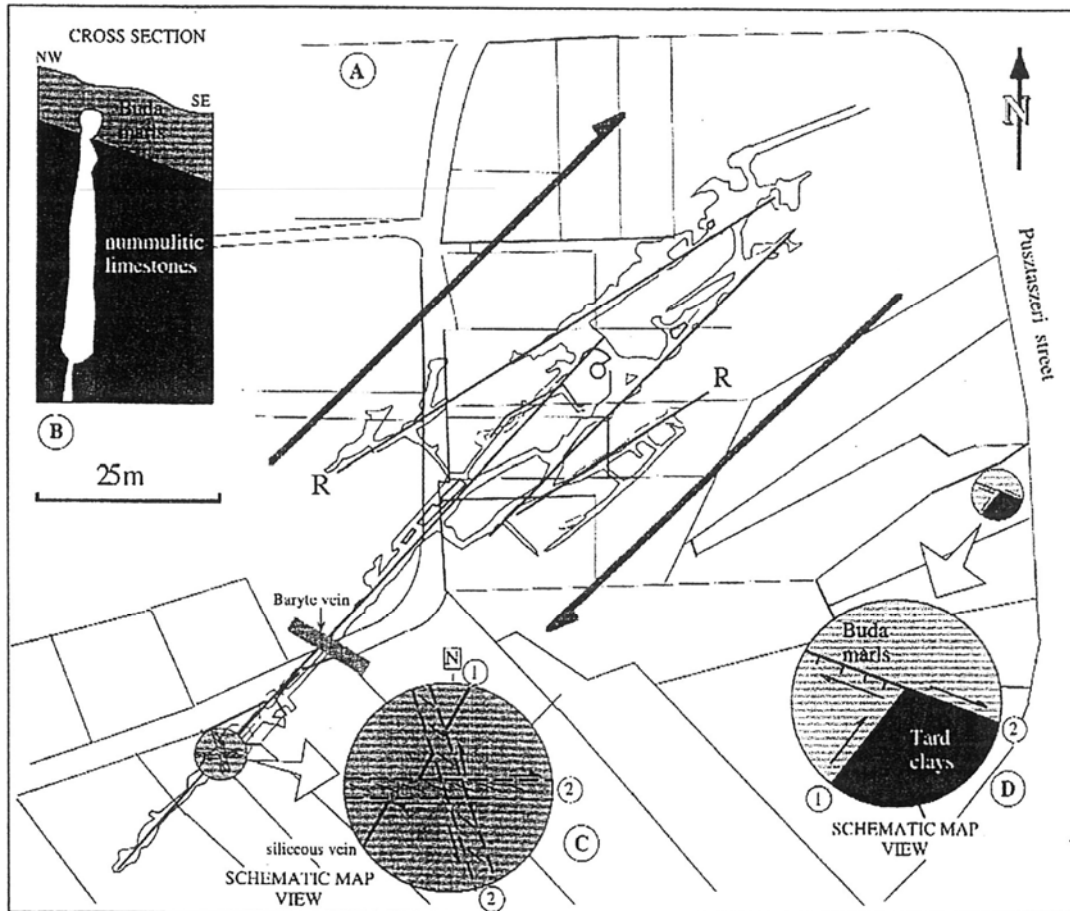
11. ábra. Tektonikusan preformált barlangjáratok



12. ábra. A József-hegyi-barlang főhasadékai (in LEÉL-ÖSSY SZ. 1997); (a-c) a József-hegy terciér tektonikai fejlődéstörténete (in LEÉL-ÖSSY SZ. 1997, FODOR et al. 1991 nyomán)

FODOR et al. (1991) és LEÉL-ÖSSY SZ. (1997, 2014) munkáiból ismerjük a József-hegyi-barlang és környéke szerkezetföldtani viszonyait. A barlang járatai jellegzetes *kulisszás* (ún. *en echelon*) elrendeződést mutatnak, ami azt jelenti, hogy a jellemzően K-Ny-i csapásirányú, párhuzamos főhasadékok egymáshoz képest KÉK-i irányba kissé eltolva helyezkednek el (vagyis az előző járathoz képest a következő K-i irányba kissé eltolva található). Jelenleg 11 ilyen irányú főhasadék ismert, a kereszthasadékok iránya pedig általában DK-ÉNy-i (12. ábra). Egy adott főhasadék mentén vertikálisan (É-D-i irányú vetők mentén) akár 10 méteres különbség is megfigyelhető (pl. VI. főhasadék: Koporsó-Vérpatak-terem). A hatalmas méretű (67 m hosszú, 10–25 m széles és 5–15 m magas), K-Ny-i irányban megnyúlt Kinizsi-pályaudvar és a Vár-terem létrejötté a feltételezés szerint két párhuzamos hasadék egymásba nyílásának köszönhető. Az értelmezések szerint ezek a barlangjáratok fő részét képező K-Ny-i fő hasadékok az oligocén – kora-miocén idején működő ÉNy-DK-i kompresszió és ÉK-DNy-i extenzió hatására létrejött, KÉK-NyDNy-i csapású, jobbos nyírású zónában kialakult törések mentén jöttek létre. Az utóbbi irányú nyírásos zónákon belül a másodlagos Riedel törésekként értelmezett K-Ny-i csapásirányú jobbos törések, illetve az ÉNy-DK-i tenziós törések mentén áramlottak a barlangot kioldó fluidumok. A barlang fő hasadékai e másodlagos Riedel töréseket követik, így azok kulisszás elrendeződését is megőrizték. A barittelérek főként a DK-ÉNy-i csapásirányú törések mentén észlelhetők. A következő fázist a középső-miocén és a negyedidőszak közé helyezik, melynek során a KDK-NyÉNy-i irányú extenzió hatására É-D-i csapásirányú normál vetők jöttek létre. A terület pleisztocén idejére

feltételezett kiemelkedése (vö. WEIN GY. 1977) során a baritteléreket is magukba foglaló DK-ÉNy-i irányú törések reaktiválódhattak, azonban e pleisztocén idején bekövetkező tektonikus mozgások a törések korábbi kulisszás elrendeződését lényegében már nem módosították.

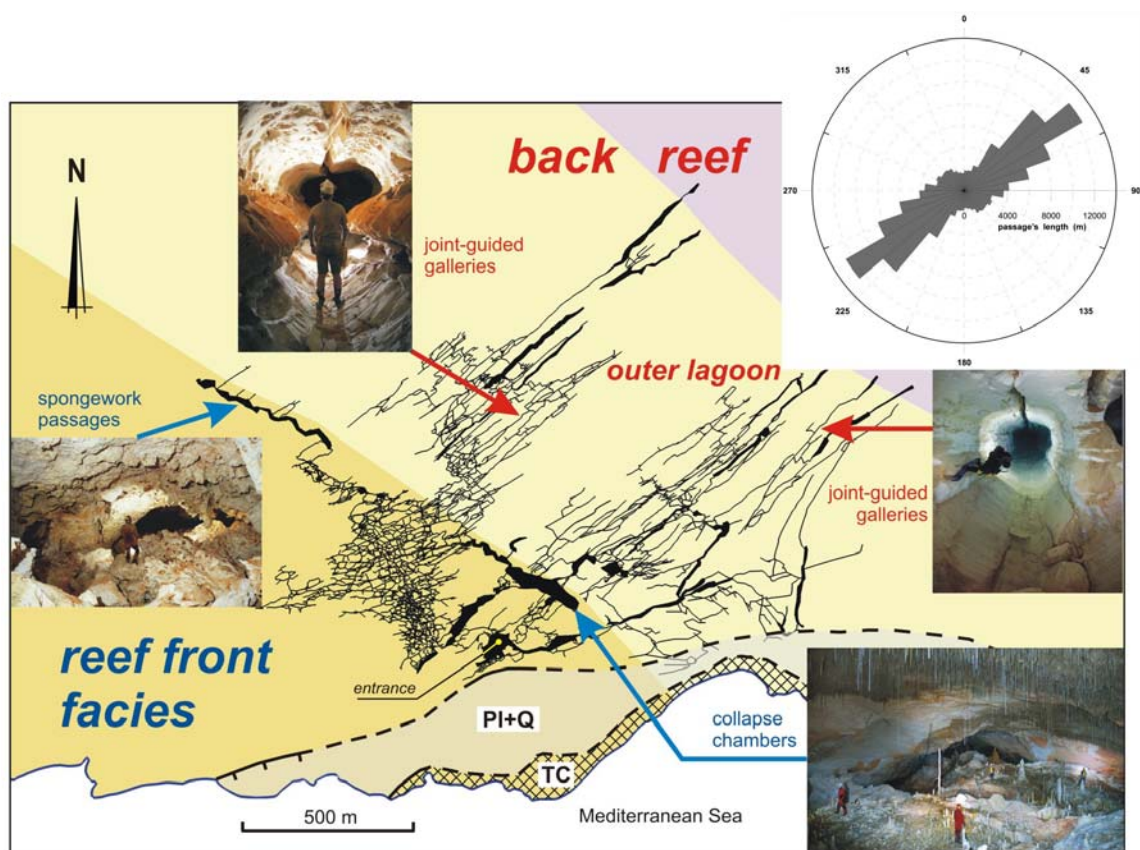


13. ábra. A Szemplő-hegyi-barlang törésirányai (és Riedel törései) a Ferenc-hegyi jobb oldalelmozdulás feszültségtérében (in BENKOVICS et al. 1999)

Benkovics L. (BENKOVICS et al. 1999) munkájában a Ferenc-hegy térségében található barlangok tektonikai viszonyait elemezte. A Ferenc-hegyi-barlang és a Szemplő-hegyi-barlang, valamint azok környezetének töréseit vizsgálta (13. ábra), és a fenti József-hegyi-barlang-i elemzéseket is részben módosította. Munkájában 4 fázist különített el: (1) az első extenziós fázis a ÉNy-DK-i normál vetőkkel és ÉK-DNy-i extenzióval jellemezhető, és feltehetően a felső-eocén idején működött. (2) A későbbi barlangjáratok és a Ferenc-hegyi zóna szempontjából legjelentősebbek a K-Ny-i irányú jobb oldalelmozdulás során létrejött K-Ny-i és NyÉNy-KDK-i irányú, Riedel törésekkel kísért szerkezetek. Ezt a zónát a Budaörsi és Nagykovácsi-Csillaghegyi zónával párhuzamosítja. Mivel a törések a Szemplő-hegyi-barlang környékén talált alsó-oligocén agyagokban is felismerhetők, a középső-miocén

képződményekből azonban már hiányoznak, a tektonikai fázis korát a késő-oligocén és középső-miocén közé helyezi. E fázishoz köti az ÉNy-DK-i irányú, kalcittal és barittal kitöltött tenziós repedések keletkezését is. (3) A transztenziós fázis reaktiválta az idősebb töréseket. Ez a fázis ÉNy-DK extenzióval és ÉK-DNy-i irányú kompresszióval jellemezhető. (4) Az ÉK-DNy-i irányú extenziós fázis jól fejlett ÉNy-DK-i és néhány K-Ny-i irányú normál vetőt eredményezett. Az e fázis idején létrejött törésekben kvarternek feltételezett, meszesen cementált konglomerátumot is megfigyelt.

GINÉS et al. (2014) Mallorca egyik barlangjának (Cova des Pas de Vallgornera) barlangpolygon szakaszai alapján végzett játorientáció elemzéseket (14. ábra). Az eredményeket összehasonlították az egyes kőzettípusok és földtani egységek töréseinek irányával. Az alkalmazott módszert (polygon szakaszok irányainak hosszúságra súlyozott ábrázolása) a saját munkám során figyelembe vettem.



14. ábra. A Mallorca-i Cova des Pas de Vallgornera barlang járatai és irányainak rózsadiagramja (in GINÉS et al. 2014)

ALBERT G. (2010) kísérletet tett arra, hogy a Pál-völgyi-barlang egy kiválasztott részét, az azt közvetlenül befogadó mészkő és márga karsztos üregeivel együtt volumetrikusan modellezze. A földtani-tektonikai helyzetet is figyelembe véve a már ismert és még ismeretlen üregek összterfogatát a felmért 12 177 m-es hosszra vonatkozóan 72 700 m³-ben

adta meg. A modellezés és porozitás-becslés a Szemlő-hegyi-barlang és a Molnár János-barlang 2002 előtt ismert régi járataira is elkészült (ALBERT et al. 2014). TAKÁCSNÉ BOLNER K. (szóbeli közlés) a rendelkezésére álló térképi adatok alapján, a fennmaradó részeket és a Mátyás-hegyi-barlangot is beleértve, a Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer ismert járatainak össztérfogatát 120 000 m³-re becsli (in VIRÁG et al. 2013a).

4.3 Paleokarsztvízszint változások nyomai

A budai barlangok termálkarsztos barlangi kiválásai (szpeleotémái) a karsztvízszinthez képest jól meghatározható környezetben keletkeztek. A kiválások morfológiai sajátosságai, szedimentológiai, petrográfiai és geokémiai jellemzői szoros összefüggésben állnak a képződési környezetükkel (vö. HILL, C.A. – FORTI, P. 1997, PALMER, A. 2007). A szpeleotémák járatokon belüli helyzetének térképezése, kiválási (paragenetikai) sorrendjének meghatározása és a begyűjtött minták fenti szempontok szerinti vizsgálata alapján jól nyomon követhetőek és azonosíthatóak az egykori vízszintváltozások. Az U/Th kormeghatározással a folyamatok időben is elhelyezhetők, ezáltal pedig a pleisztocén (-holocén) klímaváltozásokra (vö. a csapadékviszonyokhoz, glaciális-interglaciális időszakokhoz kötődő regionális vízszintváltozások) és a tektonikai viszonyokra, vagyis a Budai-hegység kiemelkedéstörténetére nyerhetünk információt. A Budai Termálkarsztrendszer részét képezik a hipogén barlangok képződésével összefüggő (a felszín alól kiáramló meleg és langyos vizekből kivált) travertínók is, melyek vizsgálata szintén a paleovízszint változásról tájékoztat.

4.3.1 Vízzintjelző barlangi kiválások

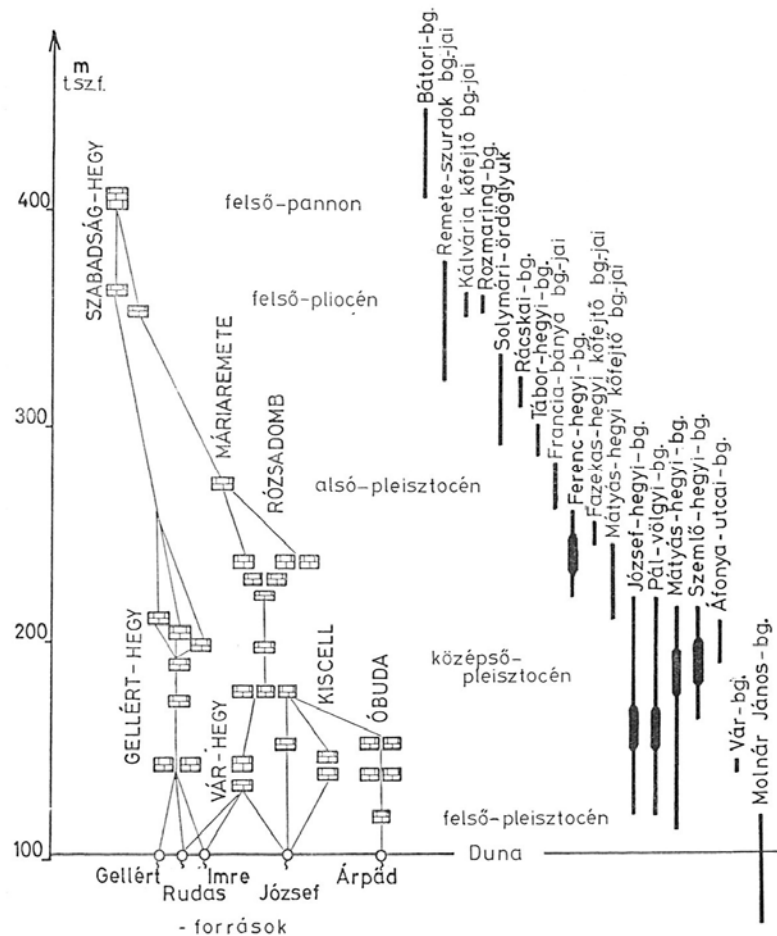
A fenti folyamatok nyomonkövetéséhez leggyakrabban használt barlangi kiválástípus a freatikus és vadózus zóna határán, a járatot részben kitöltő, nyugodt víztükrű tó felszínén, vagyis a vízszintben a CO₂ intenzív „kigázosodása” hatására képződő kalcitlemez. A magasból lehulló kődarab vagy egy-egy vízcsepp hatására hullámzó víz felszínéről e lemezek a mélybe süllyednek, és általában a járat alján vagy sziklaperemeken halmozódnak fel, azonban jelzik, hogy a járatban képződésük idején nyílt víztükör lehetett. A vízfelszínén és a barlang falának érintkezési határán képződik az apadási színlő, amely valóban a víz egykori szintjét, tszf. magasságát jelzi. Sajnos a kalcitlemezek gyakori előfordulásával ellentétben az utóbbiak csak kevés helyről ismertek. A freatikus karfiolszerű kalcitkéreg a vízszint alatti, feltehetően néhány méter mély szakaszon képződnek, így ezek a pontos

vízszintet nem, csak freatikus környezeti viszonyokat jeleznek. A borsókövek képződése pedig mai ismereteink szerint a termálvíz szintje felett, minden esetben vadózus környezetben történik, így ezek légtérrel szakaszok jelenlétét mutatják (VIRÁG et al. 2013d alapján).

A termálkarsztos barlangi kiválások képződését és a forrásműködést KRAUS S. (1982), illetve TAKÁCSNÉ BOLNER K. és KRAUS S. (1989) a negyedidőszaki klímaváltozásokkal és a hegység kiemelkedésével hozta összefüggésbe. Feltételezésük szerint a pleisztocén glaciális időszakokban a források működése csökkent (vagy megszűnt, illetve szünetelt), és a karbonát-kiválás barlangon belül következett be: a légtérrel való üregekben a pangó vizű tavak oldott anyag tartalma a járatokon belül rakódott ki (így képződtek a termálkarsztos szpeleotémák). A csapadékosabb interglaciális időszakokban újra megélénkülő forrástevékenység a források működésének újraindulását és/vagy (a kiemelkedés következtében) alacsonyabb topográfiai helyzetbe történő áthelyeződését eredményezte (vö. travertínó-szintek), a barlangon belül pedig a megemelkedett karsztvízszintnek köszönhetően a kiválások részben visszaoldódtak, illetve oldásformák (pl. hévforráscsővek) mélyültek azokba.

Az 1980-as, 1990-es években a témában született munkák (KRAUS S. 1982, 1993, TAKÁCSNÉ BOLNER K.– KRAUS S. 1989, TAKÁCSNÉ BOLNER K. 1989, NÁDOR A. 1991, SÁSDI L. 1993) a barlangok kioldódásának korát és a vízszintváltozások jellegét topográfiai-geomorfológiai alapon próbálták megállapítani. Az üregeket az azonos tengerszint feletti magasságban elhelyezkedő édesvízi mészkövekkel korrelálták (15. ábra), figyelembe vették az egyes barlangi kiválások egymásra következését és képződési környezetüket, valamint vizsgálták az oldódási jelenségekkel való kapcsolatukat is. Ez alapján – szerzőnként és tanulmányonként eltérő számú – termálvíz-elöntési fázist feltételeztek. Az üregoldódási szintek változását a forrástevékenység mélyebb szintre helyeződésével hozzák összefüggésbe. KRAUS S. (1993) vízszintváltozásokat összegző ábráján feltételezi, hogy a barlangi tó nyugalmi vízszintjét jelző kalcitlemezek és apadási színlők lerakódása után rövid ideig tartó vízszintemelkedés, majd csökkenés következett. TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1989), illetve KISS A. és TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1987) a Pál-völgyi-barlangban megfigyelte, hogy a kalcitlemezek többnyire nem az aljzaton, hanem a járatok falához cementálódva őrződtek meg, párkányokat és álmennyezeteket alkotva, és kijelölve így az egykori aljzat helyét. Helyenként ezek alsó részén jellegzetes poligonális bordázatot (ún. szeptária-boxwork szerkezetet) találtak. Ezt azzal magyarázták, hogy a vízszint lecsökkenésekor kiszáradt agyagos üledék repedéseibe az újabb víz-elöntés során kalcit vált ki, amely így megőrizte az egykori agyagos aljzat száradási repedéseinek nyomait. Az újabb jelentős vízszintcsökkenés

idején a kalcitlemezek alól kimosódott a korábban aljzatként szolgáló agyag, melynek következtében az egykori üledékfelszín morfológiája ma már alulról figyelhető meg.



15. ábra. A Budai-hegység édesvízi mészköveinek és jelentősebb barlangjainak szintbeli elhelyezkedése (in TAKÁCSNÉ BOLNER K. – KRAUS S. 1989, SCHEUER GY – SCHWEITZER F. 1980 nyomán)

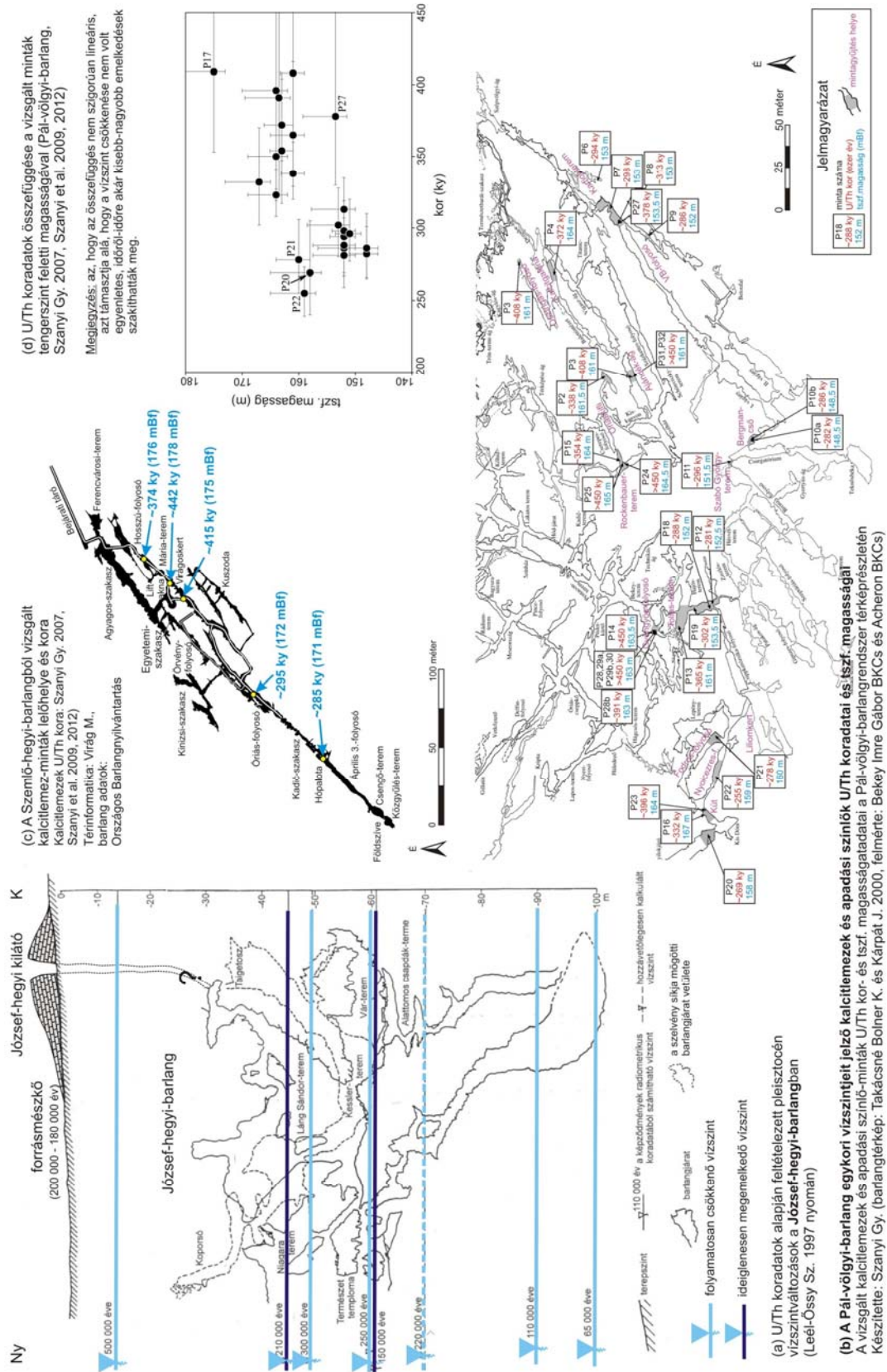
A kormeghatározási módszerek fejlődésével a képződmények tengerszint feletti magassága és U/Th kora alapján ma már meg kvantitatív adatokkal lehet becslni a terület kiemelkedésének ütemét, illetve az egykori karsztvízszint-ingadozásokat is.

LEÉL-ÖSSY SZ. (1997, 2014), illetve LEÉL-ÖSSY SZ.–SURÁNYI G. (2003), LEÉL-ÖSSY et al. (2011) a **József-hegyi-barlang** mintáin végzett kormeghatározásai alapján végzett paleovízszint-változás rekonstrukciót (16.a ábra). Eredményei alapján az első kiválások 400–500 ezer évvel ezelőtt keletkeztek, ami szerint a járatok kioldódásának idejét ~600–700 ezer évvel ezelőtre feltételezi. Megállapította, hogy 350 ezer évvel ezelőtt a karsztvízszint a barlang mai 185 méteren tszf. magasságban lévő szakaszainál lehetett, míg 66 ezer évvel

ezelőtt már csak a ma ismert legalsó járatszint alján (122 m tszf.) húzódnak. Eszerint az utolsó 350 ezer évben a relatív karsztvízszint átlagosan évente 0,2 mm-el került lejjebb. A morfológiai megfigyelései is bizonyítják, hogy a paleokarsztvízszint nem fokozatosan süllyedt, hanem ingadozott. A barlangban például 155 m-en, a Kinizsi-pályaudvar alján tipikus száradási repedések láthatók az egykori tó alján leülepedett agyagos üledék felszínén. Ezeket az ismét megemelkedő vízből ~210 ezer éve kivált kalcitkéreg pszeudomorfózáként megőrizte. Ez azt jelzi, hogy a kiválás idejénél valamivel korábban a vízszint mélyebbre süllyedt, majd ebben az időszakban újra megemelkedett.

A **Pál-völgyi-barlangban kalcitlemezek** 148–214 m közti tszf. magasságból ismertek. Az első kalcitlemezekon végzett kormeghatározást FORD, D. és TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1991) végezte. Alfa-spektrometriás uránsoros kormeghatározási módszerrel a vizsgált minták idősebbnek bizonyultak a módszer felső határának tekintett 350 ezer évnél. Méréseikből arra következtettek, hogy az egykori karsztvízszint által jelzett paleo-erózióbázis az elmúlt több mint 350 ezer év alatt emelkedett a mai 160–165 m tszf. magasságra. A barlang képződményeinek további korhatározására 2007-ig kellett várni: Szanyi Gy. ekkortól az U/Th kormeghatározást tömegspektrometriás módszerrel végezte, ezáltal a korhatár is kitolódik kb. 500 ezer évre. 2007-ben a barlang fő járatszintjéről (főként 160–165 mBf), egészen 148,5 tszf. magasságig 24 kalcitlemez- és apadási színlő minta korhatározása történt meg (SZANYI GY. 2007), amit később ellenőrző mintagyűjtések és mérések követtek (SZANYI et al. 2009, 2010, 2012). Az eredmények alapján elmondható, hogy a karsztvízszint legalább kétszázézer éven keresztül a fő járatszint (ma 160–165 m) magasságában volt. Ezt követően rövid idő alatt 10–15 m-t süllyedt, és 310 ezer évvel ezelőtt már a jelenlegi ~150 m tszf. magasságban lévő járatok szintjén volt. A kiemelkedési ütem 500 és 280 ezer év között 0,06–0,3 mm/év, 280–70 ezer év között pedig gyorsabb: átlagosan 0,16 mm/év lehetett (SZANYI et al. 2009; *16.d ábra*). A *16.b ábrát* megfigyelve azonban az is szembetűnő, hogy a kalcitlemez-korok azonos tszf. magasságban helyenként különböznek egymástól.

FORD, D. és TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1991) a **Ferenc-hegyi-barlangból**, 230 m tszf. magasságból származó borsókő korát 300 ± 59 ezer évesnek találta. Az eredmény alapján feltételezik, hogy a borsókő már a száraz, légtérre vált teremben keletkezett. A Ferenc-hegyi-barlang mélysztintjén, 180 m tszf. magasságban, a Csontváz-teremben található vékony kalcitlemezek kora azonban legalább 450 ezer évesnek bizonyult, ami alapján SZANYI GY. (2007) azt feltételezi, hogy ez a barlangszakasz több mint 450 ezer éve az akkori állandó karsztvíz szintben tartózkodott. Ez alátámasztja FORD, D. és TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1991) fenti megállapítását, hogy a 230 m-en lévő járat 300 ezer éve már légtér volt.



16. ábra. Barlangi kiválások U/Th kora, helyzete és a feltételezett vízszintváltozások

A **Szemlő-hegyi-barlangban** SZANYI GY. (2007), illetve SZANYI et al. (2009, 2010) a Hosszú-folyosóból (374 ezer év, 176 m tszf.), a Hosszú-táró elágazásból (442 ezer év, 178 m tszf.), az Óriás-folyosó aljáról (295 ezer év, 172 m tszf.), a Hópalotából (285 ezer év, 171 m tszf.) és a liftakna mellől (415 ezer év, 175 m tszf.) származó kalcitlemezek korát vizsgálta (16.c ábra). Ezek a lemezek mind freatikusan tovább vastagodtak. Látható, hogy a 171–178 m tszf. magasságból származó lemezek koradatai széles időtartományt, több mint 150 ezer évet fednek le. Ez alátámasztja azt a kiválások megjelenésén és paragenetikai sorrendjén alapuló feltételezést, hogy a barlang járatokban hosszú ideig nyílt tükrű meleg vizű tó volt jelen, amelynek vízszintje feltehetően ingadozott.

4.3.2 *Travertínók*

A Rózsadomb középső-pleisztocén travertínói általában szoros kapcsolatban állnak a Budai Termálkarszt barlangjaival (1. ábra), mivel vagy közvetlenül a felszínre bukkanó termálforrásokból (forráskúpok) rakódtak le, vagy a felszín alatti víz felszínre bukkanását követően, völgyoldali és tavi típusú környezetben váltak ki. A Rózsadomb és a Kiscelli-fennsík pleisztocén forráskúpos, tavi és völgyoldali travertínó-előfordulásainak korát és települési magasságát – KELE S. (2009) és KELE et al. (2011) munkája alapján – a 7.5 fejezet 34. ábrája mutatja be.

A travertínók korát a régebbi tanulmányok elsősorban morfológiai megjelenésük és települési magasságuk (pl. SCHEUER GY. – SCHWEITZER F. 1980, 1988) vagy az előfordulásban található ősmaradványok alapján becsülték, és az adott tengerszint feletti magasságon elhelyezkedő terasz szintekhez kötötték. KELE S. (2009) munkájában a travertínók települési magasság-adatait (mBf) szedimentológiai-petrográfiai vizsgálatokkal és U/Th kormeghatározási, valamint stabilizotóp geokémiai vizsgálatokkal egészítette ki.

A 170–180 tszf. magasságon található édesvízi mészkövek (Apostol u., Szőlészeti Kutatóintézet, Barsi u.) kora kb. 350 ezer évnél adódott (KELE S. 2009). A **Rózsadomb** (Barsi út, Bimbó út, Szőlészeti Kutatóintézet, Apostol út) és a tőle északabbra található Duna-völgyi (Kiscell, Farkastorki út, Bécsi út) előfordulások koradataiból számolt kiemelkedési ráták egyaránt 0,20–0,25 mm/év közötti értékeket adtak (KELE et al. 2011). Összehasonlításként, a **Gellért-hegy** travertínó-előfordulásai: a különböző tengerszint feletti magasságokon található Ifjúsági Park (220 m tszf., 253 ± 44 ezer év) és a Számadó utca (195 m tszf., 183 ± 49 ezer év). Az ezen előfordulások koradataiból számolt kiemelkedési ráták egymáshoz közeli és egyöntetűen magas (0,47, illetve 0,52 mm/év) értékeket eredményeztek

(KELE et al. 2009). Ez alapján a Gellért-hegy kiemelkedése gyorsabb volt, mint a Rózsadombé.

A Budai-hegység területén nagy számban és területileg elszórtan, különböző tengerszint feletti magasságon települő édesvízi mészköveken mért U/Th koradatok és a tszf. magasságadatok alapján (KELE 2009, KELE et al. 2009, KELE et al. 2011) lehetővé vált a korábban már WEIN GY. (1977) által a pleisztocénre valószínűsített szelektív kiemelkedés számszerűsítése és a különböző területek kiemelkedési sebességének összehasonlítása. Egy-egy alterületen belül, azonos magasságban is előfordulhatnak különböző korú édesvízi mészkövek, mivel az adott területen a klíma száraz periódusaiban a mészkőképződés szünetelhetett, majd később a nedvesebb időszakban ismét újraindulhatott.

4.3.3 A terület kiemelkedéstörténetének meghatározása különböző képződményekből számolt kor- és magasság adatok alapján

A vízszintsüllyedés sebességéből RUSZKICZAY-RÜDIGER et al. (2005a, b, c) a Duna bevágódási rátáját is meghatározta, ami a teraszok és édesvízi mészkövek korábbi irodalmi adataiból ugyanezre az időszakra számított bevágódási rátánál nagyobbak adódtak: a Dunakanyar térségére kitettségi korok alapján, a korábban becsült 0,41 mm/év helyett 1,6 mm/év bevágódási ráta feltételezhető. Ez alapján a Duna visegrádi áttörését az elmúlt 240 ezer évre (az utolsó előtti glaciális korába) helyezte. A KELE S. (2009) által közölt édesvízi mészkő radiometrikus koradatok alapján kimutatható, hogy a RUSZKICZAY-RÜDIGER et al. (2005a, c) által a 600 ezer évvel ezelőtől 360 ezer évvel ezelőttig tartó időszakra számított kiemelkedési ráta nem különbözött lényegesen a 360 ezer évvel ezelőtől napjainkig becsülhető kiemelkedési rátától. SZANYI et al. (2012) barlangi karbonátokon végzett radiometrikus korvizsgálatai a Pál-völgyi-barlangból az elmúlt 351 ezer évre 0,15 mm/év kiemelkedési rátát eredményeztek, míg a Szemlő-hegyi-barlangból az elmúlt 289 ezer évre 0,21 mm/év érték, a József-hegyi-barlangból pedig a 217–66 ezer év közötti időszakra 0,32 mm/év-nek adódott. LEÉL-ŐSSY SZ. (1997) a József-hegyi-barlang vízszintjelző kiválásainak koradatai alapján 0,15–0,3 mm/év kiemelkedést valószínűsít.

KARDOS A. (2011) a Gellért-hegy legalacsonyabban (Böd-Beszter-barlanglak: ~75 ezer év) és a legmagasabban (Citadella-kristálybarlang: ~195 ezer év) található kalcitkiválásainak U/Th koradatai és tszf. magassága alapján (ld. még később 7.5 fejezet 35. ábra) a Gellért-hegy kiemelkedési ütemét 0,49 mm/évnek határozta meg. Ez jól egyezik KELE S. (2009) travertínok korából számolt 0,47–0,52 mm/év kiemelkedési ütem értékével.

5. Vizsgálati módszerek

5.1 Térinformatikai módszerek

A papír alapú, beszkenelt, illetve az elektronikus formában rendelkezésre álló alaptérképeket az *ERDAS Imagine 9.01* program felhasználásával georeferáltam. A program által ismert vetületi rendszerű (EOV, Gauss-Krüger, Stereo) térképeket először saját vetületi rendszerükbe illesztettem, majd egységesen EOV rendszerbe helyeztem át. Az ismeretlen vagy vetületi rendszer nélküli térképeket az EOV topográfiai térkép alapján „kép a képhez” illesztéssel georeferáltam.

Az *ArcView 3.3 GIS* és/vagy az *ArcGIS 10* programok segítségével a raszteres alaptérképekről bedigitalizáltam a későbbi elemzésekhez felhasználni kívánt elemeket, illetve interpretáltam azokat, és shp formátumban vektoros adatbázisokat hoztam létre. A táblázatos formában rendelkezésre álló adatokból koordinátaik alapján hoztam létre a layereket. A különböző tematikus megjelenítések és elemzések (pl. DTM előállítás, lejtőkategória, kitétség) az utóbbi program segítségével készültek.

A barlangjáratok polygonos ábrázolásához Prépostffy Zsolt által 1998-2001 közt kifejlesztett POLYGON Cave Surveying Software programot használtam (az adatokat dxf és txt formátumban exportáltam). A járatok irányának elemzéséhez a rózsadiagramokat a GEOrient 9.2 programmal készítettem el. A barlangbejáratok felmérését a Vidékfejlesztési Minisztérium Tájvédelmi, Barlangvédelmi és Ökoturisztikai Osztály („Barlangtani Intézet”) munkatársai Trimble GeoExplorer 3 típusú (3 méteres XY pontosságú) GPS műszerrel végezték, a travertínók települési magasságát és helyzetét, a tanösvény nyomvonalát és az állomások helyét Kálmánfiné Ast Hajnalkával közösen Garmin Map60 CSX és Garmin Map62s GPS készülékek használatával mértük fel.

A további kiegészítő adatelemzéseket és diagramok előállítását a Microsoft Excel, a képek feldolgozását az Adobe Photoshop 7, az ábrák szerkesztését pedig a CorelDRAW Graphics Suite X3 program segítségével végeztem.

5.2 Adattári forrásmunkák használata

A térinformatikai vizsgálatokat számos háttérinformációval egészítettem ki és támasztottam alá. Az elemzésekhez és értelmezéshez a Rózsadombról és környékéről készült archív fényképeket is felhasználtam (Kiscelli Múzeum BTM Fényképgyűjteménye), a barlangfelfedezések és kutatástörténet értékelésénél pedig az Országos Barlangnyilvántartás adataira (barlang térképekre, polygonokra, archív leírásokra és dokumentumokra) és az

MFGI-ben (korábban MÁFI) és az MKBT könyvtárában fellelhető információkra támaszkodtam (ld. később). A kőfejtők művelésére és a barlangok ismertségére vonatkozó információk esetében a XIX. század második felében és a XX. század első harmadában megjelent munkák is fontos hivatkozási alapot jelentettek (pl. SZABÓ J. 1858, HOFMANN K. 1871, SCHAFARZIK F. 1904, SCHAFARZIK F. – VENDL A. 1929).

6. Adatfeldolgozások, térinformatikai elemzések

A **domborzatmodell** alapját az 1997-es EOVS topográfiai térkép jelentette. Az *ERDAS* programban történt georeferálást követően az *ArcView*, majd az *ArcGIS* program segítségével bedigitalizáltam a szakdolgozatomban vizsgált terület szintvonalait és magasságpontjait, majd ezekből interpolálással (Kriging Method) grid rácshálót készítettem. Hasonló eljárással készült el a teljes Budapestet bemutató domborzatmodellünk is. A domborzatot ArcMap és ArcScene segítségével ábrázoltam. A rácsháló alapján a programban felkínált további eljárásokkal elkészítettem a Rózsadomb lejtőkategória és kitétségi térképét. Összehasonlításként georeferáltam és bedigitalizáltam az MBFH adattárból származó **Budapest építésföldtani térképsorozatának** lejtőkategóriára és a negyedidőszaki képződmények vastagságtérképére vonatkozó lapjait, illetve geomorfológiai térképét. Az utóbbi megjelenítésénél a terület K-i részére Gábris Gyula legutóbb elkészült (2013-as) adatait használtam fel.

A **földtani információk** ábrázolásához Fodor László fedetlen földtani térképének (in MINDSZENTY et al. 2000) adatbázisát használtam fel (képződmények, tektonika), melyhez WEIN GY. (1977) – Timár Gábor által georeferált – fedett földtani térképéről a travertínokról is elkészítettem a polygonokat. A negyedidőszaki képződményekkel fedett földtani térkép a MÁFI (ma MFGI) egy publikálatlan térképe alapján készült. A Gellért-hegy földtani felépítésének polygonja FODOR L. (2001 in KÖRÖSI et al. 2002) fedetlen földtani térképe alapján készült.

A **területhasználat-változás vizsgálatok** kiindulási alapjaiként hét időszak térképei és a jelenlegi helyzetet ábrázoló 2008-as űrfelvétel alapján történtek. Ezek az I. (1785), II. (1860) és III. (1880-as évek, felújítva 1922–26) katonai felmérések lapjai; az 1951, 1964, 1985 és 1997 években készült topográfiai térképek és a Google Earth alkalmazás 2008-as (IKONOS) űrfelvételei. A GIS módszerekkel történő feldolgozás során a térképeket első lépésben az ERDAS program segítségével georeferáltam, illetve saját vetületi rendszerükbe illesztettem, majd egységes EOVS vetületi rendszerbe alakítottam át, hogy a különböző időszakok területhasználat-változásai egymással összehasonlíthatóak legyenek. A vetületi rendszer

nélküli, illetve ismeretlen vetületi rendszerű I. és II. katonai felmérés és a Google Earth programból letöltött IKONOS űrfelvétel georeferálásában Timár Gábor segített. Az interpretációt ArcGIS program segítségével Ast Hajnalkával a térképi információk alapján végeztük, melynek során a lehatárolt területen belül polygon típusú shp-eket hoztunk létre. A területhasználat változását bemutató térképeken összegeztük a 10 elkülönített kategória jellemzőit. Az elemzések során részben Mari L. (in MARI–FEHÉR 1999, MARI L. 2000) által bevezetett kategóriákat használtuk, illetve módosítottuk, és két további csoportot is elkülönítettünk (a területhasználat kategóriákat és leírásukat *ld. 24. ábra*).

A **barlangok** felmérési adataiból (járatok hossza, iránya, lejtőszöge) a *POLYGON* barlangtérképező szoftver alkalmazásával, a barlangkutató csoportok által megszerkesztett barlangjáratok polygonhálózatát a további ArcGIS környezetben történő feldolgozáshoz dxf formátumba exportáltam. A polygonokat az egyes tematikus térképeken és domborzatmodellen ArcMap és ArcScene segítségével jelenítettem meg. A Vidékfejlesztési Minisztérium Tájvédelmi, Barlangvédelmi és Ökoturisztikai Osztály („Barlangtani Intézet”) munkatársai által bemért barlangbejáratok GPS koordinátaiból (XY és tengerszint feletti magasság (mBf) adataiból) pont típusú shp fájlokat készítettem. Ezeket barlangfelfedezési mód és időszak szerint osztályoztam. A tervtínók magasságai adatait Kálmánfiné Ast Hajnalkával közös terepbejárásunk során felmért GPS koordinátái jelentették. A vetületi rendszer nélküli alaprajzi barlangtérképek georeferálásában Timár Gábor és Molnár Gábor segítettek. A térképeket ArcGIS programban bedigitalizáltam, és az egyes szakaszokat a megtalálásuk ideje alapján csoportosítottam.

A területről készített domborzatmodell és a barlangjáratok (barlangpolygonok) térinformatikai feldolgozása és megjelenítése, valamint az ismert barlangbejáratok koordinátái, a járatok horizontális és vertikális kiterjedése alapján, az Országos Barlangnyilvántartás adatait és térképeit felhasználva, elkészítettük a Rózsadomb barlangszintjeit bemutató **3D térmodelleket és magasság-járatgyakoriság diagramokat**. Az oszlopdiaqramon ábrázolt járatgyakoriság az adott tengerszint feletti magasságon előforduló barlangok számát jelöli. A feldolgozást a Rózsadombra és a Gellért-hegyre vonatkozóan is elvégeztük, és az eredményeket összehasonlítottuk. A járatok helyzete, valamint az egykori karsztvízszinthez kötődő barlangi kiválások és travertínók rendelkezésre álló magasság- és koradatai alapján a két területen zajló egykori vízszintváltozások története jól tanulmányozhatóvá válik (vö. VIRÁG et al. 2011, 2013e).

A **barlangjárat irányok elemzéséhez** a *GEOrient* programot alkalmaztam. A feldolgozás során fontos szempont volt, hogy a járatokat ne csupán a gyakoriságuk, hanem hosszúság alapján súlyozott gyakoriságuk szerint ábrázoljam, hiszen feltehetően a leghosszabb járatok

jelzik a leginkább a terület szerkezeti elemeit. A módszer alkalmazásának kiindulási alapját Telbisz Tamás (pl. TELBISZ T.– MÓGA J. 2005, TELBISZ et al. 2006a,b, 2007, TELBISZ T.– NAGY B. 2008) töbr morfolometriás elemzései jelentették, melyekben a töbrök megnyúltságára súlyozva számolta és rózsadiagramokon ábrázolta azok hossz tengelyeinek irányát. A járatorientáció elemzéseim alapjául – GINÉS et al. (2014) Mallorca-i barlangban végzett munkájával összhangban – a barlangok polygonjainak egyes szakaszai szolgáltak. Ehhez a Polygon program felmérési adatlapjából nyertem ki a hosszúság és azimut adatokat, melyekből kiszűrtem a tisztán vertikális kiterjedésre vonatkozókat (függőleges polygon szakaszok). A polygonok – az alaprajzi térképekkel szemben – minden nagy barlangról rendelkezésre állnak, és általában jól illeszkednek a meglévő alaprajzi térképekre, ezért a feldolgozás során ezek felhasználása mellett döntöttem. Mivel a Szemlő-hegyi-barlang alaprajzi térképe jó felbontású és aránylag rövid és egyszerű szerkezetű, ezért ez utóbbi esetben a georeferált térkép járatraja alapján digitalizáltam be a szerkezeti elemeket reprezentáló vonalakat. A hosszúság és irány szög (α) értékeket kiszámítottam, majd az utóbbiból (mivel az ArcGIS É-i iránya nem azonos a földrajzi északkal) $0-180^\circ$ -ig a $90-\alpha$, $180-360^\circ$ értékek között pedig a $90-\alpha+360$ összefüggések segítségével számoltam át az értékeket. A hossz és irány bemeneti adatokból a GEOrient programban hosszúságra súlyozva rózsadiagramokon ábrázoltam a barlangjáratok irányait, valamint kiszámoltam az átlagos legnagyobb „megnyúltság” értékeket.

A **barlangfeltárásokra** és **kutatástörténetre** vonatkozó vizsgálatok kapcsán főként a Vidékfejlesztési Minisztérium Tájvédelmi, Barlangvédelmi és Ökoturisztikai Osztályán fellelhető Országos Barlangnyilvántartás papír alapú és elektronikus adataira támaszkodtam. Az adatgyűjtés során archív leírásokat, dokumentumokat, barlangtérképeket és barlangpolygonokat is felhasználtam. Ezeket az MFGI épületében található archív dokumentumokkal is kiegészítettem. Bertalan Károly 1930-as évektől készült kéziratái és KADIĆ OTTOKÁR (1952) munkája őrzik számunkra az akkor ismert barlangok adatait. A Rózsadomb barlangjainak teljes számbavételére elsőként a Természetvédelmi Hivatal megbízásából összeállított országos barlangkataszter (BERTALAN K. 1977) keretében került sor, mely írásos formában mindkét helyen megtalálható. Az aktuális kutatásokról részletesen beszámoló barlangkutató csoportjelentésből is gyűjtöttem információkat, melyek a „Barlangtani Intézetben” és a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulatnál is megtalálhatók. A www.termeszetvedelem.hu weboldalon is sok barlangokra vonatkozó információ található.

7. Eredmények

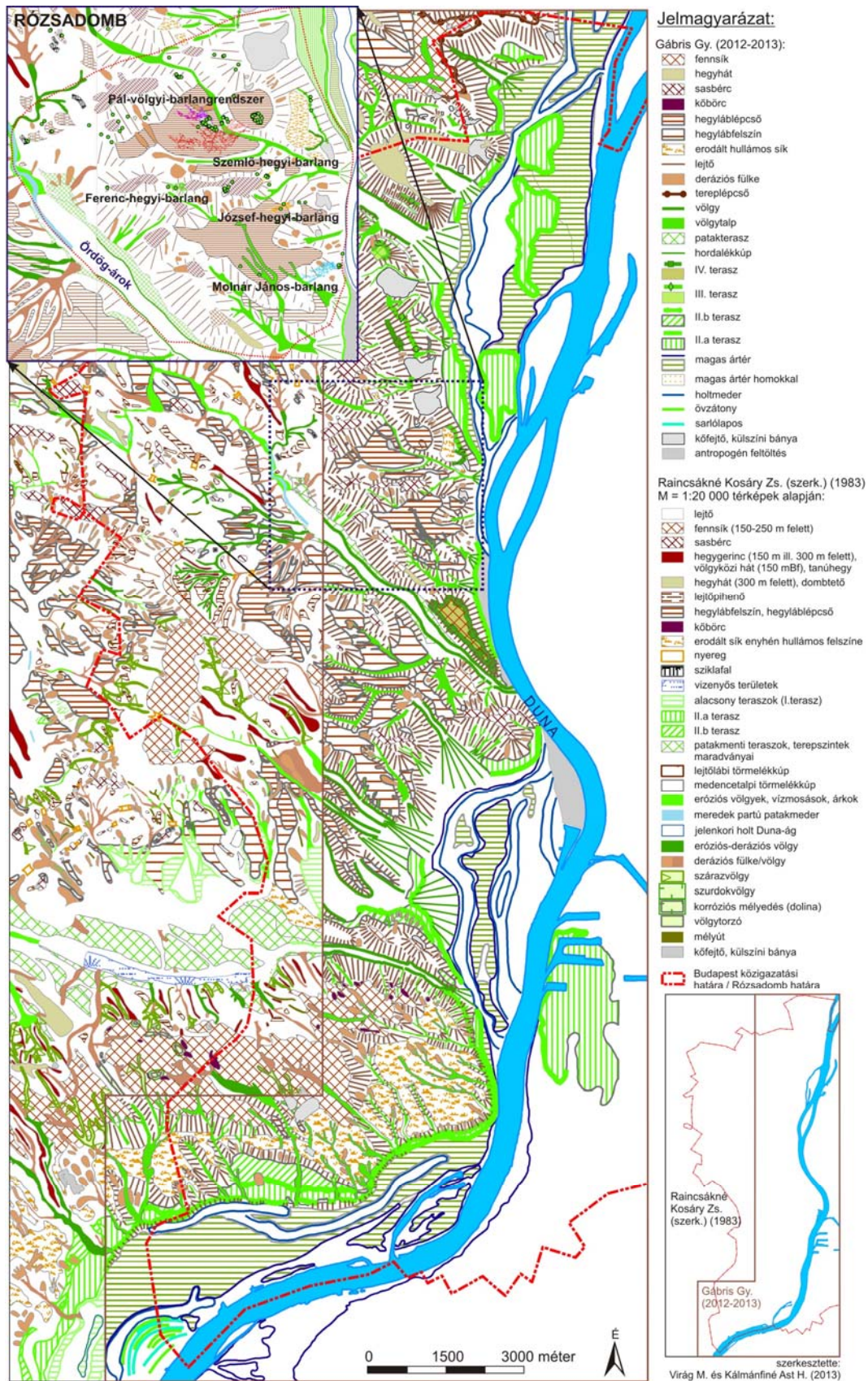
A térinformatikai elemzések eredményeit az archív adatokkal, adattári forrásmunkák adataival és a rendelkezésre álló szakirodalmakban tett megállapításokkal összefüggésben és diszkutálva tárgyalom.

7.1 Függelenség a felszíni topográfiától (geomorfológiai elemzések)

A geomorfológiai térkép (17. ábra) alapján nem fedezhető fel lényeges összefüggés a felszíni morfológiai elemek és a barlangjáratok között. A Szép-völgy mentén ugyan sok barlangjárat megfigyelhető, azonban ezek kialakulása nem a felszínfejlődés és a völgybevagódás következménye. Ellenben a völgy bevagódása során időszakosan felszínre nyílhattak járatok, ami a 4.1.4 fejezetben részletezett formák és üledékek alapján feltételezett. A Kiscelli-fennsík kiterjedt édesvízi mészkő-előfordulása (II/a. terasz) és a benne kialakult kis üregek közt azonban közvetlen összefüggés van.

A lejtő kiettségét (18. ábra) és meredekségét (lejtő kategóriát) ábrázoló térképek és a barlangok közt sem fedezhető fel kapcsolat. Az ArcGIS program elemzésével készült (19. ábra) és az Építésföldtani térkép-sorozat alapján digitalizált térkép (20. ábra) azonban – nem meglepő módon – jó egyezést mutat. A meredekebb szakaszok a magasabb hegyek oldalában és peremén figyelhetők meg. Az utóbbi térképen feltüntetett kőfejtők és az azokból nyíló barlangok között szoros kapcsolat tapasztalható. A barlangjáratok és a negyedidőszaki képződmények közti függetlenség a vastagságtérképre (21. ábra) is jellemző, bár itt a járatok a kevésbé vastag kvarter üledékek alatt húzódnak. Ez azonban inkább a felszíni topográfiával van kapcsolatban, hiszen az üledékek vastagsága a völgyekben és az alacsony térszíneken jóval nagyobb, mint a kiemelt helyzetű hegy- és dombtetőkön.

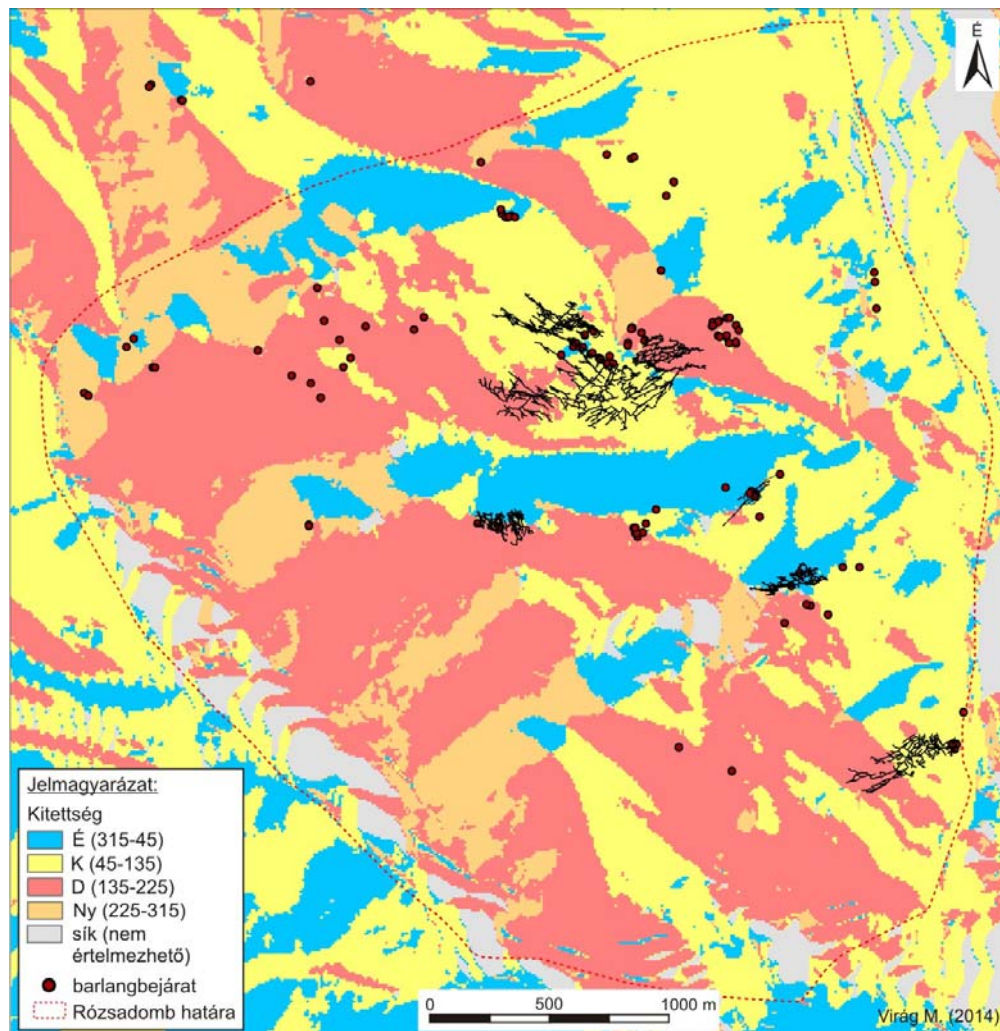
A barlangjáratok helyzete és a felszíni topográfiai-morfológiai jellemzők között a fentiek alapján sem figyelhető meg érdemi összefüggés. A néhány természetes módon felszínre nyíló barlang korábban szintén hipogén karsztos folyamatok hatására, a mélyben, a felszíntől függetlenül fejlődhetett, és csak később, a terület pliocén-pleisztocén kiemelkedése során bekövetkező erózióknak köszönhetően nyílhatott a felszínre. Ezek általában hegytető közeli helyzetben (pl. Erdőhát úti-barlang, Árpád-kilátói-zsomboly), meredek hegyoldal peremén (pl. a Vaskapu-hegy ürege, a Kőkapu), vagy a Rózsadomb K-i meredek lábánál, a természetes langyos források zónájában (pl. Molnár János-barlang) találhatók.



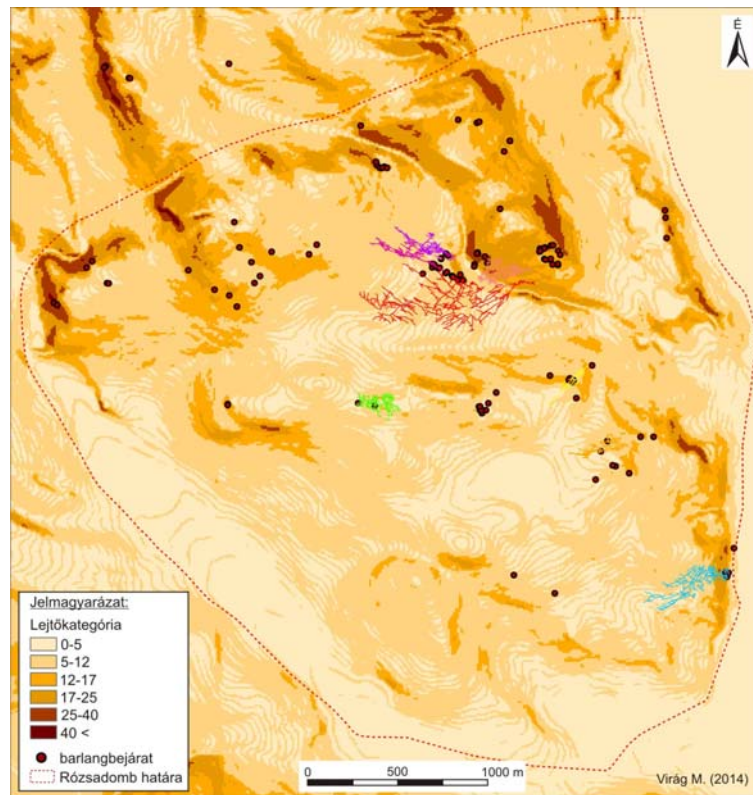
17. ábra. A budai oldal jellemző formáit bemutató geomorfológiai térkép (kiemelve a barlangokat is ábrázoló rózsadombi rész)

A többi barlang járatai általában nagyobb mélységben húzódnak: akár 40-50 méterre vagy annál jóval mélyebben is lehetnek a felszíntől (pl. József-hegyi-barlang, Molnár János-barlang, Mátyás-hegyi-barlang; vö. LEÉL-ŐSSY SZ. 2014). Helyenként azonban néhány méterre is megközelíthetik a felszínt (pl. Ferenc-hegyi-barlang).

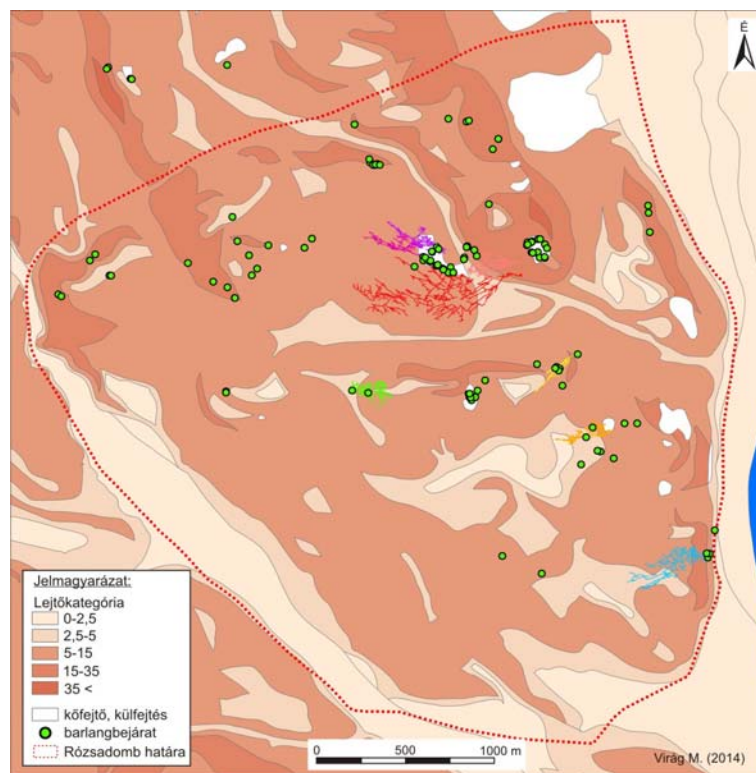
A járatok helyzete ezzel szemben szoros összefüggést mutat a terület földtani felépítésével és tektonikájával (22 és 23. ábra). A szerkezeti elemek és barlangjáratok összefüggéseit járatorientáció elemzések alkalmazásával végeztem (ld. 7.4 fejezet).



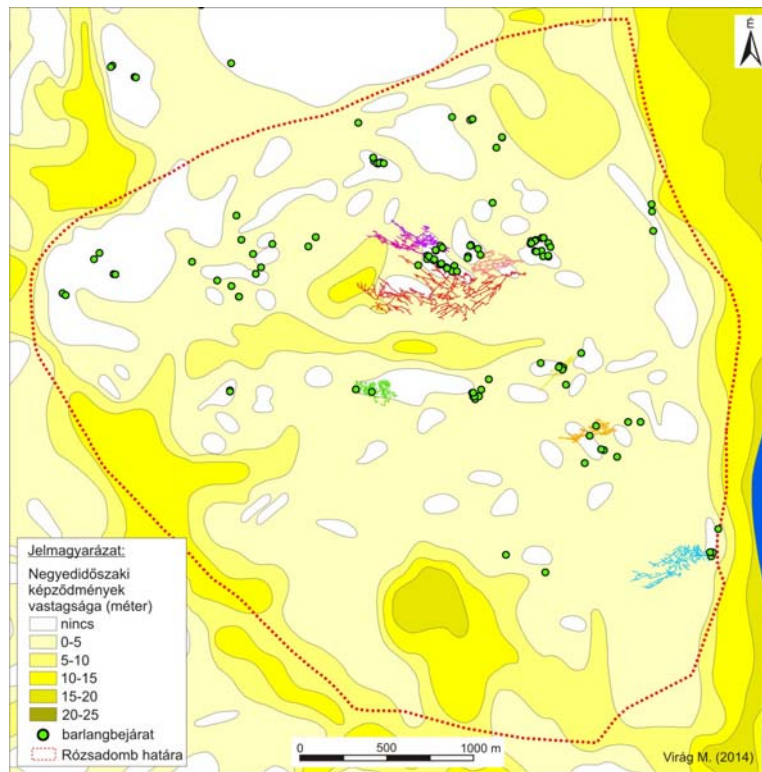
18. ábra. A Rózsadomb lejtőkitettség térképe
(ArcGIS feldolgozás; barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)



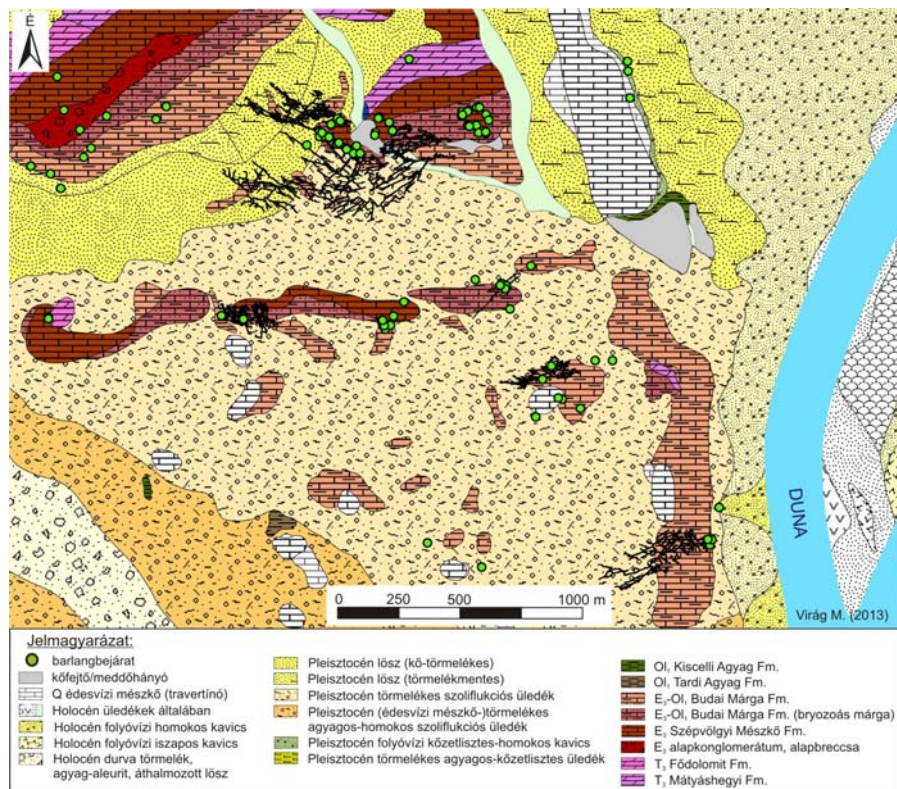
19. ábra. A Rózsadomb lejtőkategória térképe
(ArcGIS feldolgozás; barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)



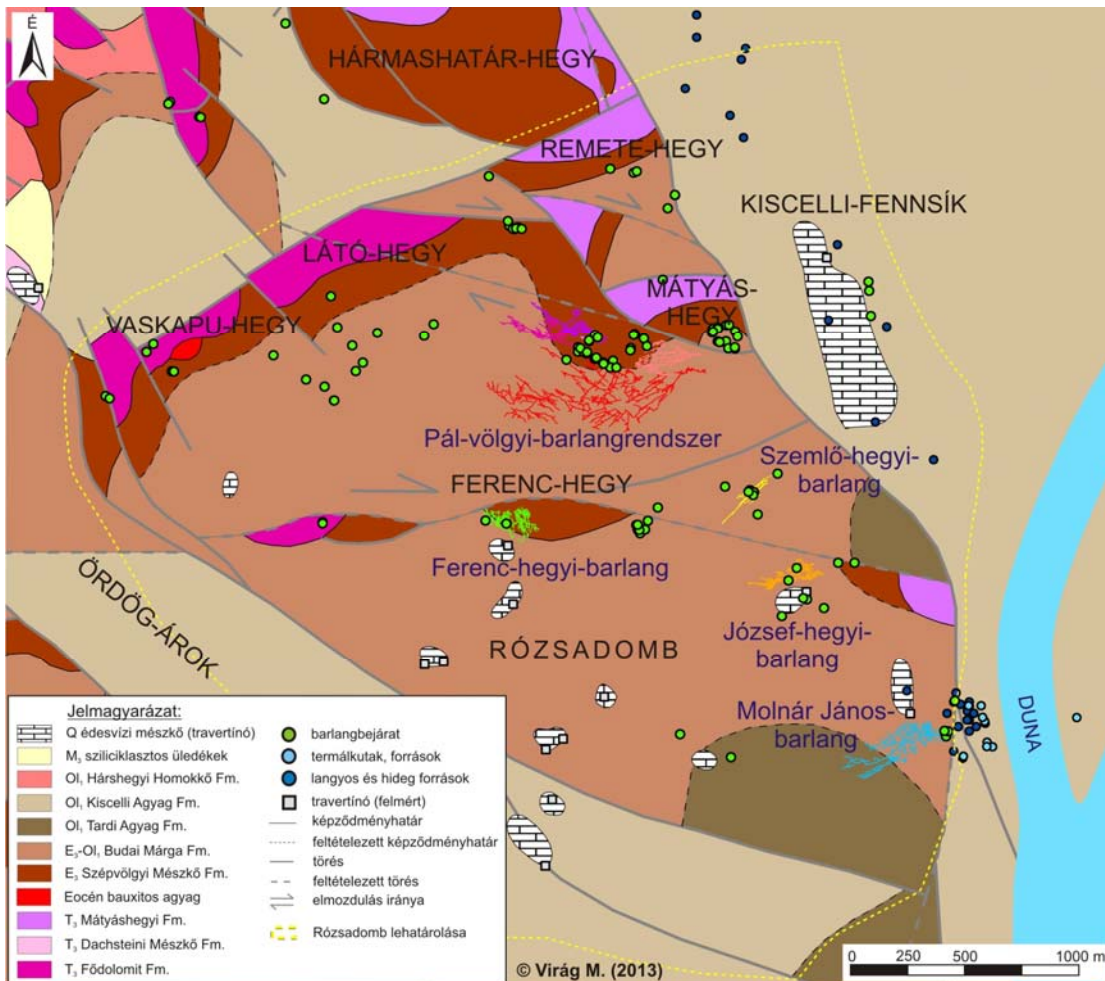
20. ábra. A Rózsadomb lejtőkategória térképe (RAINCSÁKNÉ KOSÁRY ZS. (1985):
Budapest építésföldtani térképsorozata alapján, MBFH;
barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)



21. ábra. A Rózsadomb negyedidőszaki vastagságtérképe (Raincsákné Kosáry Zs. (1985): Budapest építésföldtani térképsorozata alapján, MBFH; barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)



22. ábra. A Rózsadomb földtani térképe, a negyedidőszaki képződményekkel, a jelenleg ismert barlangokkal és a jelentősebb (> 1 km) barlangok polygonjaival (földtani térkép: MÁFI 1:10 000 térképe alapján, barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)



23. ábra. A Rózsadomb fedetlen földtani térképe, forrásai és kútjai, jelenleg ismert barlangjai és a jelentősebb (> 1 km) barlangok polygonjai (földtani térkép: Fodor L. (in Mindszenty et al. 2000) alapján, travertínok: Wein Gy. 1977, Scheuer és Schweitzer 1988 és Kele S. 2009 után GPS méréssel, barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás, források: Magyarország forrásainak katasztere 1997, OVF-VITUKI Rt Hidrológiai Intézet, termálkútak: Lorberer Á. 1991)

7.2 A területhasználat változása (1785-től napjainkig) – a köfajtók művelése, az építkezések és a barlangfelfedezések összefüggései

Az alaptérképek értelmezésével és digitalizálásával elkészített, felszínborítás-változást bemutató térképek alapján az időbeli változást diagramsorozat is szemlélteti (24. ábra), amely jól mutatja, hogy az egyes területhasználati kategóriák a vizsgált évben hány %-át tették ki az összterületnek. Ez alapján például nagyon szembevető az erdők visszaszorulása (a kezdeti 38,6%-ról a mai 16,3%-ra) és ezzel együtt a „nem összefüggő településszerkezetű” területhasználat-típus térnyerése (3%-ról 74,6%-ra).

Mari László (MARI L.– FEHÉR K. 1999, MARI L. 2000) korábbi munkájával (ld. 3.3 fejezet) összehasonlítva kisebb különbségek adódnak, melyek az elkülönített kategória típusok számából és jellegéből, illetve az interpretáció szubjektivitásából adódnak. A felhasznált

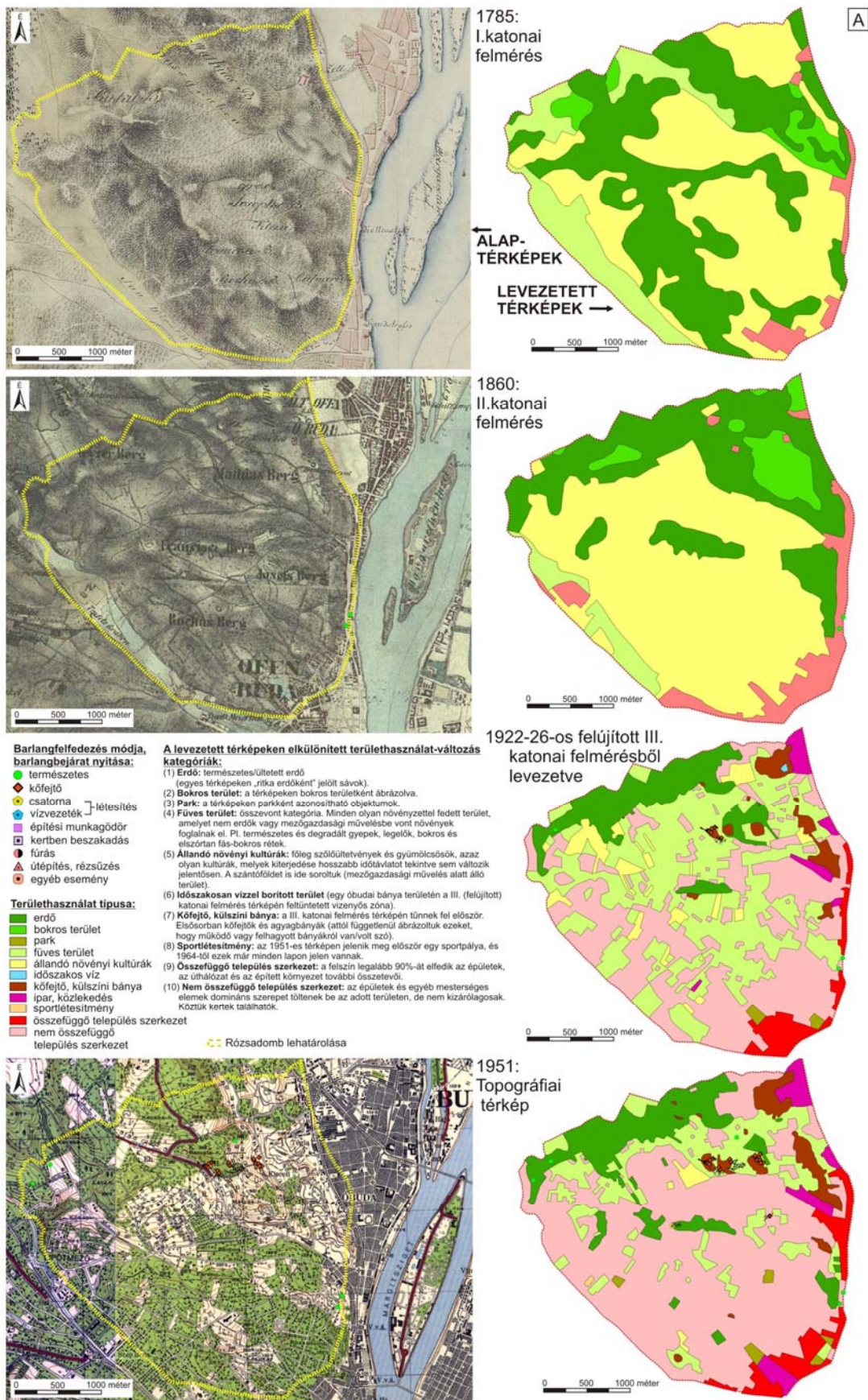
térképek sem teljesen azonosak: az I., II. és a III. felújított katonai felmérések, illetve az 1964-es és 1985-ös topográfiai térképek mellett további (1951-es és 1997-es) topográfiai térképeket, valamint a Google Earth alkalmazás IKONOS űrfelvételét (2008) is felhasználtam. Jelen munkámban a különböző időszakokban (1950-tól kb. 10 éves időközökkel) készült térképek kiválasztása és feldolgozása a barlangfelfedezési időszakokkal és ütemekkel összhangban történt (24. ábra).

A barlangbejáratok és -járatok feltüntetésével (a felfedezések időpontjának ismeretében) jól nyomon követhető, milyen összefüggés van az egyes területek felszínborítás-változása és a barlangok megismerése között. A terület jelenlegi területhasználatát, beépítettségét és a különböző módon megismert barlangok helyét a 25. ábra mutatja.

A térképek elemzése alapján megismert területhasználat-változás, az archív fényképek, irodalmi adatok és egyéb háttérinformációk alapján szépen kibontakozik a terület urbanizációjának folyamata.

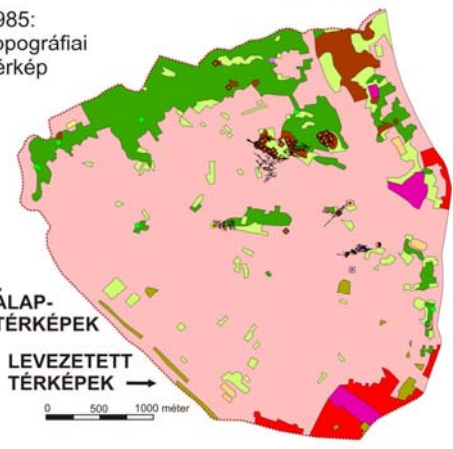
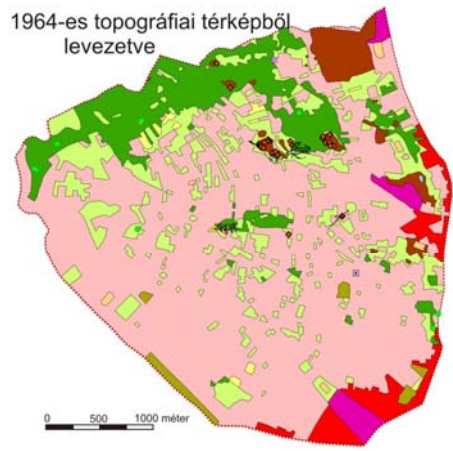
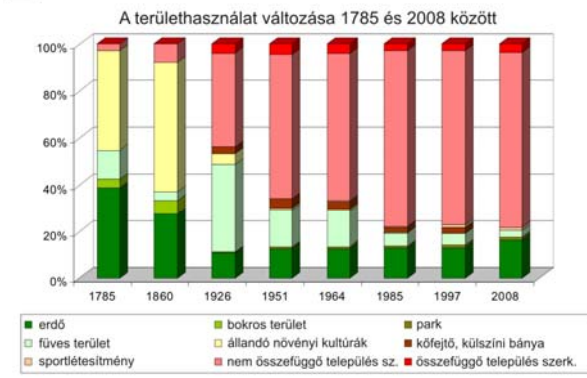
Az **I. és II. katonai felmérés térképein (1785 és 1860)** a lankásabb, dombos területeket mindenütt állandó növényi kultúra (szőlő és/vagy gyümölcsös) foglalja el. A magasabb hegyoldalakat még erdő borítja. Füves-bokros területek lehettek az Ördög-árok mentén és a Látó-hegy É-i oldalán, másutt ez a kategória nem gyakori. A II. katonai felmérés alapján az Ördög-árokban részben megművelt területek (szántók?) is lehettek. Az 1870-es évek második felében a filoxérajárványnak a budai szőlőtermelő kultúra is áldozatul esett. Ezt követően a kipusztult szőlő helyén, a Rózsadomb nagy része füves területté (parlag, kaszáló?) vált, illetve haszonnövényeket (például kukoricát) termesztettek rajta. A Duna menti alacsonyan fekvő síkságon már összefüggő településszerkezet figyelhető meg.

A terület kőfejtőinek működéséről sajnos csak kevés adat áll rendelkezésre. A művelés kezdetét és végét dokumentáló pontos ismeretek hiányában a Rózsadomb környékén egykor zajló kőbányászatról csak a korabeli földtani jellegű cikkek, leírások, utalások, valamint a barlangfelfedezések révén kaphatunk képet. A bányák helyét a II. katonai felmérés (1860–61) még nem jelöli, azonban SZABÓ JÓZSEF (1858) a Budai-hegység földtani viszonyait bemutató leírásából tudjuk, hogy a Szép-völgyben már akkor több kőfejtő („összesen vagy tizenkét bánya”) is létezett, amelyekben az eocén mészkövet és márgát bányászták. A munka a Duna partján, a József-hegy lábánál a mészkő hasadékából fakadó langyos forrásról és a Császár fürdő melletti sziklafalnál található ház udvarában bányászott eocén márgáról is beszámol. Szintén itt olvasható, hogy a Kiscelli-fennsík édesvízi mészkövét több kőfejtőben is művelték (D-i részén a „Holdspach”, É-on a mai Kiscelli Múzeumnál pedig a „Khelly” bányát említi). Az édesvízi mészkő fejtése közben már ekkor feltáruhlhattak a benne húzódó kisméretű üregek (Doberdó úti 1., 2., 3. sz. kőfülke), amelyek leírása csak később történt meg.

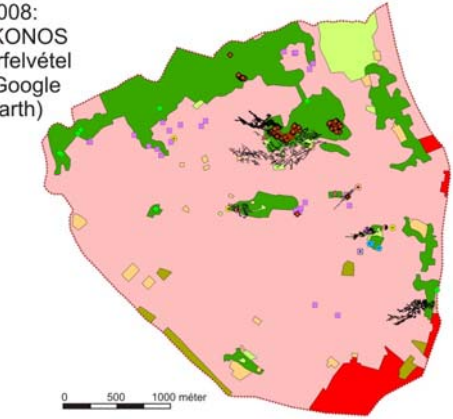
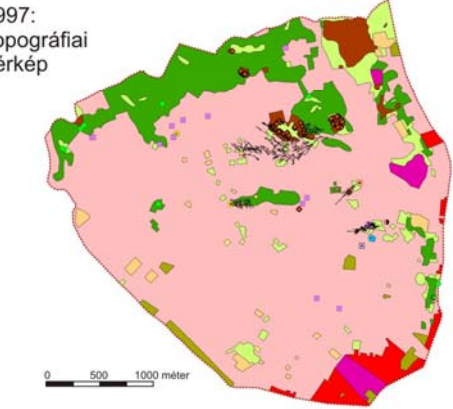


24. ábra. (a) Urbanizáció és területhasználat változás a Rózsadombon I. (térinformatika, interpretáció: Kálmánfné Ast H. és Virág M., 2013)

B



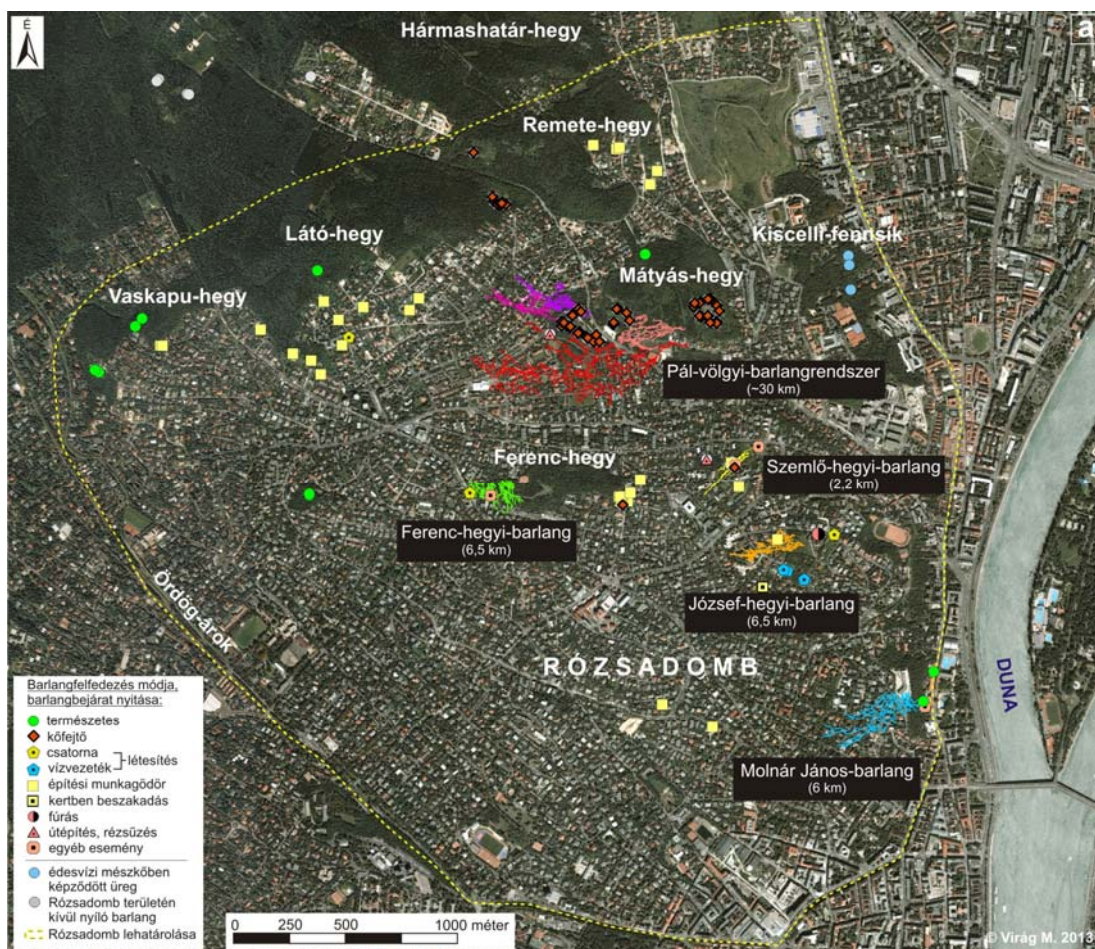
ALAP-TÉRKÉPEK
LEVEZETETT TÉRKÉPEK →



24. ábra. (b) Urbanizáció és területhasználat változás a Rózsadombon 2. (térinformatika, interpretáció: Kálmánfné Ast H. és Virág M., 2013)

HOFMANN KÁROLY (1871), SCHAFARZIK FERENC (1904), valamint SCHAFARZIK F. és VENDL A. (1929) is bemutatja a területen és környékén működő/működött kőfejtők jellemzőit. A helyenként már visszaerdősülő kőfejtők szerencsére ma is megtalálhatók és viszonylag jól vizsgálhatók. A geológiai és barlangtani kutatások számos új eredménnyel szolgáltak a tudomány számára. Az ember felszint megbontó munkája nélkül mindezek ismeretlenek maradtak volna. A bányászat tehát „tájromboló” hatása mellett fontos tudományos értékeket tárt fel, és tett tanulmányozhatóvá.

SCHAFARZIK F. (1904) munkájából számos, akkoriban működő kőfejtőt ismerhetünk meg. Ezek szerint a század elején még a terület valamennyi ma már felhagyott kőbányája termelés alatt állt. Az 1900 körül készült kép (26. ábra) is mutatja, hogy a XX. század elején a Mátyás-hegy DK-i kőfejtője és a Kiscelli-fennsík D-i peremén elhelyezkedő Újlaki (mészégető) cementgyár is üzemelt. Úgy tudjuk, hogy a Pál-völgyi kőfejtőben a kőbányászat az 1910-es években szűnt meg, s ekkor kezdődhetett meg a barlang idegenforgalmi hasznosítása (TAKÁCSNÉ BOLNER K. – KISS A. 2004, TAKÁCSNÉ BOLNER K. 2011).



25. ábra. A Rózsadomb területének lehatárolása, jelenleg ismert barlangjai és 1 km-nél hosszabb barlangjainak járatai (polygonok) (barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás, térkép alap: Google Earth IKONOS űrfelvétel)



(a) 1900 körül: háttérben az akkor még működő Mátyás-hegy DK-i kőfejtő, az előtérben az Újlaki téglá- és mészegető gyár és a Rózsadomb még csaknem beépítetlen területe (Müller László felvétele, BTM Kiscelli Múzeum Fényképgyűjtemény)

(a-c) A Mátyás-hegy DK-i lejtője és a Rózsadomb



(b) Napjainkban (2013): a hegyoldalban még látszik a felhagyott kőfejtő, előtérben a beépült Rózsadomb



(c) A Kiscelli-fennsík pereme, az egykori Újlaki téglá- és mészegetőgyár felhagyott kőfejtőjével (helyén ma irodaházak és lakópark, 2013)



(d) A beépült Rózsadomb és Kiscelli-fennsík a Duna felől, háttérben a Hármashatár-hegy és jobbra a Nagy-Kevély (2013)

(e-f) A Hármashatár-hegy - Csúcs-hegy vonulatának látképe a Duna felől



(e) A Margitszigeti víztoronyból a '30-as években készült felvételen jól látszanak a hegyoldalban a téglagyári agyabányák és a Kiscelli-fennsík peremén az akkori Schmidt kastély épülete (BTM Kiscelli Múzeum Fényképgyűjtemény)



(f) Az Árpád hídról készült felvételen az óbudai épületek nagy részét eltakarja a Hajógyári-sziget növényzete, a háttérben azonban látszik, hogy az egykori agyabányák környezete mára beépült



(g) A Rózsadomb 1900 körül (fotó: Müller L., BTM Kiscelli Múzeum gyűjteménye)



(h-i) A Rózsadomb látképe a János-hegyi kilátóból
(h) 1974-ben (fotó: Székely T., BTM Kiscelli Múzeum Fényképgyűjtemény)



(i) A (h) képen bemutatott panoráma, 2009-ben

26. ábra. A Rózsadomb urbanizációjának története képekben

A Pál-völgy – Szép-völgy mentén a (főként a Holdspach-féle és az Újlaki téglá- és mészégető gyárhoz tartozó) Mátyás-hegy DK-i és Ny-i kőfejtőjében eocén mészkövet és márgát bányásztak, az utóbbi É-i udvarában azonban a műveletek során már a triász Mátyáshegyi Formáció is feltárult. A Pál-völgyi kőfejtőben, a völgy mentén feljebb a Francia-bányában és a Fenyőgyöngye-kőfejtőben az eocén mészkövet fejtették. A Ferenc-hegy eocén mészkövet kisebb kőfejtőkben több helyen is termelték. A Látó-hegy É-i oldalán kis dolomitfejtő ismert. A Vaskapu-hegyen is több helyen megfigyelhetjük a dolomitmurva-bányászat egykori nyomait. A XIX. században ugyanis a környéken élő svábok a porló, murvásodó dolomitot „köporként” kaparták ki, és a konyhaedények tisztításához használták és árulták. Később ez lett a VIM, majd Superdol súrolópor alapanyaga. A József-hegy K-i oldalában található Melocco-kőfejtőben eocén márgát bányásztak. D felé azonban elérték a K–Ny-i csapásirányú triász Mátyáshegyi-dolomit réteghatárát, így felhagytak a műveléssel (in MAGYARI Á. 1996). A Pál-völgyi kőfejtőbeli bányászat megszűntében az is közrejátszott, hogy a műveletek során üregekkel sűrűn tagolt szakaszokhoz érkeztek.

Az eocén nummuliteszes mészkő évtizedeken keresztül útkavicsoláshoz, betonkészítéshez, falak építéséhez, alapozásához és termésköként kerítések, házak falának külső burkolatául szolgált. Ezt használták fel a Parlament alapját képező betontömb kialakításánál is. A Budai Márgát cement gyártásához is fejtették. A Pál-völgy alsó részén, a Kiscelli-fennsík D-i oldalán működő cementgyárban a mészdúsabb márgát agyagdúsabb márgával keverték, hogy a portlandcement előállításához szükséges 75% CaCO_3 és 25% agyag arányt elérjék. A Szépvölgyi úttól É-ra egészen a Péter-hegyig több téglagyár is feldolgozta az ott bányászott Kiscelli Agyagot. Az 1930-as években készült felvételen is látszik a működő agyagbánya és téglagyár. A Kiscelli-fennsíkon bányászott édesvízi mészkő jól faragható, ezért építkezésre, illetve összetörve betonadalékként is használták (SCHAFARZIK F. – VENDL A. 1929).

A kőfejtők működésével párhuzamosan megindult a Rózsadomb beépülése is. Az **1900-as években** készült felvételeken (26. ábra) látható, elszórtan nagy kertekkel rendelkező kétemeletes házak és villák lakói haszonnövényeket termesztettek. Az 1930-as években a Duna-part sűrűn beépített része és a Kiscelli agyagbánya mögött, a Remete-hegy K-i lankásabb oldalára már néhány ház (nyaraló?) és füves parcella is felhúzódott (26. ábra). A térképek a művelt parcellákat – feltehetően a méretarányból adódóan – nem ábrázolták.

Az **1922–26-os térképen** már látszik a Rózsadomb fokozódó beépülése („nem összefüggő településszerkezet”) és ezzel együtt az erdős területek csökkenése. A terület csatornázása során, 1932–43 között a Fővárosi Csatornázási Művek jóvoltából sekélyfúrások és feltárások

létesültek. Ezek, valamint az építkezések során nyitott alapozógödrök fontos adalékokkal szolgálták a Rózsadomb földtani felépítésének megismeréséhez.

A magasabban húzódnó területeken (például a Látó-hegy D-i részén) az 1922-es térképen elszórtan kisebb (hétvégi?) házak és hozzájuk tartozó telkek (és gyümölcsös?) figyelhető meg. 1964-re a beépülés fokozódik, de még mindig a kisebb házak jellemzők. Az 1974-ben a területről készült felvétel a Látó-hegy D-i oldalát már szinte teljesen beépültnek mutatja (26. ábra). Az 1960-as, 1970-es években a Rózsadombon és környékén is megjelentek a többemeletes tömbházak.

A **2000-es évektől** kezdve (**jelenleg** is) zajlik a még üresen álló területek fokozatos beépülése. A házak egyre inkább felhúzódnak a magasabb részekre (például Mátyás-hegy és Remete-hegy K-i oldala, Vaskapu-hegy Ny-i és D-i oldala, Látó-hegy: már egészen az Árpád-kilátóig), és a Pál-völgy – Szép-völgy mentén is újabb és újabb alapozógödrök nyílnak. A kor stílusának megfelelően lakóparkok és irodaházak épülnek.

Az 1980-as években (részben a különösen jelentős természeti értéknek számító József-hegyi-barlang 1984-es felfedezését követően) felismerték, hogy a barlangjáratok védelme érdekében azok felszínén és hatóterületükön belül bizonyos védelmi intézkedéseket szükséges bevezetni, vagyis korlátozni kell az antropogén tevékenységet.

A Rózsadomb területén 1986-ban építési korlátozások alapját képező A-B-C zónákat jelöltek ki. A barlangok felszínére vonatkozó terület határokat és szabályokat, korlátozásokat a 229/1986, ill. a 178/1990. (IX.18.) sz. II. ker. Tanács VB. határozat ismerteti. 1995-ben vezették be a B* zónát, és a korlátozásokat Budapest Főváros II. Kerületi Önkormányzatának Képviselő testülete a hatályos, 2/2007 (I. 19.) sz. Kerületi Városrendezési és Építési Szabályzatába is átemelte.

Az „A” zónát az akkor ismert 5 jelentős kiterjedésű nagybarlang járatainak elhelyezkedése és a földtani felépítés: a kőzetrétegek dőlésviszonyai és a tektonikai adottságok alapján határolták le. A „B*” zóna az „A” zónát körülvevő puffterületen, illetve több kisbarlangnál is kijelölték (Ez is csak az 1995 előtt megtalált barlangokra vonatkozik, az azóta talált újabb járatok még nem tartoznak bele.) A beépítetlen telkeken új fő és melléképület nem építhető, és a meglévő bővítése, átépítése esetében is előtte üregkutatást is tartalmazó talajmechanikai vizsgálat szükséges, valamint a szennyvízelvezetést meg kell oldani. Ha a munkálatok során barlangot találnak, az építkezést azonnal le kell állítani és jelenteni kell a Vidékfejlesztési Minisztérium Barlangtani és Földtani Osztályának. Megkülönböztetnek még „B” zónát, ahol további barlangok, járatok előfordulása lehetséges. Az építési korlátozás alapján akkor építhető új főépület, ha azt szintén talajmechanikai vizsgálatok előzik meg, megoldott a

szennyvízkezelés, és új barlang megtalálása esetén kötelező azt bejelenteni. A „C” zónára a korlátozások már nem terjednek ki, hiszen itt (elvileg) már nem fordulhat elő barlangjárát. Ellenpéldaként említhető a Molnár János-barlang, ahol az 1980-as évek végén a zónák kijelölése az akkor ismert 460 méter járatszakasza történt. A barlang 2002-től feltárt szakaszának jelentős része azonban az agyaggal fedett „C” zóna alatt húzódik! Ez a példa is mutatja, hogy időnként szükség lenne e barlangvédelmi zónák felülvizsgálatára.

7.3 A Szépvölgy-Rózsadomb környékének urbanizációja a barlangfelfedezések tükrében – a barlangok felfedezése és kutatása

A Szépvölgy-Rózsadomb térségében jelenleg ismert 98 barlang közül mindössze 9 rendelkezett természetes úton felszínre nyílt bejáráttal (25. és 27. ábra), a többi barlang megismerése egyértelműen az urbanizációnak köszönhető. A rózsadombi barlangokat felfedezésük körülményei szerint csoportosíthatók (LEÉL-ŐSSY SZ. 2003, 2014). A rózsadombi nagy- és kisbarlangokról részletes leírás és információ LEÉL-ŐSSY SZ. (1995) munkájában és a www.termeszetvedelem.hu honlapon található.

7.3.1 Természetes úton felnyílt barlangok

A József-hegy lábánál fakadó langyos vizű források természetes járatai vagy mindig is nyitottak voltak, vagy az erózió tárta fel őket. A Lukács és Császár fürdő forrásait elemezve MOLNÁR JÁNOS (1869) figyelt fel elsőként a hegyoldalban nyíló üregre (a mai Molnár János-barlangra). 1858-ban vizsgálta a langyos források hőmérsékletét (Boltív-forrás: 27,3 °C, Alagút-forrás: 31 °C) és összetételét. 1865-ben a tó lecsapolása után behatoltak a barlang vízszint feletti üregébe. Az újabb vízelemzések mellett Molnár elkészítette a barlang első felmérését és térképét, s ezek alapján már ekkor kiterjedt, víz alatti üregrendszer létezését feltételezte. Búvártechnika hiányában azonban a forrás mögötti barlangrendszer még sokáig feltáratlan maradt. A Császár fürdő kapcsán MOLNÁR J. (1869) azt írja, hogy a fürdővel szemben, az országút túloldalán található kétemeletes ház („lábadozó betegek háza”) udvarában 1865 augusztusában fedeztek fel egy barlangnyílást, „melyből észrevehetően vízpára gőzölög ki”. Ezt a Török-forrás-barlang néven ismert üreget a 2007-ben kezdődő merülések a mai napig 15 m hosszan tárták fel.

A Rózsadomb ma már kiemelt helyzetű területeinek felszínén semmi jel nem utalt a mélyben húzódó barlangokra. A hegyek tetején és oldalában idővel a felszín közelébe felnyúló járatok némelyike az erózió következtében természetes úton feltárulhatott.

Például a Mátyás-hegy tetejétől (230 m) ÉNy-ra a tűzköves dolomitban nyíló barlangüreget (Erdőhát-úti-barlang vagy Mátyás-hegyi-sziklaüreg) – a Táborhegy K-i oldalában nyíló üreghez (Tábor-hegyi-barlang) hasonlóan – már SCHAFARZIK F. és VENDL A. (1929) is említi. A Látó-hegy tetejéhez közel, a hegyoldalban nyíló Árpád-kilátói-zsomboly is természetes lehetett. A járatok morfológiája és oldásformái alapján ezek a hévforráskürtők akár egykori hévízfeltörési pontok, forrasszájak is lehetnek. Az Erdőhát-úti-barlang járatait nagy vastagságban borítják és helyenként szinte teljesen kitöltik az egykori forrás kiválásai: a „kalcitszivacs” és a részben magnezit(!) anyagú borsókövek halmaza.

Az Ördög-árok peremének látványos geomorfológiai formái, sziklakibúvásai, az Apáthy-szikla és a Vaskapu-hegy, valamint a Balogh Ádám-szikla (Csatárka-barlang) triász Fődolomitban nyíló üregei részben szintén természetes úton, az erózió által tárultak fel. A dolomitmurva bányászatával, a „kőpor kikaparásával” a korábban természetes üregeket is mesterségesen tovább tágíthatták. A Kőkapu látványos sziklaformája oldásos üregeket, barlangi kiválásokat, és feltehetően pleisztocén korú vagy idősebb, de a pleisztocén idején áthalmazódott szárazföldi vörösayagos-kőzettörmelékes málladékot rejt magában. Elképzelhető, hogy ez az eocénben képződött agyagos-bauxitos üledék lehet, mely a később (kora-pleisztocénben?) keletkezett barlangba behordódva kitöltötte azt, majd a későbbi pleisztocén völgyképződés és kiemelkedés során, az erózió következtében feltáródott.

7.3.2 A kőfejtők barlangjai

Az üregeket a terület beépülésének kezdetén, a XIX. század 2. felében és a XX. század elején a kőfejtők tárták fel. A Szépvölgy-Rózsadomb 98 barlangja közül 48 kőbányászat során nyílt fel. Ismertségüket első dokumentált említésüktől számíthatjuk.

SZABÓ J. (1858) munkájából tudjuk, hogy a Szép-völgyben ekkor már több kőfejtő is létezett, HOFMANN K. (1871) pedig már a kőfejtőkben látható üregekre is felfigyelt. A XIX. századi nagy összefoglaló földtani leírások azonban még nem tértek ki sem a karsztosodásra, sem a bányászat során felnyíló barlangüregekre.

A kisebb üregeknek akkor még a bányászat sem tulajdonított jelentőséget. A művelés során ezeket szinte teljesen lebányászták, emléküket csak a kőfejtők falában felfedezhető összeszűkülő hasadékok, oldásformák és cseppkőbekéregzések őrzik. A turisták a XX. század elején már figyelték a fejtési munkálatokat, és az időről időre megnyíló üregekből „leletmentés” jelleggel összegyűjtötték a cseppköveket. 1902-ben a **Pál-völgyi kőfejtő** Ny-i végében egy nagyméretű nyílás mögötti járatba behatolva fedezték fel a cseppkövekkel díszített Harcsaszájú- vagy Déry-barlangot (KADIĆ O. 1936). Ezt követően a kőfejtő agyaggal, omladékkal kitöltött járatait és üregeit már szisztematikusan átvizsgálták, s 1904.

június 23-án felfedezték a Pál-völgyi-barlangot. SCHAFARZIK F. és VENDL A. (1929) az előbbiekkal együtt említi még a Harcsaszájú-barlang bejárata alatt nyíló Kőbánya-barlangot (mai Bagyura-barlang), az ÉNy-i oldalban található Pál-völgyi-sziklaüreget, az ÉK-i részen a Szépvölgyi-barlangot (mai Hideg-lyuk, 1908), valamint a sziklák tövében a Pál-völgyi Ördöglyukat vagy Jordán-barlangot (mai Bekey-barlang?).

A kőfejtő falában nyíló barlangok (látványos gömbfülkék, oldásformák) már a kőbányászat idején ismertek lehettek, azonban érdeklődés hiányában ezek feledésbe merültek. A barlangok felfedezése, megismerése tehát nem a kőfejtők művelése közben, hanem később, a bányaudvarok falának szisztematikus átvizsgálása során következett be. Az agyaggal vagy kőzettörmelékekkel kitöltött hasadékok, valamint az oldásformákkal vagy cseppkőképződményekkel is jelzett barlangindikációk megbontásáról az esetek többségében már pontos dátum és információ áll rendelkezésre.

A Pál-völgyi kőfejtő É-i és D-i (illetve Ny-i) sziklafalában nyíló kis különálló (egykor feltehetően összefüggő) üregek a „levegőben” gondolatban összeköthetők egymással. A mai bányaudvar helyén húzódó járatokat a kőfejtés során leművelték. E lefejtett, ezáltal örökre megsemmisített üregek feltehetően a bemutatott kisbarlangokhoz hasonlóak lehettek. Az 1900-as évek elejének barlangfelfedezései után hosszabb szünet következett. 1957-ben említik először a Pál-völgyi-sziklahasadékot, 1968-ban pedig megtalálták a Gábor Áron-barlangot és a Bekey-barlangot (az utóbbi valószínűleg a korábban már ismert Jordán-barlang „újrafelfedezése”). A Bekey Imre Gábor nevét felvevő kutatócsoport munkájának eredménye, hogy 1982-ben és 1985-ben több új barlangot is megismertek. A kisbarlangokat főként a tektonikus hasadékok és oldásformák (főleg gömbüstök) jellemzik, kitöltésként pedig általában agyagot, miocén ásványtelérek maradványait vagy alárendelten cseppkővet, borsókövet találunk bennük. A Pál-völgyi kőfejtő barlangjainak kutatása jelenleg is példaértékű intenzitással folyik, amelynek eredménye a hazánk leghosszabb barlangjaként ismert Pál-völgyi-barlangrendszer (több mint 30 km).

A **Mátyás-hegyi DK-i kőfejtő** néhány üregéről már a Bertalan-féle barlangkataszter is említést tesz. Az Acheron Barlangkutató Csoport 1982-ben megindult kutatásai során több üreget is „újra” feltárt és dokumentált. Ezek több szintben, a mészkőben és a márgában húzódnak, és általában csak néhány méter hosszúak. Az üregképződés itt többnyire kalcitbarit telérekhez kötődik. A Barit-barlang járatait a névadó ásványkiválás béleli. A kőfejtő alsó részén nyíló barlangokban megjelennek a hévizes nagybarlangokból közismert kiválástípusok (kalcitlemez, borsókő, kalcitszivacs). Az agyagos kitöltésben pedig konkrétíószerű „sugaras gömbkalcitok” találhatóak. A sziklafal magasabb helyzetű barlangmaradványai jellemzően kiválásmentesek.

A **Mátyás-hegy Ny-i kőfejtőjében** a Mátyás-hegyi-barlang 1930-as években feltárt járatain kívül 1985-86-ban, illetve az utóbbi években csak egy-két kisebb üreg vált ismertté.

Az eddigi kőfejtőktől a Szépvölgyi út mentén É-ra, a Látó-hegy oldalában nyílik az egykor eocén mészkőben nyitott ún. **Francia-bánya**, és ezzel nagyjából szemben, a Remete-hegy oldalában a **Fenyőgyöngye-kőfejtő**. Az utóbbi egyetlen ismert barlangját, az óbudai Remete-hegyi-rókalyukat először 1954-ben említik. A Francia-bányában nyílik az 1958-ban feltárt Látó-hegyi-barlang és további 9 kisebb üreg, amelyeket 1987-ben az MKBT Központi Kutatótáborra tárt fel. Közülük legjelentősebb az eocén korallós mészkőben húzódó Korallós-barlang. A járatok formakincse és kiválásai a Pál-völgyi kőfejtő üregeihez hasonlóak.

Végül a kőfejtők által feltárt barlangok sorába tartozik a Szemlő-hegyi-barlang is, ahol az előbbi kőbányákhoz képest jóval kisebb méretű kőfejtés folyt a **Ferenc-hegyen** és annak K-i nyúlványán. Miklóssy Géza így találta meg 1930-ban a Szemlő-hegyi-barlangot. A Ferenc-hegyi-gömbfülke létezésére 1963-ban a Ferenc-hegy egyik kis kőfejtőjében észlelt kigőzölgés hívta fel a figyelmet.

7.3.3 Építkezések (házalapozás, közműépítés, útépítés, rézsűzés) során feltárult barlangok

A 24. ábra térképein is láthatjuk, hogy a Duna-part és a Rózsadomb peremi, alacsonyabban fekvő területei felől a város fokozatosan a Rózsadomb magasabb részei felé terjeszkedett, majd a hegyeket (Látó-hegy, Vaskapu-hegy, Remete-hegy, Mátyás-hegy) is elkezdték beépíteni. A kőbányászat barlangfeltáró szerepét egyre inkább a házalapozás, közmű- (csatorna-, vízvezeték-) építés vagy útépítés, rézsűzés vette át. Mivel a Rózsadomb (a Ferenc-hegy kivételével) szinte teljesen beépült, a meredekebb hegyoldalak, illetve a Szépvölgy folytatása kínálhat még újabb beépíthető területet. Ezeken a részeken még jó esély van rá, hogy a jövőben épületalapozási gödrök létesítése közben újabb barlang nyíljon meg. Mindez persze a szerencsén múlik – és az építetón, aki a járatok eltömedékelése helyett az új barlang felfedezését bejelenti.

A mai napig házalapozás során 30, csatornázás, illetve közműfektetés közben 5, míg egyéb, felszint megbontó munkáknak köszönhetően 6 barlangot fedeztek fel.

A Ferenc-hegyen és környékén az 1930-as évek **építkezései** több üreget is feltártak, amelyeket bejelentés nélkül eltömedékeltek, vagy megkutattak, de jelentősebb barlangot nem találtak (KESSLER H. 1934). Építkezések során felnyílt és nyomtalanul betemetett barlangokat említ KADIĆ O. (1952) például a Rókus-hegyen az akkori Mák utca és Tövis utca, valamint a Vérhalom utca és a Pajor utca sarkán. A Remete-hegy K-i oldalában pinceépítés során találták meg az óbudai Remete-hegyi-barlangot (LEÉL-ŐSSY S. 1957). Az intenzív

rózsadombi építkezések az 1960–70-es évektől zajlanak. Barlangfelfedezésekről, érdekes módon, csak az 1980-as évektől van tudomásunk.

Házalaposítás közben felnyíló gömbfülkéből jutottak be 1984-ben a híres József-hegyi-barlangba. Ezt követően a feltárás vezetőinek (Leél-Őssy Szabolcs és Adamkó Péter) irányításával az 1990-es évektől főleg a Rózsadomb térségében, illetve a Látó-hegy D-i oldalában zajló építkezések alapozási gödreiben felnyílt üregek megkutatásával vált ismertté számos kisbarlang. A Remete-hegy K-i oldalán a 2000-es évek első felében találtak ugyancsak építkezések által feltárt üregeket. A 27. ábra összesíti az 1980 óta megismert kisbarlangok adatait is összesíti. A barlangok felfedezése jól mutatja a terület fokozatos beépülési ütemét is.

A Ferenc-hegyi-barlangot **csatornafektetés** során találták meg (1933). **Csőtörés** és **vízvezeték-fektetés** során derült fény a József-hegyi 2-3. sz. barlang létezésére. A jelenleg kutatás alatt álló József-hegyi 4. sz. barlang bejáratánál, 2009-ben, az eltört nyomocsőből elfolyó víz nagy mennyiségben nyelődött el egy gömbfülkében.

Történt a Rózsadombon barlangfelfedezés **üregkutató fúrások** (József-hegyi B0-barlang, 1984), útépitéshez kötődő **részszűzés** (Zsindely utcai-barlang, 1985), illetve parkoló teraszosítása (Pünkösdi-barlang, 2007) során is. 1963-ban egy Áfonya utcai kertben a **felszín beszakadása** figyelmeztetett a barlang jelenlétére. 2010-ben a Pálvölgyi és a Zöldkő utca kereszteződésénél az út szélén észlelt **kigőzölgés** megbontásával találták meg a Kanális-barlangot.

Újabb barlangok felfedezését eredményezte 1977-ben a Kessler Hubert vezetésével a Malom-tó melletti, közel 200 m hosszú, 3 m átmérőjű **József-hegyi-tároló** létesítése is. A tárolóhajtáskor több helyen az oldalfalban barlanggyanús részeket találtak, amelyeket „ablakokként” meghagytak a későbbi kutatások számára. 2008-ban a Kessler-teremhez vezető segédhajtás idején az egyik „ablakot” tovább bontva fedezték fel a hófehér gipszkristályokkal díszített Szent Lukács-kristálybarlangot (ami ma Szent Lukács-ágként a Molnár János-barlang víz feletti szakasza; SURÁNYI et al. 2010). Ugyancsak **alagútépítéshez (óbudai gáztározó)** köthető a 2011-ben felfedezett Királylaki-barlang.

7.3.4 A Szépvölgy – Rózsadomb barlangjainak kutatása, újabb járatok feltárása

A Rózsadomb 98 barlangjának összhosszúsága több mint 52,5 km. A fent ismertetett kis barlangok ebből mindössze 2,5 km-t tesznek ki, a többit (50,1 km) az öt nagy barlang foglalja magába. Utóbbiak a hazai barlangok együttes hosszának (a 2013. március 1-i állapot szerint: 269,9 km) közel az egyötödét (18,6%-át) képviselik. A továbbiakban nagy barlangnak azt tekintjük, amelynek ismert hossza meghaladja az 1 km-t. Ezek 1982 óta fokozottan védett természeti értékeink közé tartoznak.

A **kisbarlangok** többnyire a Szépvölgyi Mészköből vagy a Budai Márgából (annak meszesebb, bryozoás részéből) nyílnak. Kivétel persze itt is akad. Az úttest rézsűzése során 1986-ban feltárt Zsindely utcai-barlangocska különlegessége, hogy az eocén mészkő alatt eléri a triász tüzköves Mátyáshegyi Formációt. A 1991-ben felfedezett, mészkőben húzódó Buda-barlang járataiban vörös agyagos kitöltés, valamint nagy mennyiségű karbonátkiválás (főleg kalciszivacs, illetve apadási színlő) található. (A mélyre nyúló, felszínközeli felhúzódó barlang feltételezhetően egykori forrásjárat, forrásfeltörési pont lehetett.)

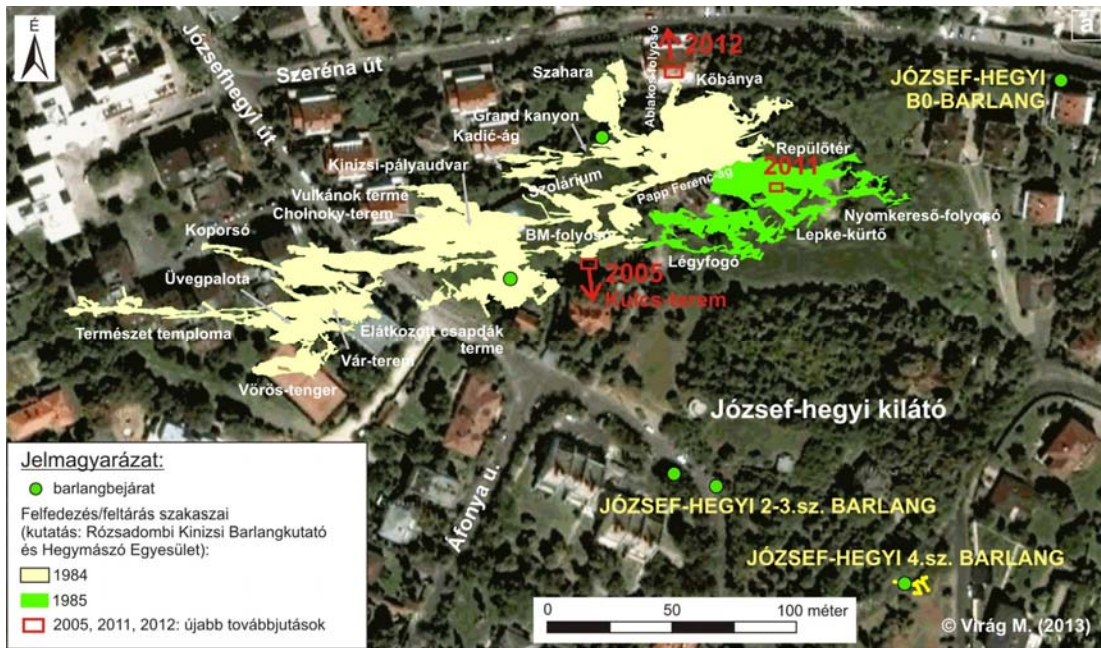
A Remete-hegy K-i oldalában a bryozoás márgában 2001-ben megnyílt, 18 m hosszú és 9 m mély Óbudai 1. sz. barlang hasadéka látványos oldásformákat (gömbfülke, gömbüst), valamint barlangi kiválásokat (kalciszivacs, borsókő, karfiol) tárt fel. A „Baritos-lugas” falát baritkristályokból álló kéreg vonja be.

A példaként említett üregek mellett a legtöbb kisbarlangra jellemző, hogy megkutatásuk néhány esetben eredményezett csak továbbjutást. Feltételezhető, hogy e felszínközeli, alul elvégződő gömbfülkék vagy gömbfülkesorok mélyebb helyzetben húzódó járatokhoz tartoznak, azonban a köztük lévő szakaszok barlangi kiválásokkal és üledékkel kitöltődtek, eltömődtek. Elképzelhető, hogy ezek a már ismert vagy egy még ismeretlen rózsadombi nagy barlangrendszerhez tartoznak.

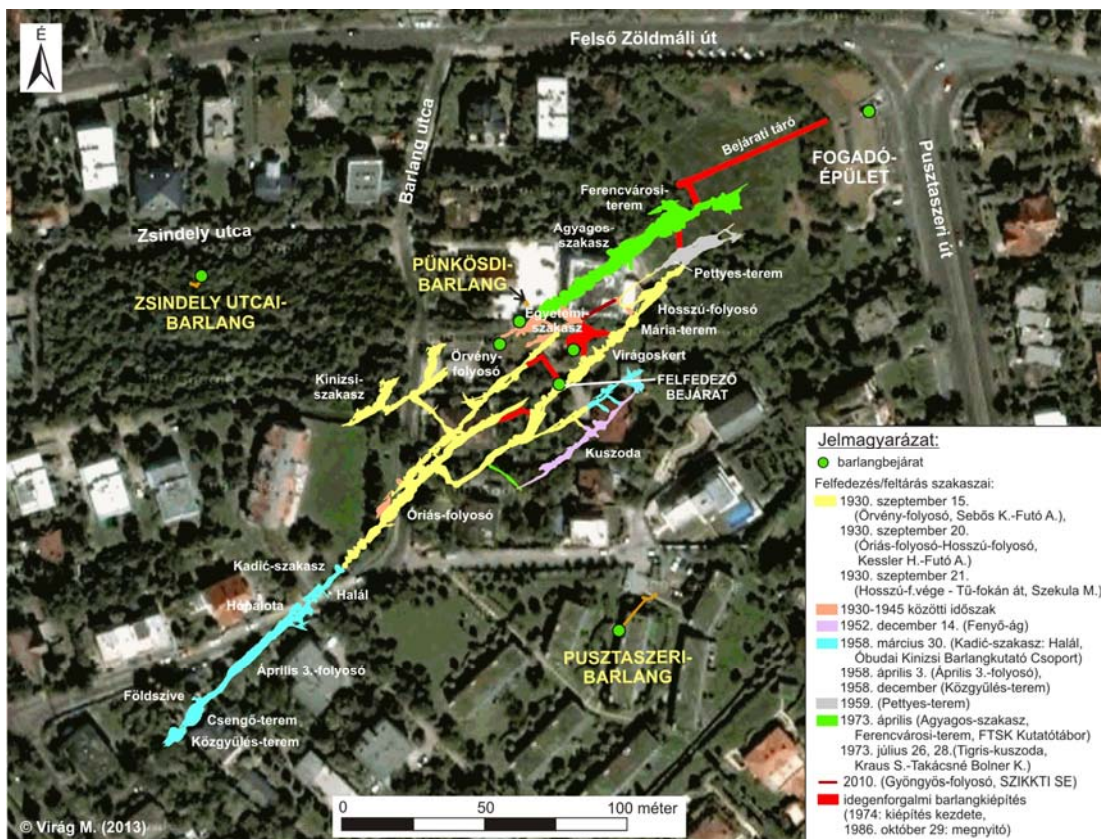
Amíg a kis barlangok felfedezése és megismerése lényegében azonos időszakra tehető, addig a **rózsadombi nagy barlangok** hosszúsága felfedezésüket követően eltérő mértékben növekedett. A *József-hegyi-barlangot* a megtaláláskor és az azt követő évben (1984, 1985) utáni egy-két éven belül nagyrészt megismerték a kutatók (28. ábra). A *Szemlő-hegyi-barlang* járatainak nagy része a felfedezés évében (1930) és az azt követő időszakban szintén ismertté vált, azonban a további részekbe való belyukadás a következő évtizedekben (1950-es és 1970-es évek) általában szervezett „kutatótáborokhoz” kötődött (29. ábra).

A *Ferenc-hegyi-barlang* 1933-as felfedezését követően több, jelentős feltárást eredményező kutatási időszak jellemző („Régi rész”: 1933, 1936, 1959; „Új rész”: 1963). A felső 40 méteres vertikális kiterjedésű részhez képest nagyobb áttörést jelentett 2002-ben a „Mélyszint” felfedezése, mely újabb 40 méterrel növelte meg a barlang mélységét. A kutatás

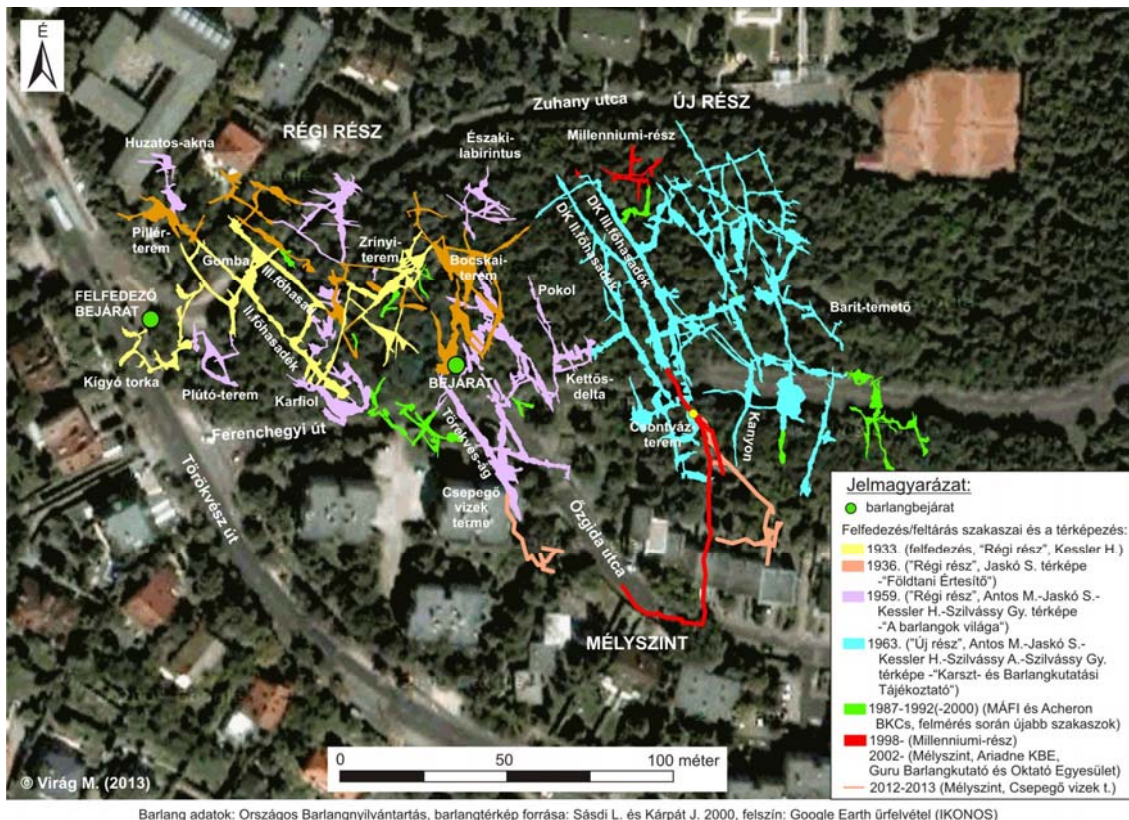
azóta is folyamatos, melynek köszönhetően az alsó 40 méteres zónában (is) újabb járatokat találtak (30. ábra).



28. ábra. A József-hegyi-barlang térképe és az egyes barlangszakaszok felfedezési időpontja



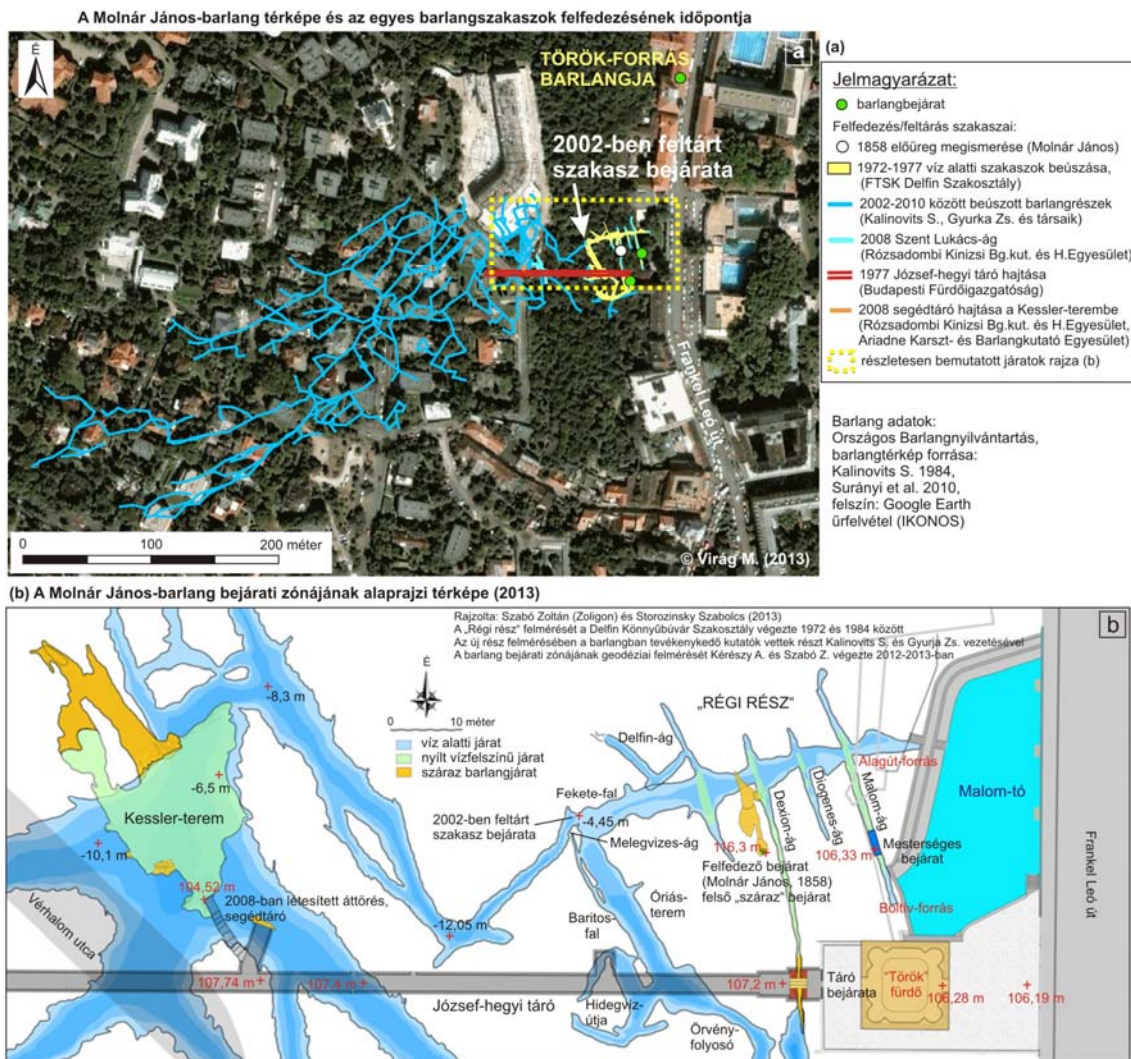
29. ábra. A Szemlő-hegyi-barlang térképe és az egyes barlangszakaszok felfedezési időpontja



Barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás, barlangtérkép forrása: Sásdi L. és Kárpát J. 2000, felszín: Google Earth űrfelvétel (IKONOS)

30. ábra. A Ferenc-hegyi-barlang térképe és az egyes barlangszakaszok felfedezési időpontja

A Molnár János-barlang kezdeti, vadózus zónában húzódó, légtér ürege már 1858 óta ismert, azonban a víz alatti szakaszok feltárására a bűvártechnika fejlődéséig várni kellett. Az 1970-es években kb. 450 méteres hosszúságban feltárt szakasz folytatását 2002-ben találták meg a bűvárok, és napjainkra már több mint 6 km hosszban úszták be a barlangot (31. ábra). A Pál-völgyi-barlangrendszer egyes nagy barlangjainak felfedezése és a jelenleg ismert járatok megkutatottsága között időben hosszú idő telt el (32. ábra). Az 1904-ben megismert Pál-völgyi-barlang az 1970-es években „még” csak kb. 1200 méter hosszúság adatokkal szerepelt („Régi rész”). 1980-tól azonban a Bekey Imre Gábor Barlangkutató Csoport intenzív feltáró kutatást végez, és munkájuknak köszönhetően a barlang hossza az elmúlt több mint 30 évben mintegy 14,5 km-re növekedett. Az 1902 óta ismert Harcsaszájú-barlang és az 1908-ban felfedezett Hideg-lyuk járatai az ezredfordulóig mindössze néhány száz méter hosszan voltak ismertek. A 2006-ban, illetve 2009-ben történt „bejutásnak” és az intenzív kutatómunkának köszönhetően e két barlangrész jelenleg már több mint 8 km hosszúságban ismert. Ezekkel ellentétben a Mátyás-hegyi-barlang 1930-as felfedezése és a Centenárisszakaszba történő 1948-as bejutást követő évtizedekben közel egyenlő intenzitással folytak a kutatások. Nem véletlen, hogy a barlang hosszú ideig a térség leghosszabb üregrendszereként volt ismert.

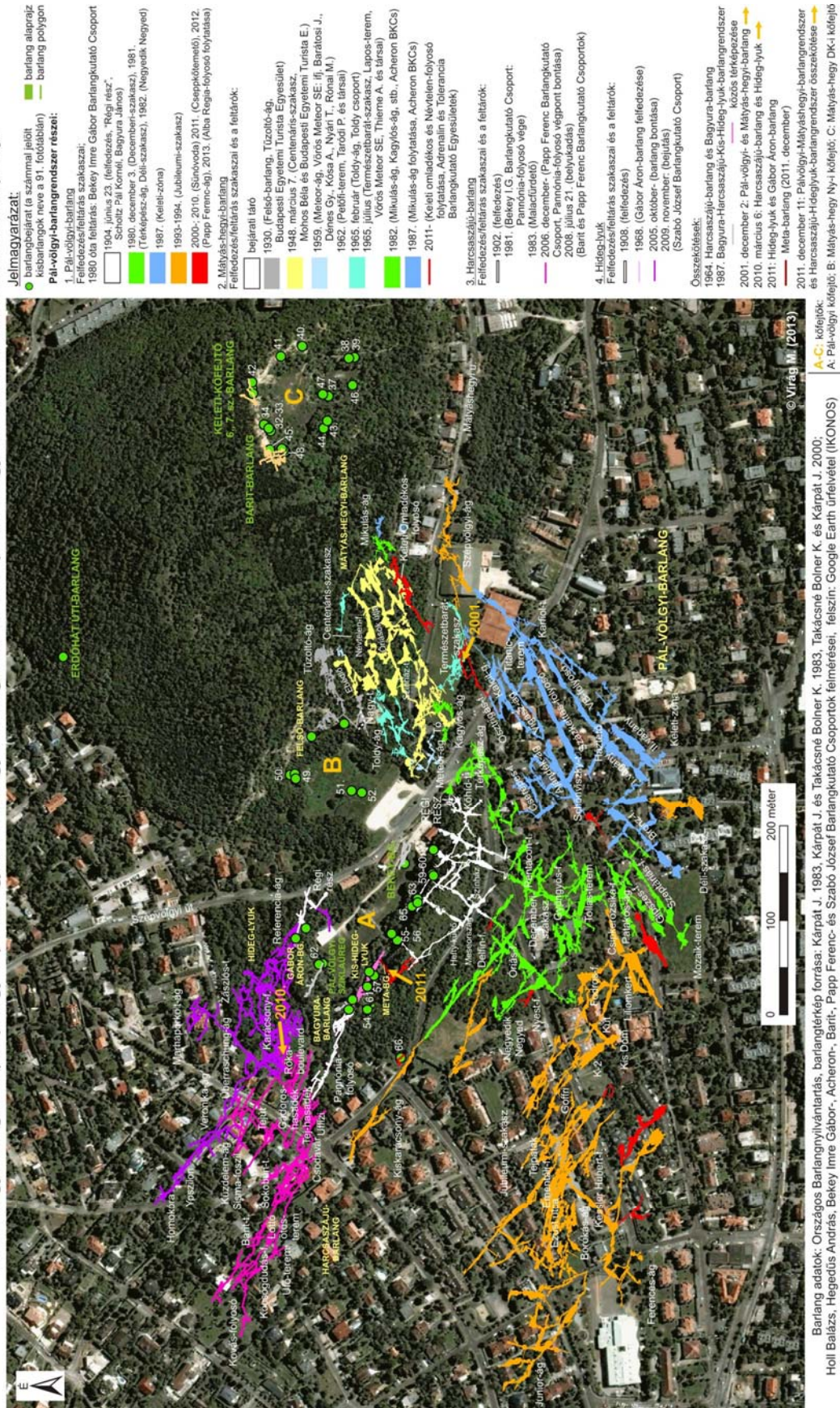


31. ábra. A Molnár János-barlang térképei

Az utóbbi harminc évet tekintve, a – főként épületalapozások következtében – feltárt barlangok száma és a járatok összhosszúsága a Rózsadomb területén az 1980-as években meredeken emelkedni kezdett. Amíg az előbbi a felszínt megbontó tevékenységnek és azt követően az üregek megkutatásának, az utóbbi látványos, közel 40 km-es gyarapodás főként az intenzív feltáró kutatásnak köszönhető.

A Pál-völgyi-barlangrendszer folytatását a kutató csoportok a Látó-hegy alatt É-i irányba: a Francia-bánya üregei felé, illetve a Ferenc-hegy irányába a Ferenc-hegyi-barlang felé keresik. Utóbbi a Pál-völgyi-barlang Ferences-ág elhelyezkedése és a Ferenc-hegyi-barlang „mélyszintjéhez” hasonló járatok alapján feltételezik. A Mátyás-hegyi-barlang K-i részei (pl. Mikulás-ág, Keleti omladékos szakasz zónájának újabb részei) felől kiindulva a DK-i kőfejtő kisebb barlangjaival való kapcsolat feltételezhető.

A Pál-völgy térségének (Szépvölgyi út) barlangjai, a Pál-völgyi-barlangrendszer térképe és az egyes szakaszok felfedezésének időpontja



32. ábra. A Pál-völgyi-barlangrendszer térképe

A Ferenc-hegyi oldalelmozdulás (vö. BENKOVICS et al. 1995, 1999) zónájába eső **Szemlő-hegyi-** és **Ferenc-hegyi-barlang** között, hasonlóságuk alapján, elvileg lehetséges a kapcsolat, és ezt sejtetik az ebben a zónában köztes helyzetben található kis barlangok is. A Ferenc-hegyi-barlang esetében (a Pál-völgyi-barlangrendszerrel való lehetséges összeköttetés kutatása mellett) a D-i oldal márgában húzódó elváltozott zónájában (Csepegővizek terme folytatása) és a mélyszintben próbálnak újabb járatokat találni, hogy a barlang 80 méteres mélységének alsó 40 méterét (vagy még mélyebb részeit) is jobban megismerjék. A Szemlő-hegyi-barlangban a barlangterápia miatt jelenleg nem zajlik komolyabb feltáró kutatómunka, pedig itt is esély volna jelentősebb új járatok felfedezésére (a barlanggal párhuzamosan oldalirányban és az ismert járatszint alatt – akár a **Molnár János-barlang**, illetve a freatikus zóna felé is). A **József-hegyi-barlangban** újabban a rendszer D-i részen (Kulcs-terem) folynak jelentősebb feltárások. A kutatók célja a barlang feltételezett, ám jelenleg még ismeretlen D-i csatlakozó zónájának megismerése. A Molnár János-barlang közelsége alapján e két nagy rendszer közti kapcsolatot is keresik. A Molnár János-barlang víz alatti szakaszainak továbbkutatása sokszor bűvártechnika kérdése, a már száraz szakaszok feltárása pedig a megközelíthető részeken például kürtőmászásokkal lehetséges.

A barlangok feltáró kutatása általában évtizedes tapasztalatokon alapszik (pl. intenzív huzat, eltömődött járatszűkület bontása, kürtőmászások). Az egyes részek közti járható kapcsolat kiderítéséhez ma már a legmodernebb eszközöket használják fel (CB-rádió, barlangi huzat-, hőmérséklet-, aeroszol-, CO₂- vagy radonmérések, geofizikai vizsgálatok). A tudományos kutatások eredményei, az ásványtani, földtani és morfológiai jelenségek alaposabb megismerése és gyakorlati alkalmazása is segíthet a továbbjutásban. Ma már tudjuk például, hogy a miocén telérek és a hozzájuk kötődő elváltozott zónák jelzik a barlangképződés kitüntetett irányait, hiszen az üregképződés az egykori repedések és ásványtelérek mentén történt. A barlangászok korábban is felfigyeltek ezekre az ún. „kovás” elváltozásokra, s ezek mentén tárták fel például a Mátyás-hegyi-barlang Mikulás-ágát, illetve 2012–2013-ban a Ferenc-hegyi-barlang Csepegővizek termének folytatását. Az elváltozott zónákat csapásirányban vagy lefelé megbontva előbb-utóbb mészkőben nyíló, ember számára is járható üregekbe juthatunk be. Alaposabb ismeretük tehát tudományos jelentőségük mellett gyakorlati szempontból is fontos, hiszen még ismeretlen barlangjáratokra hívhatja fel a kutatók figyelmét.

A barlangkutatók ma is intenzíven kutatják a szépvölgy–rózsadombi rendszer tagjait: az egyes kis és nagy barlangok közötti kapcsolatot. Az már a jövő kérdése, hogy ténylegesen mely részek összekötése valósulhat meg. A Rózsadomb alatt ugyanis még további nagy, ismeretlen járatrendszerek is húzódnak, s ezek felfedezése vagy csak a jelenlegi járatokból, vagy a felszínt megbontó munkák révén válhat lehetővé.

Elképzelhető, hogy a kis és nagy barlangok ma külön-külön ismert járatai egykor, képződésük korábbi szakaszában, egyetlen összefüggő nagy rendszert alkottak. Fejlődésük során azonban részint a tektonika, részint a terület ezzel összefüggő kiemelkedése és az egyidejű karsztvízszintcsökkenés folytán olyan omlások és járateltömődések (üledékek, kiválások) következtek be, amelyek a korábban hidrogeológiai egységesen fejlődő rendszer egyes részeit végleg elzárták egymástól. Az is lehetséges, hogy bizonyos barlangok már korábban is különálló forráscsoportokhoz tartoztak, így külön járáthálózatok oldódtak ki. Ennek részleteit jelenleg nem ismerjük. Annyi bizonyos, hogy a rendszer eddig ismert tagjai nagy hasonlóságot mutatnak egymással. A különbségek oka a földtani felépítésben és a lokális tektonikában keresendő. Részben ezekre vezethetők vissza az ásványkiválások barlangonkénti és azokon belül területi különbségei is. A főleg „hasadékok” mentén fejlődő barlangok általában meleg vizes kiválásokban gazdagok (ott az egyes járatokban feltehetőleg hosszabb ideig tartózkodott és ingadozott a barlangot létrehozó termálvíz). Ezzel szemben a Pál-völgyi-barlangrendszerre a vízszintjelző kiválások mellett a beszivárgó vizekhez kötődő üledékformák és barlangi kiválások (például cseppkövek) jellemzőek, és a járatok a Szépvölgyi–Pál-völgyi-árok bevágódásának következményeit is magukon viselik. Mindezen jelenségek valódi okainak megértése a jelenleg is folyó kutatásoktól várható.

A felszín irányából újabb barlangok felfedezése még ott várható, ahol – a földtani adottságok mellett – a jövőben újabb építkezés történik. A felszín alatt, a mélyebb zónákban viszont még hatalmas lehetőségek adóttak, hiszen a Budai Termálkarszt sajátosságából adódóan hipogén üregesedésre bárhol lehet számítani, ahol karsztosodásra alkalmas karbonátos kőzet található és a tektonikai adottságok, valamint közetréteghatárok ezt lehetővé teszik. A Molnár János-barlang eddig ismert járatai alapján már ismert tény, hogy üregképződés a freatikus zónában akár 100 méteres mélységben is lejátszódhat. Mélyben húzódó üregek ráadásul kutatófúrások alapján számos helyen – a Pesti-síkság alatt is több mint 1000 méter mélységben is – ismertek (MÁDLNÉ SZÖNYI et al. 2013b, PÁVEL E. 2014). A kérdés az, hogy ezeket a – vadózus vagy freatikus zónában húzódó –, a felszínhez képest nagyobb mélységben elhelyezkedő üregeket a jövőben a már ismert barlangrendszerek irányából mennyire lehet majd megközelíteni, és ezáltal azokkal összekötni.

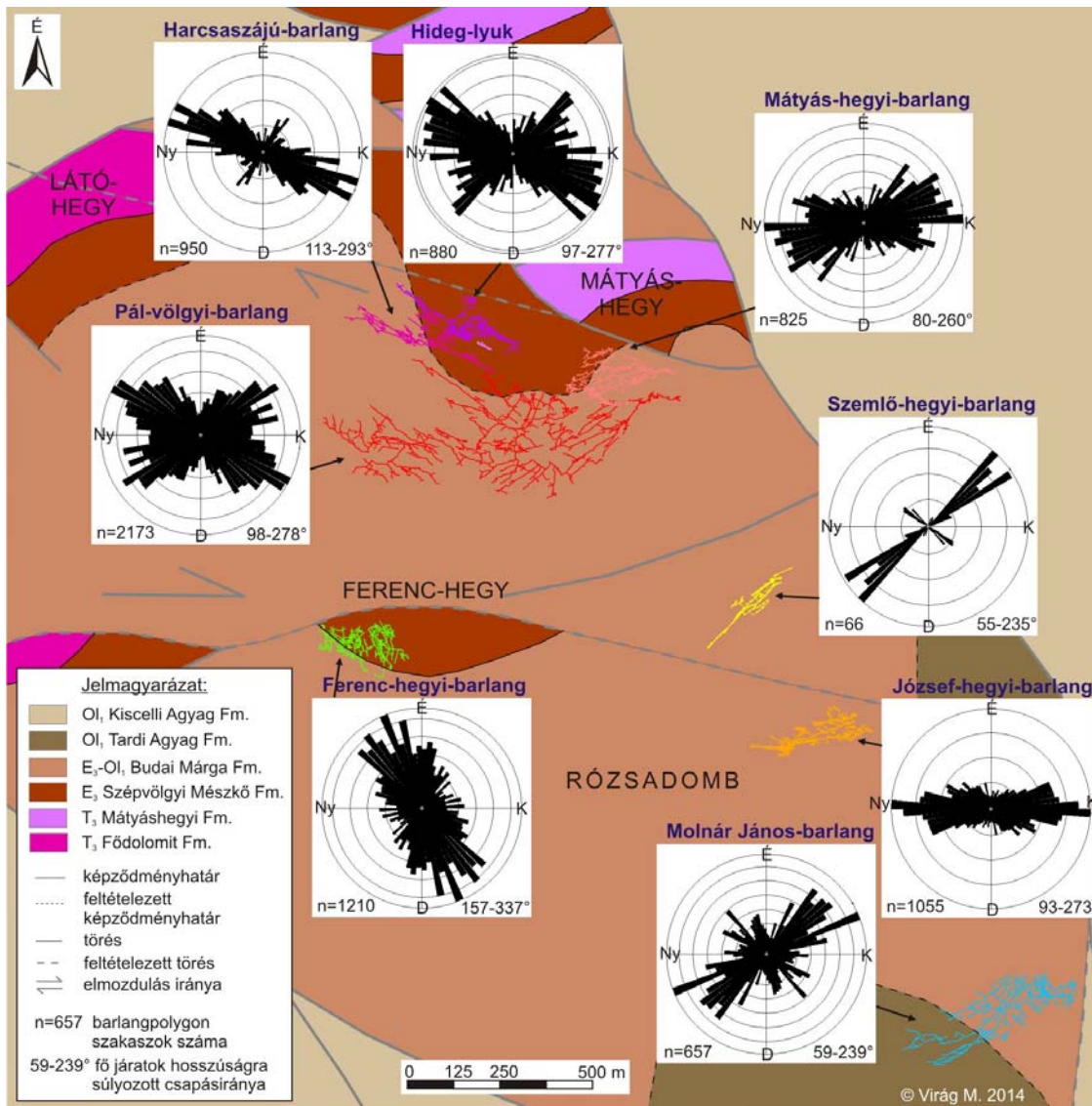
7.4 Barlangjárat irányok szerkezeti elemzése

Amint az a korábbi 4.2 fejezetben már kiderült, a barlangképződés szempontjából meghatározó volt a terület szerkezeti fejlődése, mivel a miocén hidrotermás események és később a jelentős (pliocén-) pleisztocén üregfejlődés is tektonikus eredetű törések mentén zajlott. Kiindulva tehát abból, hogy a barlangok tektonikusan preformáltak, a hasadékok, járatok irányának elemzésével megállapítható, hogy azok mely feszültségtérben keletkezett szerkezeti törések irányai mentén oldódtak ki.

Korábbi munkák alapján ma már közismert (ld. fent 4.2 fejezet), hogy a Rózsadombon markánsan megjelenő *Ferenc-hegyi jobbos oldaleltolódás* jelentősen meghatározta a Szemlő-hegyi-, Ferenc-hegyi- (BENKOVICS et al. 1995, 1999) és József-hegyi-barlang (FODOR et al. 1991) járatainak kioldódását. A Ferenc-hegyi zónában képződött Ferenc-hegyi- és Szemlő-hegyi-barlang tipikus hasadékbarlangnak tekinthető. A járatok helyzetét elsősorban az egykori törések lefutása határozta meg, így azok nem a rétegdőlést, hanem az akár 20 m magas, egybefüggő hasadékok nyomvonalát követik. A hasadékok a mészkőben gyakran gömbfülke záróformában végződnek. A járatok tengelyvonalában, a főtében, kipreparálódva vagy a gömbfülkék leginkább bemélyedő középső részén, illetve a kisebb oldásformák peremét alkotva is megfigyelhetők azok a miocén kalcit- és barittelérek, amelyek mentén később a barlangképződés történt (vö. POROS Zs. 2011, POROS et al. 2012).

NÁDOR A. (1991) megállapítása, valamint a 34. ábra polygonjainak helyzete alapján az is szembetűnő, hogy a nagyrészt a mészkő és márga határán kioldódott Pál-völgyi-barlangrendszer (azon belül is főként a Pál-völgyi-barlang K-i zónája és a Mátyás-hegyi-barlang) és a Molnár János-barlang járatainak kialakításában a tektonikus preformáció mellett a területen jellemző DDK-i irányú, átlagosan 20-30° rétegdőlés is meghatározó.

A barlangpolygonok, illetve a Szemlő-hegyi-barlang alaprajzi térképére fektetett csapásvonalak alapján készített, a járatok csapásirányának hosszúságaira súlyozott rózsadiagramok barlangonként eltérő képet mutatnak. A fedetlen földtani térképre helyezve területenként meglehetősen jól elkülönülnek az egyes barlangjárat irányok, és az egymáshoz közelebbiek nagyobb hasonlóságot mutatnak (33. ábra).



33. ábra. A Rózsadombi nagy barlangok járatirányai (térképen és rózsadiagramon; földtani térkép: FODOR L. (in MINDSZENTY et al. 2000) alapján, barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)

A Szemlő-hegyi-barlang két fő törésiránya egybeesik BENKOVICS et al. (1999) által részletezett, jobbos oldalelmozduláshoz kötődő ÉK-DNy-i törésirányaival és ezek Riedel töréseivel. A Hosszú- és Óriás-folyosó (és folytatásaként a Kadić-szakasz), illetve a Kuszoda szakasz szélső Fenyő-ága egymással párhuzamos törések mentén oldódott ki, mellyel a Riedel törések mentén hegyes szöget zár be a Kinizsi-szakasz, az Agyagos-szakasz (folytatásaként a Ferencvárosi-szakasz) és a Kuszoda-szakasz belső része. Az előbbi szakaszok iránya egybeesik GYÖRI et al. (2011) kalkulációkban mért KÉK-NyDNy-i csapásirányaival. A jobbos eltolódásos feszültségtér kalkulációkkal szintén kitöltött, előzőre közel merőleges (NyÉNy-KDK) irányai mentén azonban a barlangjáratok kioldódása alárendelt, tehát a barlangot a pleisztocén idején kioldó fluidumok ez alapján a miocén

hidrotermás ásványtelérek törései közül csak az egyiket „használták”. Az ÉNy-DK-i irányú repedések mentén pl. a Halál keresztbasadékaiban barit kitöltések jellemzők (vö. BENKOVICS et al. 1999). A feszültségtér aktivitása a fenti szerzők szerint az ottnangi előtt, vagyis a kora-miocénben feltételezhető.

A Ferenc-hegyi-barlang kioldódását meghatározó törések kialakulását BENKOVICS et al. (1999) szintén főként a fenti jobbos oldalelmozduláshoz köti, azonban a járatok csapásiránya alapján szerkesztett rózsadiagram fő irányai eltérnek a Szemlő-hegyi-barlangban megfigyeltéktől. A fő törések itt is két uralkodó irányt mutatnak, melyek Riedel töréspárjai szintén hegyes szöget zárnak be. KRAUS S. (1978) megfigyeléseivel összhangban a barlang Ny-i szakaszán („Régi rész”) ÉNy-DK, míg a K-i részen („Új rész”) ÉÉNy-DDK-i, illetve É-D-i hasadékirány a jellemző. Ezekre merőleges járatirányok e barlangban is alárendeltek.

A József-hegyi-barlang járatainak csapásiránya FODOR et al (1991) és LEÉL-ŐSSY SZ. (1997, 2014), valamint BENKOVICS et al. (1999) munkájával összhangban a főhasadékokat meghatározó K-Ny irányú törések a jellemzők, melyeket a szerzők szintén a Ferenc-hegyi jobbos oldalelmozdulás töréseiként (másodlagos Riedel töréseiként) értelmeztek.

Az eddigiek alapján a barlangok irányait meghatározó törések tehát főként a kora-miocén feszültségtérben keletkeztek, a Ferenc-hegy zónáját meghatározó K-Ny-i irányú jobbos oldalelmozdulás következményeként. Elképzelhető azonban, hogy néhány járat esetében (így pl. a Ferenc-hegyi-barlang ÉÉNy-DDK-i járatirányainál) a GYŐRI et al. (2011) által kalcittelérek kapcsán vizsgált későbbi, középső-miocén korú törések is szerepet játszhattak.

A Molnár János-barlang járatai a Szemlő-hegyi-barlang irányjaival mutatnak hasonlóságot: a hegyes szögben elhelyezkedő KÉK-NyDNy és ÉK-DNy járatok itt is megfigyelhetők, és az ezekre merőleges ÉNy-DK-i irányú törések – a másik barlangéhoz képest aránylag jobban kifejtetten – is nyomon követhetők. A kevésbé megnyúlt járatirányok közül az ÉÉNy-DDK-i csapásirányok pedig a Ferenc-hegyi-barlanggal mutatnak hasonlóságot. A rózsadiagram irányainak nagyobb szórása feltehetően részben a mészkő és márga határán kioldódott járatok közetrétegek dőlését követő sajátosságának lehet a következménye.

A Pál-völgyi-barlangrendszer egyes nagy barlangrészeiről készült rózsadiagramok eltérnek egymástól. Közülük a Pál-völgyi-barlang és a Hideglyuk irányai hasonlítanak egymásra. A legjobban megnyúlt járatirányok egymásra merőlegesek: NyÉNy-KDK és NyDNy-KÉK. Ezekre a barlangokra igaz leginkább a sakktáblaszerű járatszerkezet, a hasadékok hálózatos elrendeződése. A Hideglyuk esetében a K-Ny csapásirány is meghatározó. A jelentős összhosszúsága Pál-völgyi-barlang DK-i részein a KÉK-NyDNy irányú, a középső és ÉNy-i részein pedig az ÉNy-DK irányú folyosók dominálnak. A barlang Régi Részen jól fejlettek az ÉÉK-DDNy irányú járatok is, míg a Jubileumi- és a Decemberi-szakaszban a közel K-Ny

csapásirányú törések mentén is jelentős hasadékok alakultak ki. A Harcsaszájú-barlang járatai jellemzően NyÉNy-KDK-i irányúak, az erre merőleges törések menti oldódás kevésbé meghatározó. A Mátyás-hegyi-barlangban főként a KÉK–NyDNy és K-Ny irányú járatok jellemzők, de alárendelten a NyÉNy-KDK irány is megfigyelhető. Ezek hasonlóságot mutatnak a Szemlő-hegyi-barlang hidrotermás ásványteléreit és (részben) a járatait, valamint a Molnár János-barlang folyosóit és a József-hegyi-barlang K-Ny-i főhasadékait is meghatározó törések irányaival. NÁDOR A. (1991) megállapítását is figyelembe véve, a Pál-völgyi-barlangrendszer K-i zónájára jellemző, a mészkő és a márga rétegek dőlése és határa mentén kialakult járatok helyzete hozzájárulhat a csapásirányok aránylag nagy szórásához.

A fentiek alapján a Molnár János-barlang és a Pál-völgyi-barlangrendszer esetében is feltételezhető, hogy a keletkezésük szempontjából meghatározó tektonikus esemény: az (oligocén-) kora-miocén idején működő jobbos oldaleltolódás volt. Minden bizonnyal az ennek következtében létrejött törések mentén oldódtak ki a járatok, azonban ennek tényleges bizonyításához további tektonikai megfigyelések, mérések és vizsgálatok szükségesek.

A rózsadiagram rövidebb (kevésbé megnyúlt) járatirányai esetében az adatok szórása részben az alkalmazott módszernek köszönhető, a polygon program vonalszakaszai ugyanis főként a hasadékok mentén kialakult járatirányokat követik. A barlangtérképezésnél azonban például az omladékok, szűk vagy meredek barlangszakaszok helyenként akadályozták a járatok csapásirány menti pontos felmérését, így – a függőleges aknákat vagy kürtöket leszámítva – ezek a hossz- és irányadatok is a feldolgozott adatbázis részét képezik.

A Szemlő-hegyi-barlang esetében ez a probléma nem jelentkezik, mivel ott az alaprajzi térkép járatirányai alapján fektetett egyenes vonalak hosszúságra súlyozott értékei képezték a rózsadiagram bemenő adatait, és a fenti pontatlanságokat ezzel kiküszöböltem. Azoknál a barlangoknál, melyeknél szintén rendelkezésre áll a járatokat közel teljességében ábrázoló alaprajzi térkép, a jövőben hasonló módszerrel pontosítható lesz a járatorientáció elemzés.

7.5 Barlangszintek

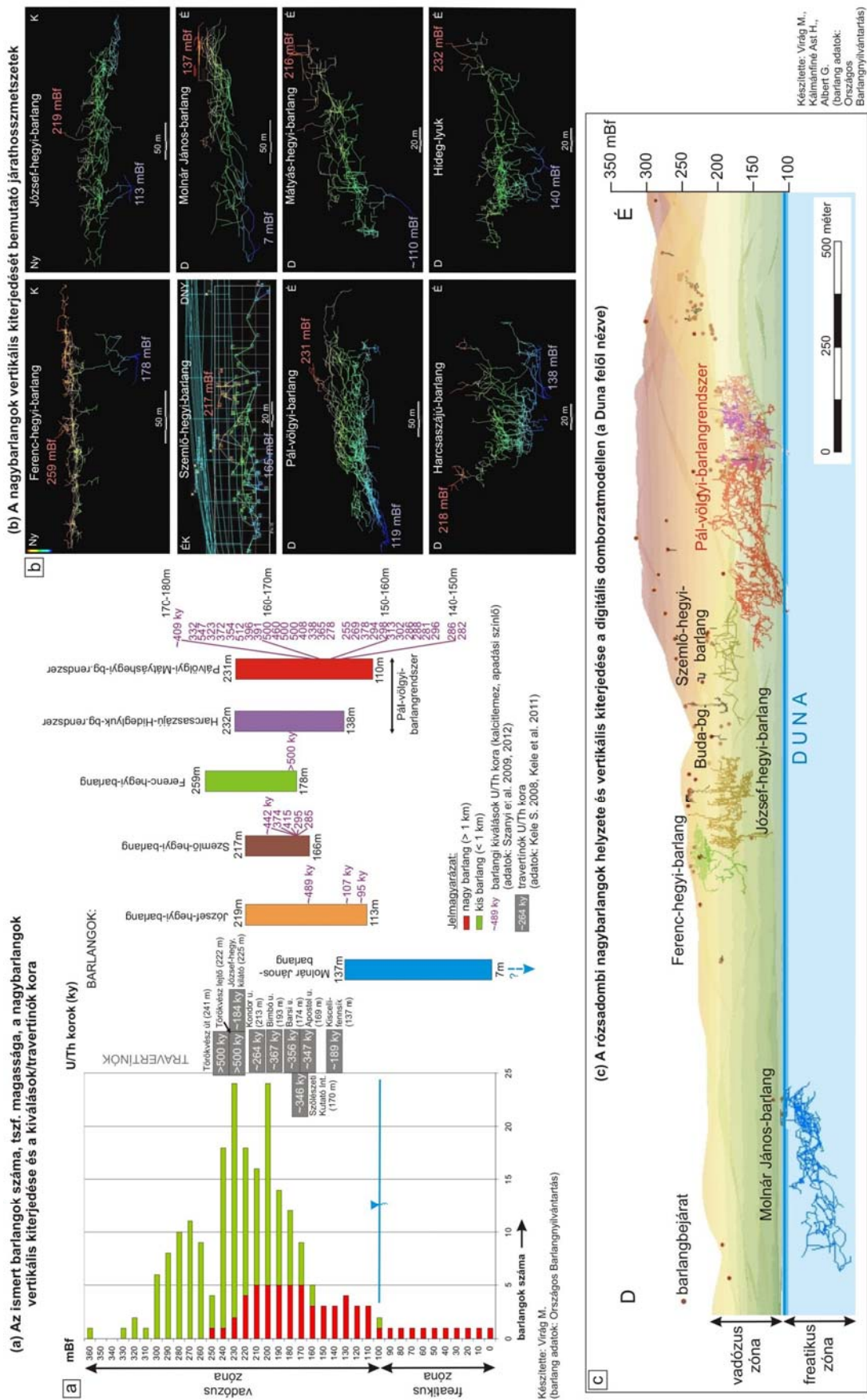
A **Rózsadombon** és környékén a pleisztocén barlangképződés idején főként az eocén Szépvölgyi Mészkő, kisebb mértékben a bryozoás márga, illetve a triász Mátyáshegyi Formáció volt a karsztvízszint-közeli zónában, ahol a meleg és langyos vizek keveredése következtében intenzív üregképződés zajlott. A terület emelkedésével fokozatosan újabb és újabb kőzetegységek kerültek ebbe a tartományba, így végeredményül nagy vertikális kiterjedésben, több szintben jöttek létre barlangjáratok. Általában elmondható, hogy amelyik

zóna hosszabb ideig volt a vízfelszín közelében, ott nagyobb méretű üregek oldódtak ki (LEÉL-ÖSSY Sz. 1995).

A térmodellből (34. ábra) is látványosan kirajzolódik, hogy a jellemzően mészkő és márga határán kioldódott Pál-völgyi-barlangrendszer (azon belül is leginkább a Mátyás-hegyi-barlang és a Pál-völgyi-barlang K-i zónája) és a Molnár János-barlang járatai – ahogy azt már korábban is említettem – követik a kőzetek átlagosan kb. 20–30°-os DDK-i irányú dőlését, vagyis a tektonika mellett itt a kőzetréteghatár is fontos szerepet játszik.

A Ferenc-hegyi oldalelmozdulás zónájában képződött Ferenc-hegyi- és Szemlő-hegyi-barlang tipikus hasadékbarrangok, ahol jellemzően a tektonikai viszonyok határozták meg a járatok helyzetét, és a rétegdőlés csak egy-egy szakaszra korlátozódó, alárendelt szereppel bír. A Szemlő-hegyi-barlang fő járatai akár 20 m magas egybefüggő hasadékok, amelyek főtéje gyakran kupolaszerűen, gömbfülkével zárul. A járatok alja általában 170 m tszf. magasságban húzódik. A Kuszoda vagy a Kinizsi-szakasz kialakításában már a réteglapok menti dőlésnek is nagyobb szerepe lehetett. A jelenleg ismert legmélyebb rész a Kuszodában 165 mBf magasságban található Birkás-terem. A Ferenc-hegyi-barlang sűrű, labirintusszerű járatrendszere vertikálisan egy meghatározott magasságon (a felső 40 méteren belül) jellemző. Innen felfelé kürtök és gömbfülkékben végződő járatok, lefelé pedig aknák nyúlnak. Az alsó 40 méteres zóna (mélysínt) a rendszeren belül csak egy kisebb szakaszon jelenik meg. A függőleges járatok lefelé kitörnek a felső blokkból, és gyökérszerűen nyúlnak le a mélybe. A legutóbb (2013) feltárt részek már ezen az alsó 40 méteren találhatóak. Ez a barlang szép példája annak, hogy a korábban ismert járáthálózat és barlangjellegek az új felfedezéseket követően jelentősen megváltozhatnak, és az adott barlangra tett megállapítások mindig csak az adott időben ismert járatokra és szűk környezetükre terjeszthetők ki. E barlangok tipikus termálkarsztos hasadékjellegű barlangoknak tekinthetők (vö. PALMER, A.N. 2007).

A József-hegyi-barlang legnagyobb méretű üregei kb. 160 m tszf. magasságban alakultak ki. Innen felfelé és lefelé alárendeltebb méretű járatok húzódnak, de összességében a rendszerre jelentős függőleges kiterjedés jellemző. A nagyobb termekből (pl. Kinizsi-pályaudvar) elágazó járatok szembetűnőek. Nagy mélységbe nyúló aknák is jellemzők. A barlangot épp a nagy kiterjedésű teremből, barlangszakaszból horizontálisan – és helyenként vertikálisan – elágazó, adott tszf. magasságban húzódó járatai és „szivacszerű” szerkezete, és nem utolsósorban jellegzetes karbonátos-szulfátos ásványtársulása alapján FORD, D. és WILLIAMS, P.W. (2007) vegyesen kénsavas-szénsavas oldásos eredetű barlangnak tartja.



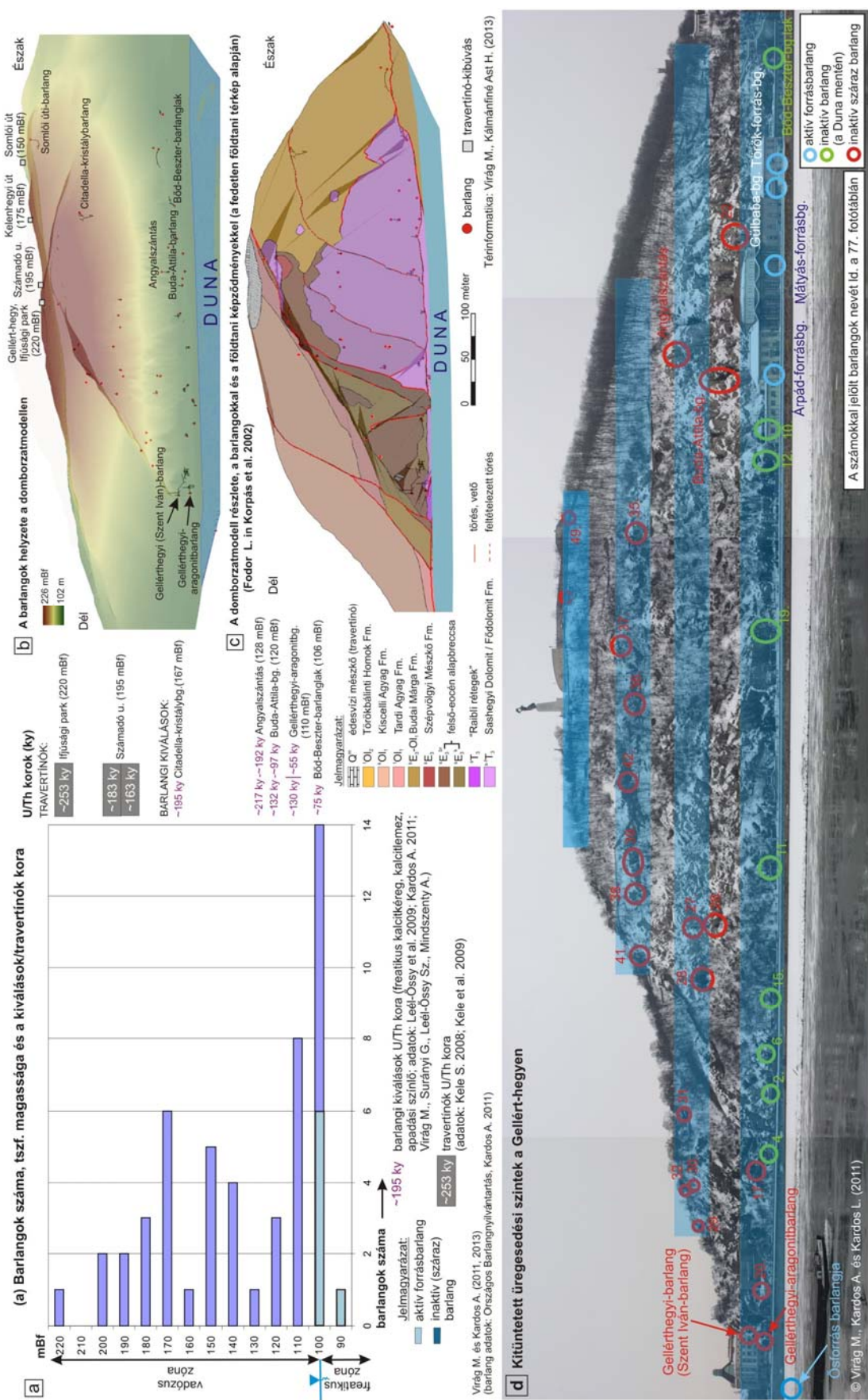
34. ábra. A Rózsadomb barlangszintjei, barlangi kiválások és travertínjai

A kisbarlangok általában csak kis mélységű, a felszínről lefelé nyúló járatokként jelentkeznek. A Buda-barlang aknája a Látó-hegy D-i oldalában azonban már látványos vertikális kiterjedésű (69 méter).

A 34. ábrán jól látható, hogy a járatok sűrűsége horizontálisan és vertikálisan is változó. A legnagyobb barlangüreg-gyakoriság a 170–240 mBf vertikális tartományban jellemző (ez a gyakorisági görbe csúcsa), amelynek egy részét a nagybarlangok ismert járatai jelentik, a többit a kisebb üregek teszik ki. A 160 mBf alá már csak a nagy barlangok mélyebbre nyúló járatai húzódnak le (kivétel a Török-forrás 100 mBf tartományban található barlangja). 160 mBf felett a nagy barlangoktól (jelenleg még) független kis barlangok is megjelennek, és 250 mBf-ig már sok barlangjárat jellemző. A szorosabb értelemben vett rózsadombi barlangok eddig a szintig (a Ferenc-hegy tetejéig) érnek fel. A relatíve magasabb hegyek (Látó-hegy, Vaskapu-hegy, Mátyás-hegy, Remete-hegy) alacsonyabb tszf. magasságban nyíló üregei kisebb számban a 160–250 mBf tartományban is előfordulnak, azonban 260 m-től felfelé már csak ezek a hegyoldalban (ritkán hegytetőn) nyíló üregek jellemzők (ezek 260–300 mBf között egy újabb – a rózsadombihoz képest kisebb arányú – gyakoriságsúcsot mutatnak). 310 m fölött már csak 1-2 kisbarlang található. A Molnár János-barlang járatai felfelé 130 mBf-ig, a Duna 104 mBf szintje alatt lefelé pedig 0 mBf körüli magasságig (vagyis a tengerszintig) ismertek. A Molnár János-barlang járatainak jelenléte ebben a 100 méteres mélységű freatikus zónában azért is érdekes, mert ez alapján világosan látszik, hogy a karsztvízszint alatt jóval nagyobb vertikális kiterjedésben is számolhatunk ember számára is járható üregek jelenlétével, kioldódásával. A folyamat, mint korábban láttuk, a hipogén módon bekövetkező barlangképződésnek köszönhető.

A Pál-völgyi-barlang kalcitlemez-koradatai adott tszf. magasságban is jelentősen változnak, (az idősebbek felett fiatalabbak is vannak), ami az egykori karsztvízszint ingadozására utal. A barlangon belül az eddigi adatok Ny-ről K felé fiatalodást jeleznek. Hasonló tendencia figyelhető meg a többi barlangi kalcitlemez koradatai alapján is: az Ördög-árok völgyétől (Ny felől) a Duna völgye (K) felé általában azonos mBf magasságokon fiatalabb kiválások találhatók. Ugyanezt mutatja a travertínók térbeli helyzete és a koradatok is (vö. SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1988, KELE S. 2009).

A barlangjáratok tszf. magassága és gyakorisága nincs mindig összhangban a hozzájuk kötődő barlangi kiválások és travertínók képződési környezetével és korával. Ezt részben magyarázhatnák a helyről helyre némiképp eltérő földtani viszonyok (dolomit, márga, mészkő; törések, réteglapok mentén haladó üregesedés stb). Valószínűbb azonban, hogy az anomáliák tényleges oka a kiemelkedést vezérlő tektonikára szuperponálódó, klimatikus eredetű karsztvízszint-változásokban keresendő.



35. ábra. A Gellért-hegy barlangszintjei, barlangi kiválásai és travertinói

A **Rózsadomb** és a **Gellért-hegy** barlangszintjeit, barlangi kiválásainak és travertínóinak tszf. magasságát és korát **összehasonlítva** érdekes hasonlóságok és különbségek adódnak.

A **Gellért-hegy** K-i sziklafalában különböző tszf. magasságban számos kisebb-nagyobb barlang nyílik, a Duna szintjében pedig az aktív forrásbarlangok találhatóak. A triász dolomitban és az eocén márgában főleg hasadékjellegű, alárendelten izometrikus üregek vannak, ahol megjelenik az eocén mészkő, ott kisméretű oldott gömbfülkék is kialakultak. A legnagyobb méretű, gyakran horizontálisan elnyúlt (freatikus eredetű) barlangok az eocén szaruköves breccsában találhatóak (KORPÁS et al. 2002). Az oldódás mellett, üregképző folyamatként, itt alárendelten a bevágódó folyó eróziójával és fagyásos-aprózódásos-omlásos jelenségekkel is számolni lehet. A barlangok itt többnyire kis kiterjedésűek, izoláltak, és a tektonikus preformáltság (a Citadella-kristálybarlangot leszámítva) általában nem jellemző.

Szembevetendő, hogy a Gellért-hegy tetején lényegesen kevesebb barlangot találni, mint az alsóbb szinteken (35. ábra). Ennek oka az lehet, hogy az erózió és az emberi tevékenység a felsőbb szint üregeinek és barlangjainak nagy részét elpusztíthatta. A hegy lábánál a rakpart mentén sorakozó üregek és néhány felsőbb barlang is részben mesterségesen továbbtágított, ezért az üregek térfogata és mérete nem feltétlenül a természetes oldódás hatását tükrözi. A statisztika ennek (is) köszönhető pontatlansága ellenére kimondható, hogy az üregek gyakoriságának vertikális eloszlása nem egyenletes (bizonyos szintekben több üreget találunk, másutt kevesebbet). Ha elfogadjuk, hogy az üregesedés feltételei a freatikus zónában optimálisak, akkor az üregesedés szempontjából kitüntetett szintek elvileg megfelelhetnének az egykori karsztvízszinteknek. A kérdés bonyolultságát jelzi, hogy a barlangi kiválásokról és travertínókról rendelkezésre álló koradatok nem úgy követik egymást, mint ahogy azt a terület egyenletes ütemű emelkedése (a vízszint egyenletes csökkenése) esetén várnánk: helyenként az azonos tengerszint feletti magasságban lévő objektumok kora eltér egymástól.

Összességében elmondható, hogy a Budai Termálkarszton nemcsak a travertínók, hanem a barlangszintek (barlangok kiterjedése, helyzete) és a barlangi kiválások is jól tükrözik mind a nagyobb területegységek tektonika által vezérelt, folyamatos, de térben eltérő ütemű kiemelkedését, mind pedig a karsztvíz (valószínűleg klimatikus meghatározottságú) szintváltozásait. A képződmények kor- és magasságadatai alapján (ld. korábban) úgy tűnik, hogy a Gellért-hegy gyorsabban emelkedett, mint a Rózsadomb, s a Rózsadombon belül is feltételezhető a differenciált emelkedés, a részletek pontosabb megértése azonban még további kutatásokat igényel.

8. Összegzés

A térinformatikai elemzések számos, a rózsadombi barlangokkal kapcsolatos korábbi megállapítást alátámasztottak, valamint több különböző információ együttes ábrázolásával bizonyos összefüggésekre látványosan rávilágítottak, és új eredményeket is nyújtottak. Az archív adatok és irodalmi munkák feldolgozása a térinformatikai elemzésekből nyert információkat jól kiegészítette.

A hipogén karsztbarlangokra jellemző módon a rózsadombi barlangok járatai is függetlenek a jelenlegi felszín domborzatától és geomorfológiai viszonyaitól. Az üregképződés jellemzően a mélyben lejátszódó folyamatok, CO₂ és H₂S gazdag, medence eredetű felszín alatti vizek és az ezekkel keveredő további, különböző rendű (regionális, intermedier és alárendelten lokális) áramlási pályákon érkező, a kiemelt karbonátos Budai-hegység és Pesti-síkság medencéjének találkozásánál, a regionális kiáramlási területen (a Duna mentén) megcsapolódó meteorikus felszín alatti vizek oldó hatására következett be. A barlangképződésben továbbá a feláramló termálvíz hűlése (vö. kalcit retrográd oldódása), valamint a redox folyamatok és a mikrobiális tevékenység hatására lejátszódó kénsavas oldási folyamatok is szerepet játszhattak. A terület kiemelkedése következtében, az erózió hatására a mélyben kioldódott hipogén barlangjáratok a felszínre nyílhattak vagy megközelíthették azt (pl. a K-i peremvető mentén a Molnár János-barlang forrásai vagy a Gellért-hegy sziklafalának üregei, hegytetőkön vagy hegyoldalban nyíló üregek, Szép-völgy bevágódásával a múltban felnyílt üregek).

Amíg a felszíni geomorfológiai viszonyok és a barlangjáratok közt általában nem fedezhető fel közvetlen kapcsolat, addig a földtani és főként tektonikai viszonyok, valamint a területhasználat mértéke és annak változása szorosan összefügg az ismert barlangjáratok helyzetével, a felfedezésük módjával és idejével.

A Rózsadomb és környékének fokozatos urbanizációja és beépülése további, a felszínt megközelítő (és mélyebben húzódó) üregek megismerését eredményezte. Kezdetben a kőbányászatnak, később pedig főként a terület fokozódó beépülésének köszönhetően fedeztek fel barlangokat. A kőfejtők művelése idején feltáruló üregek megismerésére általában a bányászat megszűnését követően nyílt lehetőség, és ez sok esetben csak évtizedekkel később, a bányaudvarok falának szisztematikus átkutatásával történt meg. Az alapozógödörök nyitása, csatornafektetés vagy egyéb felszínt megbontó munkák a közelmúltban (és napjainkban is) – már e tevékenységekkel egyidejűleg – további üregek megismerését eredményezték. A felszínről újabb üreg felfedezése ott várható, ahol – a

földtani adottságok mellett – a jövőben újabb építkezés történik. A felszín alatt, a mélyebb zónákban azonban még hatalmas lehetőségek adóttak, hiszen a Budai Termálkarszt sajátosságából adódóan hipogén üregesedésre bárhol lehet számítani, ahol karsztosodásra alkalmas karbonátos kőzet található és a tektonikai adottságok, valamint kőzetréteghatárok ezt lehetővé teszik. A barlangképződés elvileg a legintenzívebb a vadózus-freatikus zóna határa közelében, a redox zóna-határon, a karsztvízszint alatt sekély vízmélységben, illetve az egykori forráskilépési, megcsapolódási pontok környezetében, ahol a különböző rendű áramlási pályákon érkező, eltérő kémiai összetételű és hőmérsékletű felszín alatti vizek keverednek. A Molnár János-barlang szépen példázza, hogy üregképződés a freatikus zónában akár 100 méteres mélységben is lejátszódhat. Mélyben húzódó üregek ráadásul kutatófúrások alapján számos helyen ismertek (vö. MÁDLNÉ SZÖNYI et al. 2013b, PÁVEL E. 2014). A kérdés az, hogy ezeket a – vadózus vagy freatikus zónában húzódó –, a felszínhez képest nagyobb mélységben elhelyezkedő üregeket a jövőben a már ismert barlangrendszerek irányából mennyire lehet majd megközelíteni, és ezáltal azokkal összekötni. A barlangkutató csoportok aktív munkájának köszönhetően a barlangjáratok összhosszúsága az elmúlt 30 évben többszöröződött. A barlangok számának alakulása azonban a tudatos megkutatás mellett gyakran a véletlen múlik (üreg felnyílása a felszín megbontása során).

A barlangok felfedezése és megismerése idővel (a vizsgálati módszerek és a technika fejlődésével) új tudományos ismereteket is nyújtott.

Az újonnan megismert barlangjáratok térképezése és a térképek, valamint polygonok alapján a járatok csapásirányának szerkezeti elemzése a jelenleg rendelkezésre álló földtani térképet és főként felszíni feltárásokból nyert tektonikai ismereteket pontosíthatja, és az adathiányos területekre újabb információkkal szolgál. Ezeket további, a barlangokban megfigyelhető, a tektonikához köthető jelenségek, repedéskitöltő ásványok, ásványtelérek (pl. kalcit, barit, pirit telérek) és elváltozott zónák egészítik ki.

Ezek vizsgálata arra világít rá, hogy a miocén hidrotermás események hatására az ásványtelérek létrejötte és később a (pliocén)-pleisztocén barlangjáratok képződése is ugyanazonokon a tektonika által meghatározott szerkezeti zónák, törések, repedések mentén (főként a késő-oligocén – kora-miocén idején működött Ferenc-hegyi oldalelmozduláshoz és további tektonikai fázisokhoz kapcsolódóan) történt. A Ferenc-hegyi-, Szemlő-hegyi-barlang és József-hegyi-barlang járatainak helyzetét főként a tektonika által létrehozott repedések határozták meg, míg a Pál-völgyi-barlangrendszer K-i zónája (így pl. a Mátyás-hegyi-barlang) és a Molnár János-barlang esetében a szerkezeti elemek mellett a kőzetrétegek DDK-i 20-30°-os dőlése is fontos szerepet játszott.

Az üregesedés mértéke szempontjából a barlangjáratok helyzete és a barlangszintek, illetve ezekhez kapcsolódóan a barlangi kiválások és travertínók térbeli előfordulásának vizsgálata (tengerszint feletti magassága) és kora hozzájárul a terület negyedidőszaki klíma- és környezetváltozásainak pontosabb megismeréséhez, mivel az egykori klímaviszonyoknak (glaciálisok-interglaciálisok) megfelelően a karsztvízszint és a felszíni beszívargás is változott, amely a tektonikai hatásokra (kiemelkedésre) szuperponálódva meghatározta a források fakadási szintjét, az üregképződés helyét és intenzitását, valamint a barlangi kiválások képződését és típusait is. Ezen jelenségek részletes vizsgálata doktori kutatásom tárgyát képezi. Minden adat arra utal, hogy nem egyszerűen fokozatos kiemelkedésről és az ennek megfelelő karsztvízszint csökkenéséről van szó, hanem a kiemelkedés üteme is változott, és a karsztvízszint is a mindenkori klímának megfelelően ingadozott. Több kitüntetett üregesedési szint is látható, és a nagy barlangokat is magukba foglaló magasság-intervallumok a jelentősebbek. Az egyes területek differenciált emelkedése jól kimutatható.

A Rózsadomb megváltozott területhasználata, beépítése és a mélyben húzódó, természetes bejáratokkal nem rendelkező hipogén barlangok felfedezése, ezáltal pedig a földtani adottságok és természeti értékek megismerése is szorosan összefügg egymással. Amint láthattuk, a korábban növényzettel borított, lankás dombvidéki-hegyvidéki táj földtani értékeinek jelentős része a terület beépülésével együttjáró földmunkák révén vált ismertté. A helyenként már visszaerdősülő nagyobb kőfejtők szerencsére ma is megtalálhatók és viszonylag jól vizsgálhatók. A geológiai és barlangtani kutatások sok új eredményt és ismeretet hoztak a tudományos életbe, melyek az ember felszínt megbontó munkája nélkül ismeretlenek maradtak volna. A bányászat ezáltal „tájromboló” hatása mellett fontos tudományos értékeket tárt fel, és tett tanulmányozhatóvá. Az alapozógödörök és csatornaárkok a munka végeztével „eltűntek”, beépültek, azonban az ezeknek köszönhetően ma már ismert barlangok megmaradtak. Mindezeket a főváros terjeszkedésének köszönhetjük, amely terjeszkedés azonban az ismert és még ismeretlen földtani értékekre veszélyt is jelent. Megőrzésükre épp ezért – földtani turisztikai és tudományos szempontból is – fokozott figyelmet kell fordítanunk. Ennek a védelemnek egyik módját, mint tudományos-turisztikai bemutatási formát, a Szépvölgy-Rózsadomb (Város)geológiai Tanösvényt és tervezését a szakdolgozatom módszertani részében mutatom be. A megvalósult tanösvényfüzet a Budapest: földtani értékek és az ember (MINDSZENTY A. (szerk.) 2013) könyv kivehető mellékletét képezi (VIRÁG M. 2013).

9. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Dr. Mari László témavezetőm szakmai és emberi segítségét, biztatását, türelmét és hasznos tanácsait, melyeket a térinformatikai elemzések során kaptam. Hálás vagyok Dr. Mindszenty Andreának a barlangos témával kapcsolatos sok hasznos és a témát előrevivő lelkes beszélgetésért és ötletért, valamint hogy a dolgozatom témájával kapcsolatos elemzéseim jelentős részét a 2008 és 2013 között a témavezetésével zajló „Budapest városgeológiai tanulmányok” című, 72590K számú OTKA projekt támogatásával felhasználhattam, elvégezhettem és eredményeim nagy részét az Eötvös Kiadó gondozásában megjelentetett zárókötetben (MINDSZENTY A. (szerk.) 2013) is publikálhattam.

Köszönöm Kálmánfiné Ast Hajnalkának a rengeteg segítséget és biztatást, lelkes együtt gondolkodást és közös munkát, melyet az ArcGIS programban a térinformatikai feldolgozások során nyújtott, a közös terepbejárásokat és azok során végzett felméréseket.

Dr. Telbisz Tamásnak a GEOrient program megmutatását és a járatirány elemzések során nyújtott segítséget, Beke Barbarának és Petrik Attilának a tektonikai értelmezéssel kapcsolatos tanácsokat, Dr. Timár Gábornak és Dr. Molnár Gábornak pedig az I. és II. katonai felmérések, valamint vetületi rendszer nélküli barlangtérképek georeferálásában, Zihné Dr. Perényi Katalinnak a Szemlő-hegyi-barlang térképi és felmérési adataiból történő polygon szerkesztésben nyújtott segítséget köszönöm.

Köszönöm Dr. Leél-Őssy Szabolcsnak és Takácsné Bolner Katalinnak a rózsadombi barlangokkal kapcsolatos, szinte minden témára kiterjedő hasznos beszélgetéseket és tanácsokat, és hogy ezzel kapcsolatos kérdéseimmel mindig fordulhattam hozzájuk.

A „Barlangtani Intézet” (jelenleg Vidékfejlesztési Minisztérium Tájvédelmi, Barlangvédelmi és Ökoturisztikai Osztály) munkatársaitól (főként Egri Csabától, Kovács Richárdtól és Szabó Zoltántól) az Országos Barlangnyilvántartás adatainak (barlang térképek, polygonok, archív leírások, dokumentumok) felhasználásában rengeteg segítséget kaptam, melyet ezúton is hálásan köszönök. A Magyar Karszt és Barlangkutató Társulatnak a könyvtár, Kordos Lászlónak és Palotás Klárának az MFGI archív Bertalan-leltár felhasználását köszönöm.

A Kiscelli Múzeum munkatársainak a BTM Fényképgyűjtemény átválogatását (és ebben Kálmánfiné Ast Hajnalka segítségét), és néhány archív kép felhasználását köszönöm.

Köszönöm a Rózsadombon tevékenykedő (térképeken megnevezett) barlangkutató csoportok segítségét, hogy az egyes barlangokkal kapcsolatban információkat nyújtottak, valamint felhasználhattam az általuk készített térképeket és polygonokat.

Végül köszönöm családom biztatását, kitartását, türelmét és a háttérrel, melyet a szakdolgozatom készítésével kapcsolatos munkám során kaptam Tőlük.

10. Irodalomjegyzék

ALBERT G. (2010): A budapesti Pál-völgyi-barlang üreg- és pórusterfogatának modellezése. – *Földtani Közlöny* **140/3**, pp. 263-280.

ALBERT, G., VIRÁG, M., ERŐSS, A. (2014): Porosity estimations from archive cave maps - Studies in the Buda Thermal Karst System (Hungary). – *International Journal of Speleology*, (under review)

BAKALOWICZ, M.J., FORD, D.C., MILLER, T.E., PALMER, A.N., PALMER, M.V. (1987): Thermal genesis of dissolution caves in the Black Hills, South Dakota. – *Geological Society of America Bulletin* **99**, pp. 729-738.

BALÁZS D. (1965): A karsztkorrózió általános kémiai vonatkozásai. – *Karszt és Barlang* **1965/II**, pp. 51-60.

BALÁZS D. (1966): A keveredési korrózió szerepe a karsztosodásban. – *Hidrológiai Közlöny* **46/4**, pp. 179-185.

BÁLDI T. (1983): Magyarországi oligocén és alsómiocén formációk – *Akadémiai Kiadó*, Budapest, 293 p.

BÁLDI T., BÁLDINÉ BEKE M. (1986): A Magyar Paleogén Medencék fejlődése. – *Őslénytani Viták* **33**, pp. 95-145.

BÁLDI T., NAGYMAROSY A. (1976): A Hárshegyi Homokkő kovásodása és annak hidrotermális eredete. – *Földtani Közlöny* **106/3**, pp. 257-275.

BÁLDI T., BÁLDINÉ BEKE M., HORVÁTH M., KECSKEMÉTI T., MONOSTORI M., NAGYMAROSY A. (1976): A Hárshegyi Homokkő kora és képződési körülményei. – *Földtani Közlöny* **106/4**, pp. 353-386.

BENKOVICS L., TÖRÖK Á., NÁDOR A. (1995): A Ferenc-hegyi vonulat barlangjainak geológiája. – *Karszt- és Barlangkutató X*, pp. 193-210.

BENKOVICS, L., OBERT, D., BERGERAT, F., MANSY, J. L., DUBOIS, M. (1999): Brittle tectonics and major dextral strike-slip zone in the Buda karst (Budapest, Hungary). – *Geodinamica Acta* **12/3-4**, pp. 201-211.

BERKESI L. (1965): A Mátyáshegyi-barlang tavának kéthetes vizsgálata. – *Karszt és Barlang* **1965/II**, pp. 79-82.

BERTALAN K. (1977): Országos barlangleltár. – Kézirat, OTvH Barlangtani Intézet.

BÍRÓ T. (2012): Vulkanogén homokkő-előfordulások vizsgálata a Budai-hegység felső-eocén összleteiben. – Szakdolgozat, ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, Budapest, 85 p.

BÍRÓ T., JÓZSA S., KARÁTSON D., SZENTHE I. (2013): A budai Mátyás-hegy bryozoás márga összletébe települt vulkanogén képződmény közettani-vulkanológiai vizsgálata. – *Földtani Közlöny* **143/3**, pp. 239-250.

- BORBÁS I. (1934): A Szépvölgy és barlangjai morfológiája. – *Barlangvilág* **IV/3-4**, pp. 25-51.
- BORSODI, A., KNÁB, M., KRETT, G., MAKK, J., MÁRIALIGETI, K., ERŐSS, A., MÁDL-SZŐNYI, J. (2012): Biofilm bacterial communities inhabiting the cave walls of the Buda Thermal Karst System, Hungary. – *Geomicrobiology Journal* **29**, pp. 611-627.
- BÖGLI, A. (1964): Mischungskorrosion, ein Beitrag zum Verkarstungsproblem. – *Erdkunde* **18/2**, pp. 83-92.
- BÖGLI, A. (1965): The role of corrosion by mixed water in cave forming. – In: STEKL, O. (ed.): Problems of the Speleological Research, Czechoslovakia. Academy of Science, Prague, pp. 125-131.
- BÖGLI, A. (1971): Corrosion by mixing of karst waters. – *Trans. Cave Res. Group G.B.* **13/2**, pp. 109-114.
- BÖGLI, A. (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie. – *Springer-Verlag*, Berlin, 292 p.
- CHOLNOKY J. (1925): Elnöki megnyitó. – *Földrajzi Közlemények*, pp. 141-145.
- DUBLYANSKY, Y.V. (1991): A Budai-hegység hidrotermás paleokarsztja – a folyadékzárvány vizsgálatok első eredményei. – *Karszt és Barlang* **1991/I-II**, pp. 19-24.
- DUBLYANSKY, Y.V. (1995): Speleogenetic history of the Hungarian hydrothermal karst. – *Environmental Geology* **25**, pp. 24-35.
- DUBLYANSKY, Y.V. (2000): Hydrothermal Speleogenesis in the Hungarian Karst. – In: KLIMCHOUK, A.B., FORD, D.C., PALMER, A.N., DREYBRODT, W. (eds.): Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers. National Speleological Society, Huntsville, Alabama, USA, pp. 298-303.
- ENGEL, A.S. (2007): Observations on the biodiversity of sulfidic karst habitats. – *Journal of Cave and Karst Studies* **69/1**, pp. 187-206.
- ERNST L. (1965): A keveredési korrózió kérdéséhez. – *Karszt és Barlang* **1965/II**, pp. 61-63.
- ERŐSS, A. (2010): Characterization of fluids and evaluation of their effects on karst development at the Rózsadomb and Gellért Hill, Buda Thermal Karst, Hungary. – PhD Dissertation, Eötvös L. University, Budapest, 171 p.
- ERŐSS, A., MÁDL-SZŐNYI, J., CSOMA, É.A. (2008): Characteristics of discharge at Rose and Gellért Hills, Budapest, Hungary. – *Central European Geology* **51/3**, pp. 267-281.
- ERŐSS, A., MÁDL-SZŐNYI, J., CSOMA, É.A. (2011): The effects of mixed hydrothermal and meteoric fluids on karst reservoir development, Buda Thermal Karst, Hungary. – EMR Final report. SIEP Report.

- ERŐSS, A., MÁDL-SZÖNYI, J., SURBECK, H., HORVÁTH, Á., GOLDSCHIEDER, N., CSOMA, A.É. (2012): Radionuclides as natural tracers for the characterization of fluids in regional discharge areas, Buda Thermal Karst, Hungary. – *Journal of Hydrology* **426-427**, pp. 124-137.
- ESTEBAN, M., BUDAI, T., JUHÁSZ, E., LAPOINTE, P. (2009): Alteration of Triassic carbonates in the Buda Mountains – a hydrothermal model. – *Central European Geology* **52/1**, pp. 1-29.
- FODOR, L., LEÉL-ÖSSY, SZ., TARI, G. (1991): En-echelon fractures in a dextral shear zone – tectonic heritage for a hydrothermal cave (Budapest, Hungary). – *Terra Nova* **4**, pp. 165-170.
- FODOR L., MAGYARI Á., FOGARASI A., PALOTÁS K. (1994): Tercier szerkezetfejlődés és késő paleogén üledékképződés a Budai-hegységben. A Budai-vonal új értelmezése. – *Földtani Közlöny* **124/2**, pp. 129-305.
- FORD, D.C., TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1991): Abszolút kormeghatározás és stabil izotóp vizsgálatok budai barlangi kalcitmintákon. – *Karszt és Barlang* **1991/I–II**, pp. 11-18.
- FORD, D.C., WILLIAMS, P.W. (1989): Karst Geomorphology and Hydrology. – *Unwin Hyman*, London, 601 p.
- FORD, D.C., WILLIAMS, P.W. (2007): Karst Hydrogeology and Geomorphology. – *John Wiley & Sons*, Chichester, 562 p.
- GATTER I. (1984): A karbonátos kőzetek érkitöltéseinek és a barlangok hévizes kiválásainak folyadékzárvány vizsgálat. – *Karszt és Barlang* **1980/II.**, pp. 9-18.
- GINÉS, J., FORNÓS, J.J., GINÉS, A., MERINO, A., GRÀCIA, F. (2014): Geologic constraints and speleogenesis of Cova des Pas de Vallgornera, a complex coastal cave from Mallorca Island (Western Mediterranean). – *International Journal of Speleology*, **43 (2)**, pp. 105-124.
- GOLDSCHIEDER, N., MÁDL-SZÖNYI, J., ERŐSS, A., SCHILL, E. (2010): Review: Thermal water resources in carbonate rock aquifers. – *Hydrogeology Journal* **18**, pp. 1303-1318.
- GYÖRI O., POROS ZS., MINDSZENTY A., MOLNÁR F., FODOR L., SZABÓ R. (2011): Budai-hegységi paleogén karbonátos kőzetek diagenézistörténete. – *Földtani Közlöny* **141/4**, pp. 341-361.
- HAAS J. (1988): Upper Triassic carbonate platform evolution in the Transdanubian Mid-Mountains – *Acta Geologica Hungarica* **31/3-4**, pp. 299-312.
- HAAS J. (szerk.) (1993): Magyarország litosztratigráfiai alapegységei – Triász, pp. 49-51; 68-70; 77-80.
- HAAS J., KORPÁS L., TÖRÖK Á., DOSZTÁLY L., GÓCZÁN F., HÁMORNÉ VIDÓ M., ORAVECZNÉ SCHEFFER A., TARDINÉ FILÁCS E. (2000): Felső-triász medence- és lejtőfáciesek a Budai-hegységben – a Vérhalom téri fúrás vizsgálatának tükrében. – *Földtani Közlöny* **130/3**, pp. 371-421.
- HAJNAL G. (2007): Városi hidrogeológia. – *Akadémiai Kiadó*, Budapest, 38 p.

- HAZSLINSZKY T., NÁDOR A., SZABLYÁR P. (1993): AJÁNLÁS a budai Rózsadomb és környéke termálkarsztja UNESCO Világörökség-listára történő felterjesztéséhez. – *MKBT*, Budapest, 64 p.
- HILL, C..A. (1987): Geology of Carlsbad Cavern and other caves in the Guadalupe Mountains, New Mexico and Texas. – *New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources Bulletin* **117**, 150 p.
- HILL, C..A. (1990): Sulfuric acid speleogenesis of Carlsbad Cavern and its relationship to hydrocarbons, Delaware Basin, New Mexico and Texas. – *AAPG Bulletin* **74/11**, pp. 1685-1694.
- HILL, C..A. (1995): Sulfur redox reactions, native sulfur, Mississippi Valley type deposits, and sulfuric acid karst, Delaware Basin, New Mexico and Texas. – *Environ. Geol.* **25**, pp. 16-23.
- HILL, C., FORTI, P. (1997): Cave minerals of the World. – *National Speleological Society*, Huntsville, Alabama, USA, 463 p.
- HOFMANN K. (1871): A Buda-Kovácsi hegység földtani viszonyai. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **1**, pp. 199-273.
- HORVÁTH J. (1965): A Szemlőhegyi-barlang 1961-62. évi felmérése. – *Karszt és Barlang* **1965/I**, pp. 21-30.
- JAKUCS L. (1948): A hévforrásos barlangkeletkezés földtani és fizikai tényezői. – *Hidrológiai Közöny* **XXVIII/1-4**, pp. 53-58.
- JAKUCS L. (1971): A karsztok morfogenetikája. A karsztfelődés variációi. – Földrajzi monográfiák VIII, *Akadémiai Kiadó*, Budapest, 310 p.
- JAMES, N.P., CHOQUETTE, P.W. (Eds.) (1988): Paleokarst. – *Springer-Verlag*, New York, 416 p.
- JASKÓ S. (1948): A Centenáris-barlang. – *Természettudomány* **III/6**
- JASKÓ S. (1979): Az infraoligocén denudáció nyomain a Budai-hegységben. – *Földtani Közöny* **109/2**, pp. 199-210.
- KADIĆ O. (1931): Budapest – barlangváros. – *Turisták Lapja* **XLIII**, pp. 249-250.
- KADIĆ O. (1936): Budapest a barlangok városa. – Különlenyomat a *Földtani Értesítő Új folyam* **II/4** és következő számaiból (**II/4-ig**), Magyar Barlangkutató Társaság, Budapest, 20 p.
- KADIĆ O. (1952): A Kárpát-medence barlangjai – Magyarország, Csehszlovákia és Románia területén előforduló barlangok ismertetése (I. rész: Mai Magyarország). – Kézirat, Földtani Térképtár, Budapest, 415 p.
- KALINOVITS S. (1984): Molnár János-barlang. – *Magyarország barlangtérképei* **5**. Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, Budapest, 13 p.

- KARDOS A. (2011): A Gellért-hegy barlangjai. – Diplomamunka, ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Budapest, 102 p.
- KÁRPÁT J. (1983): Mátyás-hegyi-barlang. – *Magyarország barlangtérképei 3*. Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, Budapest, 36 p.
- KÁRPÁT J., TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1983): Pál-völgyi-barlang. – *Magyarország barlangtérképei 4*. Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, Budapest, 44 p.
- KÁZMÉR M. (1985): A budai felső-eocén mészkő mikrofácies modellje. – *Őslénytani Viták 31*, pp. 59-65.
- KELE S. (2009): Édesvízi mészkövek vizsgálata a Kárpát-medencéből: paleoklimatológiai és szedimentológiai elemzések. – Doktori disszertáció, ELTE-TTK és MTA Geokémiai Kutatóintézet, Budapest, 176 p.
- KELE, S., SCHEUER, GY., DEMÉNY, A., SHEN, C-C., CHIANG, H.-W. (2009): U-series dating and isotope geochemical study of the Gellért Hill (Budapest) travertine. – *Central European Geology 52/3-4*, pp. 199-224.
- KELE S., SCHEUER GY., DEMÉNY A., SHEN, C-C., CHIANG, H.-W. (2011): A Rózsadomb (Budapest) édesvízi mészköveinek U/Th sorozatos kormeghatározása és stabilizotóp-geokémiai vizsgálata. – *Földtani Közlemény 141/3*, pp. 293-312.
- KESSLER H. (1931): A Szemlőhegyi cseppkőbarlang. – *Turisták Lapja XLIII*, pp. 250-252.
- KESSLER H. (1934): Az új Ferenc-hegyi aragonit-barlang. – *Turisták Lapja XLVI*, pp. 9-12.
- KESSLER H. (1936): Barlangok mélyén. – *Franklin Társulat*, Budapest, 134 p.
- KISS A., TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1987): Újabb jelentős feltárások a Pál-völgyi-barlangban. – *Karszt és Barlang 1987/I-II*, pp. 3-8.
- KLIMCHOUK, A.B. (2007): Hypogene Speleogenesis: Hydrogeological and Morphogenetic Perspective. – Special Paper No.1, *National Cave and Karst Research Institute*, Carlsbad, NM, 106 p.
- KLIMCHOUK, A.B., FORD, D.C., PALMER, A.N., DREYBRODT, W. (2000): Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers. – *National Speleological Society*, Huntsville, Alabama, USA, 527 p.
- KORPÁS, L. (1998): Paleokarst Studies in Hungary. – *Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary*, Vol. 195, 138 p.
- KORPÁS L., FODOR L., MAGYARI Á., DÉNES GY., ORAVECZ J. (2002): A Gellért-hegy földtana, karszt- és szerkezetfejlődése. – *Karszt és Barlang 1998-1999/I-II*, pp. 57-94.
- KOVÁCS J., MÜLLER P. (1980): A Budai-hegyek hévizes tevékenységének kialakulása és nyomai. – *Karszt és Barlang 1980/II*, pp. 93-98.

- KRAUS S. (1978): A budapesti Szemlőhegy és Ferenchegy hévizes eredetű üregrendszereinek tektonikai vizsgálata. – Szakdolgozat, ELTE TTK Általános Földtani Tanszék, Budapest, 94 p.
- KRAUS S. (1982): A Budai-hegység hévizes barlangjainak fejlődéstörténete. – *Karszt és Barlang* **1982/I**, pp. 29-34.
- KRAUS S. (1988): Eocén őskarsztos üregek a Mátyás-hegyi-barlangban. – *Karszt és Barlang* **1988/II**, pp. 79-80.
- KRAUS S. (1993): A Szemlő-hegyi-barlang vízszintváltozásai. – *Karszt és Barlang* **1993/I-II**, pp. 47-53.
- LAPTYEV, F. F. (1939): Agresszivnoje vodi na karbonatnūje porodi, gipszi i betoni. – *Karszt, geofizika, Leningrád - Moszkva*
- LEÉL-ÖSSY S. (1957): A Budai-hegység barlangjai. – *Földrajzi Értesítő* **VI/2**, pp. 155-169.
- LEÉL-ÖSSY SZ. (1995): A budai Rózsadomb és környékének különleges barlangjai. – *Földtani Közöny* **125/3-4**, pp. 363-432.
- LEÉL-ÖSSY SZ. (1997): A József-hegyi-barlang (Budapest) termálkarsztos keletkezése és fejlődése. – Kandidátusi értekezés, MTA, 114 p.
- LEÉL-ÖSSY, SZ. (2003): Effects of anthropogeneous activities on cave exploration in the Buda Mountains. – In: HORVÁTH, G. (ed.): Soil effect on karst processes. (Budapest-Agtelek, 12-16 September 2002), Workshop Proceedings, pp. 127-141.
- LEÉL-ÖSSY SZ. (2005): A budai termálkarsztos barlangok genetikája és értékei. – In: HAZSLINSZKY T. (ed.): Hévizes barlangok genetikája és képződményei. Nemzetközi konferencia a Pál-völgyi-barlang felfedezésének 100. évfordulója alkalmából (Budapest, 2004. június 21-24.), MKBT, Előadások, pp. 45-53.
- LEÉL-ÖSSY SZ. (2014): Kristálybarlang a nagyváros alatt. A budapesti József-hegyi-barlang. – *GeoLitera*, SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, Szeged, 190 p.
- LEÉL-ÖSSY, SZ., SURÁNYI, G. (2003): Peculiar hydrothermal caves in Budapest, Hungary. – *Acta Geologica Hungarica* **46/4**, pp. 407-436.
- LEÉL-ÖSSY, SZ., SZANYI, GY., SURÁNYI, G. (2011): Minerals and Speleothems of the József-hegy Cave (Budapest, Hungary). – *International Journal of Speleology* **40/2**, pp. 191-203.
- MÁDLNÉ SZÖNYI J., CZAUNER B., ERŐSS A., SIMON SZ. (2013b): Karbonátos és csatlakozó üledékes medenceterületek fluidumdinamikai összefüggésének vizsgálata a szénhidrogén kutatás hatékonyságának javítása érdekében a Paleogén-medencében. – II. Részjelentés. Készült a MOL NyRt megbízásából és számára, ELTE K+F Jelentés, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 200 p.

- MÁDL-SZÖNYI, J., ERŐSS, A. (2013a): Effects of regional groundwater flow on deep carbonate systems focusing on discharge zones. – In: Proceedings of the International Symposium on Regional Groundwater Flow: Theory, Applications and Future development. 21-23 June Xi'an, China. China Geological Survey, Commission of Regional Groundwater Flow, IAH, pp. 71-75.
- MÁDLNÉ SZÖNYI J., ERŐSS A., VIRÁG M. (2013c): A hipogén karsztosodás folyamatai a felszín alatti vízáramlások tükrében. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 81-83.
- MAGYARI Á. (1996): Eocén szinszediment tektonikai jelenségek és üledékképződésre gyakorolt hatásai a Budai-hegységben. – Dokroti disszertáció, ELTE-TTK Általános és Történeti Földtani Tanszék, Budapest, 289 p.
- MARI L. (2000): A felszínborítás változásának hatása a Budai-hegység mintaterületének példáján. – In: A táj változásai a Kárpát-medencében a történelmi események hatására, Budapest - Gödöllő, pp. 39-41.
- MARI, L., FEHÉR, K. (1999): The impacts of land use change on the Buda hydrothermal-karst: a study of Szemlő-hegy cave. – In: BÁRÁNY-KEVEI, I., GUNN, J. (eds.): Essays in the ecology and conservation of karst, IGU Commission Sustainable Development and Management of Karst Terrains, Spec. Issue of *ACTA Geographica Szegediensis Tom. XXXVI*, pp. 104-111.
- MÁRTON, E., FODOR, L. (2003): Tertiary paleomagnetic results and structural analyses from the Transdanubian Range (Hungary): rotational disintegration of the ALCAPA unit. – *Tectonophysics* **363**, pp. 201-224.
- MINDSZENTY A. (szerk.) (2013): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, 311 p.
- MINDSZENTY A., MÁDLNÉ SZÖNYI J., PETHŐ S.L., KOVÁCS J., MÜLLER I., FODOR L., KÁDÁR M., ANGELUS B., ERŐSS A., NYÚL K., POYANMEHR Z., VARGA R. (2000): A Rózsadombi Termálkarszt Monitoring optimalizálása. Zárójelentés a 2000. évben végzett munkáról. – Kézirat, ELTE-TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, 111 p.
- MOLNÁR J. (1869): A hévvizek Buda környékén. – *Math. és Természettudományi Közlemények VII*, MTA, pp. 163-244.
- MÜLLER P. (1971): A metamorf eredetű széndioxid karsztkorróziós hatása. – *Karszt és Barlang* **1971/II**, pp. 53-56.
- MÜLLER P. (1974): A melegforrás barlangok és gömbfülkék képződéséről. – *Karszt és Barlang* **1974/I**, pp. 7-10.
- MÜLLER P. (1983): Válasz Ernst Lajos kritikái megjegyzésére.– *Karszt és Barlang* **1983/I-II**, p. 49.
- MÜLLER P., MAGYAR I. (2008): A budai pannóniai képződmények. – *Földtani Közöny* **138/4**, pp. 345-354.

- NÁDOR A. (1991): A Budai-hegység paleokarszt jelenségei és fejlődéstörténetük. – Doktori disszertáció, ELTE-TTK Általános és Történeti Földtani Tanszék, 171 p.
- NAGY S. (2008): A Budai-hegység hidrotermás folyamatainak szerepe a Bátor-barlang és a Ferenc-hegyi-barlang kialakulásában. – Diplomamunka, ELTE-TTK Ásványtani Tanszék, Budapest, 91 p.
- NAGYMAROSY A. (1987): A Pusztaszeri úti alapszelvény. – *MÁFI Kiadvány*, Budapest, 5 p.
- NAGYMAROSY A. (1998a): Magyarországi eocén. – In: KARÁTSON D. (szerk.): Pannon Enciklopédia Magyarország földje, *Kertek 2000 Kiadó*, Budapest, pp. 110-112.
- NAGYMAROSY A. (1998b): Magyarországi oligocén. – In: KARÁTSON D. (szerk.): Pannon Enciklopédia Magyarország földje, *Kertek 2000 Kiadó*, Budapest, pp. 113-115.
- NAGYMAROSY, A., BÁLDINÉ BEKE, M. (1988): The position of the Paleogene Formations of Hungary in the standard Nannoplankton zonation. – *Annales Univ.Sci.Bud. de Rolando Eötvös Nominatae, Sectio Geologica* **28**, pp. 3-25.
- PALMER, A.N. (2007): Cave Geology. – *Cave Books*, Dayton, Ohio, 454 p.
- PÁVAI VAJNA F. (1930): A forró oldatok, gőzök és gázok szerepe a barlangképződésnél. – *Hidrológiai Közlöny* **10**, pp. 115-122.
- PÁVEL E. (2014): Karbonátos képződmények mélybeli üregesedésre utaló jegyeinek vizsgálata a Budai Termálkarszton. – TDK dolgozat, ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Budapest, 63 p.
- PÉCSI, M., SCHEUER, GY., SCHWEITZER, F., HAHN, GY., PEVZNER, M.A. (1985): Neogene-Quaternary geomorphological surfaces in the Hungarian Mts. – In: KRETZOI, M., PÉCSI, M. (eds.): Problems of the Neogene and Quaternary, *Akadémia Kiadó*, Budapest, pp. 51-63.
- PLUMMER, L.N. (1975): Mixing of seawater with calcium carbonate groundwater. – *Geol. Soc. Amer. Memoirs* **142**, pp. 219-236.
- POROS, ZS. (2011): Fluid migration and porosity evolution in the Buda Hills, Hungary – selected examples from Triassic and Paleogene carbonate rocks. – PhD Dissertation, Eötvös L. University, Budapest, 141 p.
- POROS, ZS., GYŐRI, O., MINDSZENTY, A., MOLNÁR, F. (2009): Reconstruction of paleofluid migration pathway by recognition of Mississippi Valley-type characteristics in the associated mineralization (Buda Hills, Hungary). – In: 27th IAS Meeting of Sedimentologists, 2009 September, Alghero, Olaszország, p. 318.
- POROS, ZS., MINDSZENTY, A., MOLNÁR, F., PIRONON, J., GYŐRI, O., RONCHI, P., SZEKERES, Z. (2012): Imprints of hydrocarbon-bearing basinal fluids on a karst system: mineralogical and fluid inclusion studies from the Buda Hills, Hungary. – *International Journal of Earth Sciences (Geol. Rundsch.)* **101**, pp. 429-452.
- RAINCSÁKNÉ KOSÁRY ZS. (1985): Budapest építésföldtani térképsorozata. – Kézirat, MBFH

- RUNNELS, D.D. (1969): Diagenesis, chemical sediments and the mixing of natural waters. – *Jour. of Sed. Petr.* **39**, pp. 1188-1201.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER, ZS., FODOR, L., BADA, G., LEÉL-ŐSSY, SZ., HORVÁTH, E., DUNAI, T.J. (2005a): Quantification of Quaternary vertical movements in the central Pannonian Basin: A review of chronologic data along the Danube River, Hungary. – *Tectonophysics* **410**, pp. 157-172.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER, ZS., DUNAI, T.J., BADA, G., FODOR, L., HORVÁTH, E. (2005b): Middle to Late Pleistocene uplift rate of the Hungarian Mountain Range at the Danube Bend (Pannonian Basin), using in situ produced ^3He . – *Tectonophysics* **410**, pp. 173-187.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER ZS., DUNAI T., FODOR L., BADA G., LEÉL-ŐSSY SZ., HORVÁTH E. (2005c): A negyedidőszaki függőleges kéregmozgások számszerűsítése a Duna völgyében a korábbi kronológiai adatok és új, kozmogén ^3He kiterjedési kor mérések alapján. – *Földtani Közöny* **135/3**, pp. 373-403.
- SÁSDI L. (1993): A Budai-hegység paleokarsztjai és fejlődéstörténetük. II. Termális hatást tükröző paleokarsztok. – *Karszt és Barlang* **1993/I-II**, pp. 39-46.
- SÁSDI L. (2005): A Mátyás-hegyi-barlang üledékes kitöltésének vizsgálata. The examination of the depositional sediments of the Mátyás-hegy Cave. – In: HAZSLINSZKY T. (ed.): Hévízes barlangok genetikája és képződményei. Nemzetközi konferencia a Pál-völgyi-barlang felfedezésének 100. évfordulója alkalmából (Budapest, 2004. június 21-24.), MKBT, Előadások, pp. 92-99.
- SÁSDI L., KÁRPÁT J. (2000): Ferenc-hegyi-barlang. – *Magyarország barlangtérképei* **8**. Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, Budapest, 15 p.
- SCHAFARZIK F. (1904): A Magyar Korona országai területén létező kőbányák részletes ismertetése. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Kiadványai*, Budapest, 413 p.
- SCHAFARZIK F. (1921): Visszapillantás a budai hévforrások fejlődéstörténetére. – *Hidrológiai Közöny* **I**, pp. 9-14.
- SCHAFARZIK F., VENDL A. (1929): Geológiai kirándulások Budapest környékén. – *Magyar Királyi Földtani Intézet, Stadium Sajtóvállalat*, Budapest, 341 p.
- SCHERF E. (1922): Hévíforrások okozta kőzetváltozások (hidrotermális kőzetmetamorfózis) a Buda-Pilisi hegységben. – *Hidrológiai Közöny* **II**, pp. 19-88.
- SCHEUER GY., SCHWEITZER F. (1980): A budai hévforrások fejlődéstörténete a felsőpannontól napjainkig. – *Hidrológiai Közöny* **60/11**, pp. 492-501.
- SCHEUER GY., SCHWEITZER F. (1988): A Gerecse és a Budai-hegység édesvízi mészkőösszletei. – *Földrajzi Tanulmányok* **20**, Akadémiai Kiadó, Budapest, 129 p.
- SCHRÉTER Z. (1912): Harmadkori és pleisztocén hévíforrások tevékenységének nyomai a Budai hegyekben. – *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **XIX/5**, pp. 181-231.

- SURÁNYI, G., DOMBRÁDI, E., LEÉL-ŐSSY, SZ. (2010): Contributions of geophysical techniques to the exploration of the Molnár János Cave (Budapest, Hungary). – *Acta Carsologica* **39/3**, pp. 565-576.
- SZABÓ J. (1858): Pest-Buda környékének földtani leírása. – *Természettudományi Pályamunkák IV*, MTA, 58 p.
- SZABÓ J. (1877): Nyirok és lösz a budai hegységben. – *Földtani Közöny VII/3*, pp. 49-60.
- SZANYI GY. (2007): Budai barlangok kalcitkiválásainak uránsoros kormeghatározása. – Diplomamunka, ELTE-TTK Geofizikai Tanszék, Budapest, 58 p.
- SZANYI GY., BADA G., SURÁNYI G., LEÉL-ŐSSY SZ., VARGA ZS. (2009): A Budai-hegység pleisztocén kiemelkedéstörténete barlangi lemezes kalcitkiválások uránsoros kormeghatározása alapján. – *Földtani Közöny 139/4*, pp. 353-366.
- SZANYI GY., LEÉL-ŐSSY SZ., SURÁNYI G., BADA G., VARGA ZS. (2010): Kalcitlemez koradatok a Rózsadomb környéki barlangokból. – *Karszt és Barlang 2009/I-II*, pp. 27-40.
- SZANYI, GY., SURÁNYI, G., LEÉL-ŐSSY, SZ. (2012): Cave development and Quaternary uplift history in the Central Pannonian Basin derived from speleothem ages. – *Quaternary Geochronology 14*, pp. 18-25.
- SZUNYOGH G. (1982): A hévizes eredetű gömbfülkék kioldódásának elméleti vizsgálata. – *Karszt és Barlang 1982/II*, pp. 83-88.
- SZUNYOGH G. (1984): A gömbfülkék kondenzvíz-korróziós kialakulásának elméleti fizikai leírása. – *Karszt és Barlang 1984/I*, pp. 19-24.
- TAKÁCSNÉ BOLNER, K. (1989): Regional and special genetic marks of the Pál-völgy Cave, the largest cave of thermal water origin in Hungary. – Proceedings of the 10th International Congress of Speleology (13-20. August 1989, Budapest), **III**, pp. 819-822.
- TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1990): A Pál-völgyi-barlang üledékitöltésének vizsgálatai. – Kézirat. In: KISS A., TAKÁCSNÉ BOLNER K.: Jelentés a Bekey Imre Gábor Barlangkutató Csoport 1989. évi munkájáról, pp. 44-52.
- TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1993): Karszt- és barlangvédelem. – In: Ajánlás a budai Rózsadomb és környéke termálkarsztja UNESCO Világörökség-listára történő felterjesztéséhez, *MKBT*, pp.45-46.
- TAKÁCSNÉ BOLNER K. (2002): A kénsavas oldatok hatására képződő barlangok ismérvei és hazai előfordulási lehetőségei. – Kézirat, MKBT jelentés, 5 p.
- TAKÁCSNÉ BOLNER K. (2003): Pál-völgyi-barlang. – In: SZÉKELY K. (szerk.): Magyarország fokozottan védett barlangjai. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest, pp. 264-272.

TAKÁCSNÉ BOLNER K. (2005a): A rózsadombi barlangok morfológiájának és ásványegyüttesének összehasonlító elemzése. Comparative analysis on the morphology and mineralogy of Rózsadomb caves. – In: HAZSLINSZKY T. (ed.): Hévízes barlangok genetikája és képződményei. Nemzetközi konferencia a Pál-völgyi-barlang felfedezésének 100. évfordulója alkalmából (Budapest, 2004. június 21-24.), MKBT, Előadások, pp. 125-131.

TAKÁCSNÉ BOLNER K. (2005b): A Pál-völgyi-barlang képződmény-ritkaságai. Rare speleothems found in Pál-völgy Cave. – In: HAZSLINSZKY T. (ed.): Hévízes barlangok genetikája és képződményei. Nemzetközi konferencia a Pál-völgyi-barlang felfedezésének 100. évfordulója alkalmából (Budapest, 2004. június 21-24.), MKBT, Előadások, pp. 118-124.

TAKÁCSNÉ BOLNER K. (2011): A Rózsadomb barlangjainak szerepe a magyar speleológia fejlődésében. The Rózsadomb caves and their contribution to the development of Hungarian speleology. – In: HAZSLINSZKY T. (ed.): 100 éves a szervezett magyar barlangkutatás (Budapest, 2010. május 7-9.), MKBT, Konferencia előadások, pp. 162-171.

TAKÁCSNÉ BOLNER K., KRAUS S. (1989): A melegvízes eredetű barlangok kutatásának eredményei. – *Karszt és Barlang* **1989/I–II**, pp. 61-66.

TAKÁCSNÉ BOLNER K., KÁRPÁT J. (2000): Pál-völgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer. – Országos Barlangnyilvántartás.

TAKÁCSNÉ BOLNER K., KISS A. (2004): Pál-völgyi-barlang – egy felfedezés 100 éve. – Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 80 p.

TAKÁCSNÉ BOLNER K., TARDY J. (2003): A Budai Termálkarszt barlangvilága. – *A Földgömb* **XXI/5**, pp. 18-29.

TELBISZ T., MARI L., KOHÁN B. (2006a): A Karas-szurdok (Aninai-hegység) környékének digitális domborzatelemzése és a helyszínen végzett GPS-es töbör-felmérések tanulságai. – *Karsztfejlődés* **XI**, pp. 117-131.

TELBISZ T., MARI L., KOHÁN B., ČALIČ, J. (2007): A szerbiai Miroč-hegység töbreinek térinformatikai és GPS-es terepi vizsgálata. – *Karsztfejlődés* **XII**, pp. 71-90.

TELBISZ T., MÓGA J. (2005): Töbör-morfometriai elemzések a Szilicei-fennsík középső részén. – *Karsztfejlődés* **X**, pp. 245-265.

TELBISZ T., MÓGA J., KÓSIK SZ. (2006b): Töbör-morfometriai elemzések a Szilicei-fennsík délnyugati részén. – *Karsztfejlődés* **XI**, pp. 133-152.

TELBISZ T., NAGY B. (2008): Termokarsztos mélyedések vizsgálata töbör-morfometriai módszerekkel, űrfelvételek alapján. – *Karsztfejlődés* **XIII**, pp. 215-238.

TELEGDI-ROTH K. (1927): Infraoligocén denudáció nyomai a Dunántúli-középhegység északnyugati peremén. – *Földtani Közlöny*, pp. 32-41.

TÓTH, J. (1999): Groundwater as a geologic agent: An overview of the cases, processes and manifestations. – *Hydrogeology Journal* **7/1**, pp. 1-14.

VERESS M., PÉNTEK K., HORVÁTH E.T. (1992): Keveredési korróziós barlangok kioldódástörténetének vizsgálata a Sűrű-hegyi Ördög-lik példáján. – *Karszt és Barlang* **1992/I-II**, pp. 21-26.

VIRÁG M. (2008): A Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizeinek vizsgálata a rózsadombi törmeléktakarón át történő beszivárgás értékelése céljából. – Diplomamunka, ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Budapest, 153 p.

VIRÁG M. (szerk.) (2013a): Földtani örökségünk – a Budai Termálkarszt. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 181-274.

VIRÁG M. (szerk.) (2013b): Turisztikai értékek (védett földtani objektumok). – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 275-281.

VIRÁG M. (2013): Szépvölgy-Rózsadomb (város)geológiai tanösvény és barlangtúrák. – Geológiai Tanösvények Budán, 40 p., MELLÉKLET: In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, 311 p.

VIRÁG M. (2014): Történeti áttekintés a budai barlangok keletkezéséről – a klasszikus karsztfejlődéstől a hipogén barlangképződésig. – *Karszt és Barlang* **2012/I-II**. (in press)

VIRÁG M., KÁLMÁNFINE AST H., KARDOS A., MINDSZENTY A., LEÉL-ŐSSY SZ., TIMÁR G. (2011): Budai barlangok és travertínó szintek vizsgálata térinformatikai módszerekkel. – Absztrakt kötet, Karsztfejlődés XIV. Konferencia, Szombathely, p.32.

VIRÁG M., KÁLMÁNFINE AST H., MARI L. (2013b): A Szépvölgy és a Rózsadomb környékének urbanizációja a barlangfelfedezések tükrében. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 199-205.

VIRÁG M., KÁLMÁNFINE AST H., MINDSZENTY A. (2013e): Barlangszintek, barlangi kiválások és travertínók térbeli jellemzése. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 259-263.

VIRÁG M., LEÉL-ŐSSY SZ., MINDSZENTY A. (2013a): Szpeleológiai adottságok. A felszín alatti víz oldóhatásának tanúi: a budai barlangok. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 104-111.

VIRÁG M., MÁDLNÉ SZÖNYI J. (2013): A Szemlő-hegyi-barlang csepegővizeinek vizsgálata a rózsadombi törmeléktakaró beszivárgásmódosító hatásának értékelése céljából. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 239-243.

VIRÁG M., MINDSZENTY A. (2013): Periglaciális folyamatok nyomai a Budai-hegység negyedidőszaki üledékeiben. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 49-54.

VIRÁG M., TAKÁCSNÉ BOLNER K., LEÉL-ŐSSY SZ. (2013c): A barlangok felfedezése és a rózsadombi kisbarlangok. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 206-211.

VIRÁG M., TAKÁCSNÉ BOLNER K., LEÉL-ŐSSY SZ. (2013d): Barlangi kiválástípusok (szpeleotémák). – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 248-252.

VÖRÖS P. (2013): Kovás elváltozások vizsgálata rózsadombi barlangokban. – Diplomamunka, NyME-SEK-TTK Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, és ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Budapest, 78 p.

VÖRÖS P., VIRÁG M., MINDSZENTY A., BENDŐ ZS., NÉMETH T., LEÉL-ŐSSY SZ. (2013): Eocén kőzeteket átszelő repedéskitöltésekhez kapcsolódó elváltozott zónák a budai barlangokban. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 34-39.

WEIN GY. (1977): A Budai-hegység tektonikája. – *MÁFI Alkalmi Kiadvány*, Budapest, 66 p.

Internetes hivatkozás:

<http://www.termeszetvedelem.hu>

11. Ábrajegyzék

1. ábra:	A Rózsadomb és környékének domborzata, barlangjai, travertínó előfordulásai és forrásai (barlang adatok: Országos Barlang-nyilvántartás, források: Magyarország forrásainak katasztere 1997, OVF-VITUKI Rt Hidrológiai Intézet, termálkutak: Lorberer Á. 1991, travertínók: Scheuer és Schweitzer 1988, Kele S. 2009 után GPS méréssel)	6. oldal
2. ábra:	A területhasználat változása. 1 – összefüggő település szerkezet; 2 – nem összefüggő település szerkezet; 3 – sportpálya; 4 – külszíni bánya; 5 – szántóföld; 6 – állandó növényi kultúrák; 7 – füves terület; 8 – bokros terület, elszórtan fákkal; 9 – erdő (in Mari L. 2000)	9. oldal
3. ábra:	A Budai-hegység fedetlen földtani térképe (a negyedidőszaki képződmények elhagyásával, kivétel: travertínók)	11. oldal
4. ábra:	A Budai-hegység földtani képződményeinek rétegoszlopa	12. oldal
5. ábra:	(a) Paleokarsztos üregek a mészkőben és laminált paleokarsztos üregkitöltés (Fenyőgyöngye kőfejtő) (b) Üreget bélelő miocén hidrotermás kalcit a Szemlő-hegyi-barlangban	18. oldal
6. ábra:	MÁRTON E. és FODOR L. (2003) paleofeszültségtér-rekonstrukciója	21. oldal
7. ábra:	Kalcittelérek dőlés- és csapásiránya pólussűrűség szerint és rózsadiagramon ábrázolva (in GYÖRI et al. 2011)	22. oldal
8. ábra:	Epigén és hipogén karsztos folyamatok áramlási rendszeren belüli helyzete (in Klimchouk, A. 2007, Tóth, J. 1999 után módosítva)	27. oldal
9. ábra:	9. ábra. A Budai Termálkarszt vízáramlási rendszerének új modellje (in ERÖSS et al. 2011; KOVÁCS J.– MÜLLER P. 1980 és GOLDSCHIEDER et al. 2010 után módosítva)	28. oldal
10. ábra:	Elváltozott zónák képződési modellje és miocén telérek mentén történő oldódás	31. oldal
11. ábra:	Tektonikusan preformált barlangjáratok	35. oldal
12. ábra:	A József-hegyi-barlang főhasadécai (in LEÉL-ÖSSY SZ. 1997); (a-c) a József-hegy terciér tektonikai fejlődéstörténete (in LEÉL-ÖSSY SZ. 1997, FODOR et al. 1991 nyomán)	36. oldal
13. ábra:	A Szemlő-hegyi-barlang törésirányai (és Riedel törései) a Ferenc-hegyi jobbos oldalelmozdulás feszültségterében (in BENKOVICS et al. 1999)	37. oldal
14. ábra:	A Mallorca-i Cova des Pas de Vallgornera barlang járatai és irányainak rózsadiagramja (in GINÉS et al. 2014)	38. oldal
15. ábra:	A Budai-hegység édesvízi mészköveinek és jelentősebb barlangjainak szintbeli elhelyezkedése (in TAKÁCSNÉ BOLNER K. – KRAUS S. 1989, SCHEUER GY – SCHWEITZER F. 1980 nyomán)	41. oldal
16. ábra:	Barlangi kiválások U/Th kora, helyzete és a feltételezett vízszintváltozások	43. oldal
17. ábra:	A budai oldal jellemző formáit bemutató geomorfológiai térkép (kiemelve a barlangokat is ábrázoló rózsadombi rész)	51. oldal
18. ábra:	A Rózsadomb lejtőkitettség térképe (ArcGIS feldolgozás; barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)	52. oldal
19. ábra:	A Rózsadomb lejtőkategória térképe (ArcGIS feldolgozás; barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)	53. oldal
20. ábra:	A Rózsadomb lejtőkategória térképe (RAINCSÁKNÉ KOSÁRY ZS. (1985): Budapest építésföldtani térképsorozata alapján, MBFH; barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)	53. oldal
21. ábra:	A Rózsadomb negyedidőszaki vastagságtérképe (RAINCSÁKNÉ KOSÁRY ZS. (1985): Budapest építésföldtani térképsorozata alapján, MBFH; barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)	54. oldal
22. ábra:	A Rózsadomb földtani térképe, a negyedidőszaki képződményekkel, a jelenleg ismert barlangokkal és a jelentősebb (> 1 km) barlangok polygonjaival (földtani térkép: MÁFI 1:10 000 térképe alapján, barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)	54. oldal

23. ábra:	A Rózsadomb fedetlen földtani térképe, forrásai és kútjai, jelenleg ismert barlangjai és a jelentősebb (> 1 km) barlangok polygonjai (földtani térkép: Fodor L. (in Mindszenty et al. 2000) alapján, travertínók: Wein Gy. 1977, Scheuer és Schweitzer 1988 és Kele S. 2009 után GPS méréssel, barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás, források: Magyarország forrásainak katasztere 1997, OVF-VITUKI Rt Hidrológiai Intézet, termálkutak: Lorberer Á. 1991)	55. oldal
24. ábra:	Urbanizáció és területhasználat változás a Rózsadombon 1-2. (térinformatika, interpretáció: Kálmánfiné Ast H. és Virág M., 2013)	57-58. oldal
25. ábra:	A Rózsadomb területének lehatárolása, jelenleg ismert barlangjai és 1 km-nél hosszabb barlangjainak járatai (polygonok) (barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás, térkép alap: Google Earth IKONOS űrfelvétel)	59. oldal
26. ábra:	A Rózsadomb urbanizációjának története képekben	60. oldal
27. ábra:	A Szépvölgy-Rózsadomb környéki barlangok adatai	64. oldal
28. ábra:	A József-hegyi-barlang térképe és az egyes barlangszakaszok felfedezési időpontja	70. oldal
29. ábra:	A Szemlő-hegyi-barlang térképe és az egyes barlangszakaszok felfedezési időpontja	70. oldal
30. ábra:	A Ferenc-hegyi-barlang térképe és az egyes barlangszakaszok felfedezési időpontja	71. oldal
31. ábra:	A Molnár János-barlang térképei	72. oldal
32. ábra:	A Pál-völgyi-barlangrendszer térképe	73. oldal
33. ábra:	A Rózsadombi nagy barlangok járatirányai (térképen és rózsadiagramon; földtani térkép: FODOR L. (in MINDSZENTY et al. 2000) alapján, barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás)	77. oldal
34. ábra:	A Rózsadomb barlangszintjei, barlangi kiválásai és travertínói	81. oldal
35. ábra:	A Gellért-hegy barlangszintjei, barlangi kiválásai és travertínói	83. oldal

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
FÖLDRAJZ- ÉS FÖLDTUDOMÁNYI INTÉZET

TERMÉSZETFÖLDRAJZI TANSZÉK

**A SZÉPVÖLGY-RÓZSADOMB VÁROSGEOLÓGIAI
TANÖSVÉNY TERVEZETE**

SZAKDOLGOZAT



Készítette:

VIRÁG MAGDOLNA

földrajz-környezettan tanár

Témavezető:

KÉRI ANDRÁS

egyetemi tanársegéd

Budapest

2014

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS.....	2
2. BUDAPEST FÖLDTANI TERMÉSZETI ÉRTÉKEI ÉS BEMUTATÁSI MÓDJAI.....	3
3. TANÖSVÉNYEK.....	7
3.1 A HAGYOMÁNYOS TANÖSVÉNYEK TÍPUSAI ÉS ISMÉRVEI.....	8
3.2 VIRTUÁLIS TANÖSVÉNYEK.....	9
4. A DUNA-IPOLY NEMZETI PARK IGAZGATÓSÁG TANÖSVÉNYEI.....	10
5. A SZÉPVÖLGY-RÓZSADOMB VÁROSGEOLÓGIAI TANÖSVÉNY TERVEZÉSE ÉS BEMUTATÁSA.....	11
5.1 KIKNEK KÉSZÜL A TANÖSVÉNY?.....	11
5.2 MIT MUTATOK BE?.....	12
5.3 HOGYAN MUTATOM BE?.....	13
5.3.1 <i>Tanösvény tervezési és bemutatási lehetőségek a Rózsadombon és környékén.....</i>	<i>13</i>
5.3.2 <i>Geológiai Tanösvények Budán – virtuális tanösvény-sorozat.....</i>	<i>14</i>
5.3.3 <i>A Szépvölgy–Rózsadomb (város)geológiai tanösvény kirándulásvezető füzet.....</i>	<i>15</i>
6. ÖSSZEGZÉS.....	16
7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	17
8. IRODALOMJEGYZÉK.....	18
9. MELLÉKLET (TANÖSVÉNYFÜZET).....	19

1. Bevezetés, célkitűzés

Budapest kultúrtörténeti értékei mellett számos természeti, földtani értékkel és látnivalóval rendelkezik. A földtani örökségünk részét képező Budai Termálkarszt jellegzetességeit természetes sziklakibúvásokon és kőfejtőkben megfigyelhető földtani, kőzettani, ásványtani, őslénytani sajátosságok, az egykori termálvizek nyomai, kőzetelváltozások, barlangok és a jelenleg a Duna partján fakadó langyos és meleg források képviselik. E földtani természeti értékek és az ember viszonyát, a folyamatosan terjeszkedő főváros hatását a földtani környezetre és a geológiai viszonyok hatását a beépülés ütemére és beépíthetőségre, vagyis az urbanizáció és a természeti környezet kölcsönhatását az aktuális tudományos újdonságokkal együtt a legteljesebben és legrészletesebben MINDSZENTY A. (2013) szerkesztésében megjelent könyv alapján ismerhetjük meg. A földtani természeti értékek védelme helyzetükből adódóan ez esetben nehezebben megvalósítható, mint másutt. A főként budai oldalra koncentrálódó látnivalókat könyvekből, leírásokból, kirándulásvezetőkől, bemutatóhelyeken és a helyszínen elhelyezett táblák és szakvezetések segítségével ismerhetjük meg. A Budai-hegység közelsége alapján népszerű kirándulóhelynek számít, és a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság bemutatóhelyei mellett tanösvények is segítik az érdeklődő turistákat abban, hogy ezeket az általában védett természeti értékeket megismerjék. A tanösvények sajátosságaikból adódóan az oktatásban, ismeretterjesztésben, környezeti szemléletformálásban és élményszerzésben is egyaránt fontos szerepet játszanak.

Témaválasztásom nagyrészt személyes indíttatású. Több mint 10 éve dolgozom az általam szubjektíven „legszebbnek” tartott Szemlő-hegyi-barlangban barlangi idegenvezetőként, ahol a hétvégi családos túráktól kezdve a legkülönfélébb korosztályhoz tartozó és eltérő előképzettségű turisták és csoportok számára mutatom be a barlang természeti értékeit és látnivalóit, – mindig a látogatók elvárásainak megfelelő szinten. A földtudományok iránt komolyabban érdeklődő látogatóknak és geológus szakembereknek is van mit mondanom, hiszen részben geológus végzettségű vagyok, aki jelenleg PhD munkája keretein belül éppen a budai barlangokat kutatja – megfelelő érdeklődés esetén, néhány túrámon a látogatók így föld alatti sétájuk során első kézből értesülhetnek egy-egy tudományos újdonságról, amiről még csak kevesen hallottak. Az elsősorban iskolásoknak szóló föld alatti földrajzórák és egyéb földtani kirándulások, terepgyakorlatok keretében pedig a normál túraidőn túl még több érdekességet megtudhatnak a környék barlangjairól.

A barlangba látogató turisták részéről gyakran felmerül az igény és kérdés, hogy milyen egyéb érdekességek, látnivalók vannak még a környéken. A térképek és útikönyvek, túrakaihoz kiemelnek ugyan néhányat, azonban korántsem adnak teljes képet a Rózsadombon és környékén megtekinthető természeti-kultúrtörténeti értékekről. Gyakran a helyi lakosok sem ismerik saját környezetük értékeit. A jórészt városi környezetből a természetes élővilágnak mára csak nyomai maradtak, azonban az egykori kőbányászatnak és építkezéseknek köszönhetően feltárult felszínközeli-felszínalatti földtani természeti értékek bőséges látnivalót és ismeretet kínálnak. Geológusként és földrajz-környezettanos tanárként, és nem utolsósorban barlangi idegenvezetőként célokom, hogy tudásomhoz és lehetőségeimhez képest minden érdeklődőnek bemutassam ezeket az értékeket. Ennek legmegfelelőbb formája véleményem szerint egy szabadon járható városgeológiai tanösvény kialakítása, mely egy útvonal és tematika mentén fűzi fel az egyes látnivalókat.

Dolgozatomban áttekintem Budapest és a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság főbb természeti értékeit és bemutatási formáit, kiemelt hangsúlyt helyezve a földtani természeti értékekre. Ebbe a rendszerbe helyezkedve taglalom a Szépvölgy-Rózsadomb Városgeológiai Tanösvény tervezésének menetét, a tanösvény látnivalóinak bemutatási lehetőségeit, végül pedig mellékelem az általam tervezett, megírt és szerkesztett tanösvényfüzetet. Bízom benne, hogy a tanösvény megvalósításával hozzájárulhatok a környék élettelen természeti értékeinek élményszerű megismeréséhez és a földtani természetvédelem népszerűsítéséhez.

2. Budapest földtani természeti értékei és bemutatási módjai

Budapest – és azon belül kiemelten a budai oldal – természeti és kultúrtörténeti értékekben egyaránt kivételesen gazdag: ezek közül is kiemelkednek a változatos földtani értékek. A terület egy része a Budai Tájvédelmi Körzethez tartozik, és a Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság irányítása alatt áll. Az élő és élettelen természeti értékeket számos országos vagy helyi (fővárosi vagy kerületi) szintű természetvédelmi területtel védik. *Ex lege* védett természeti érték vagy emlék minden barlang, forrás (amelynek vízhozama nagyobb, mint 5 l/perc), víznyelő, szikes tó és láp; az első kettőből Budapesten is sok található (1-2. ábra). A több szempontból is jelentős nagy barlangok fokozott védelmet élveznek.

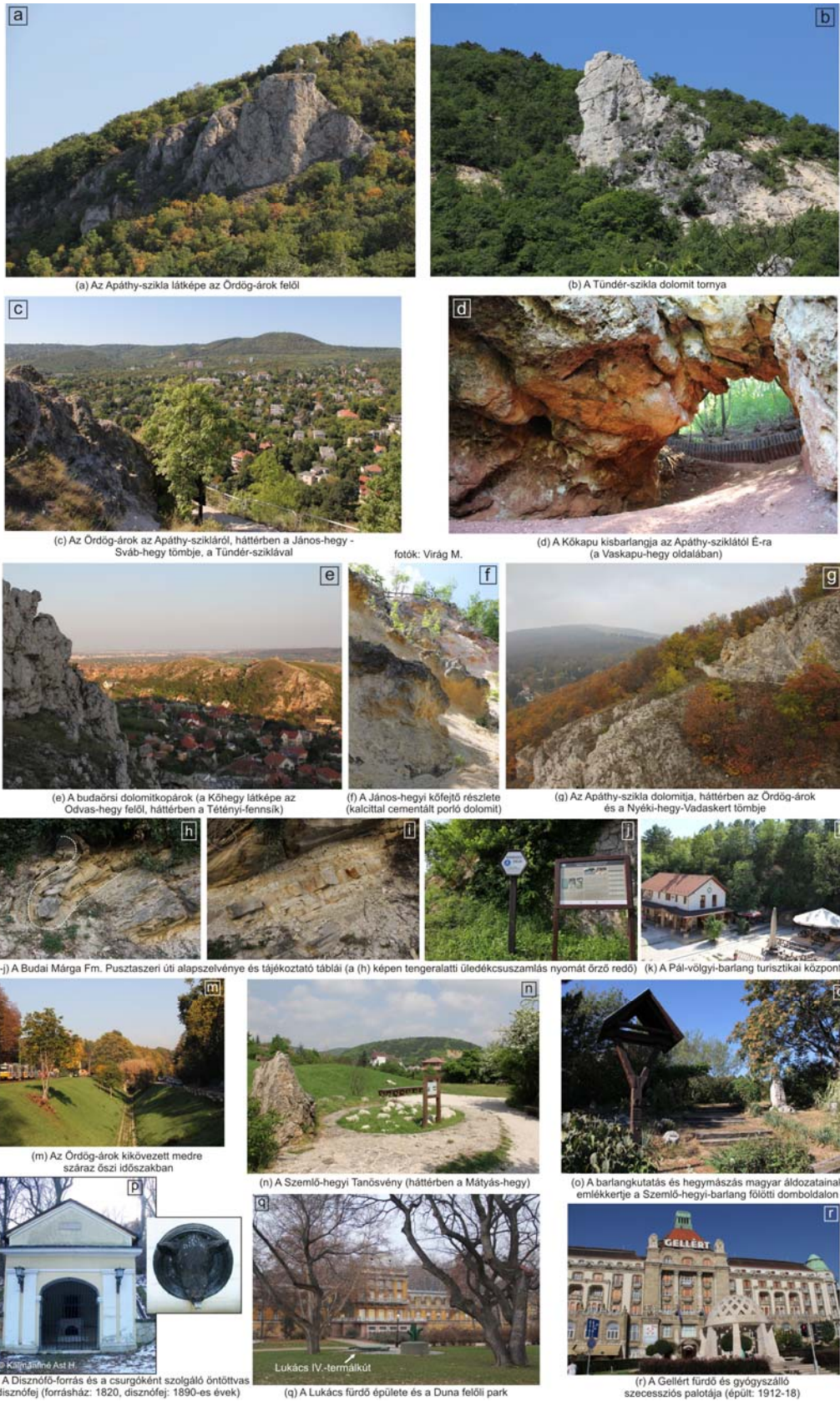
A főváros természeti értékeivel korábban több összefoglaló mű is foglalkozott (pl. SCHAFARZIK F. – VENDL A. 1929; SCHAFARZIK et al. 1964; PÉCSI et al. 1958; BAJOR Z. 2009; PALOTAI M. 2010). Dolgozatomban csak rövid áttekintést nyújtok a Budapest területén megtekinthető földtani látnivalókról. A legfontosabbakra vonatkozó újabb ismeretek

fellelhetőek BUDAI T. és GYALOG L. (2009) *Magyarország földtani atlasza országjáróknak* és HAAS J. (2010) *A múlt ösvényein* című kötetekben is.

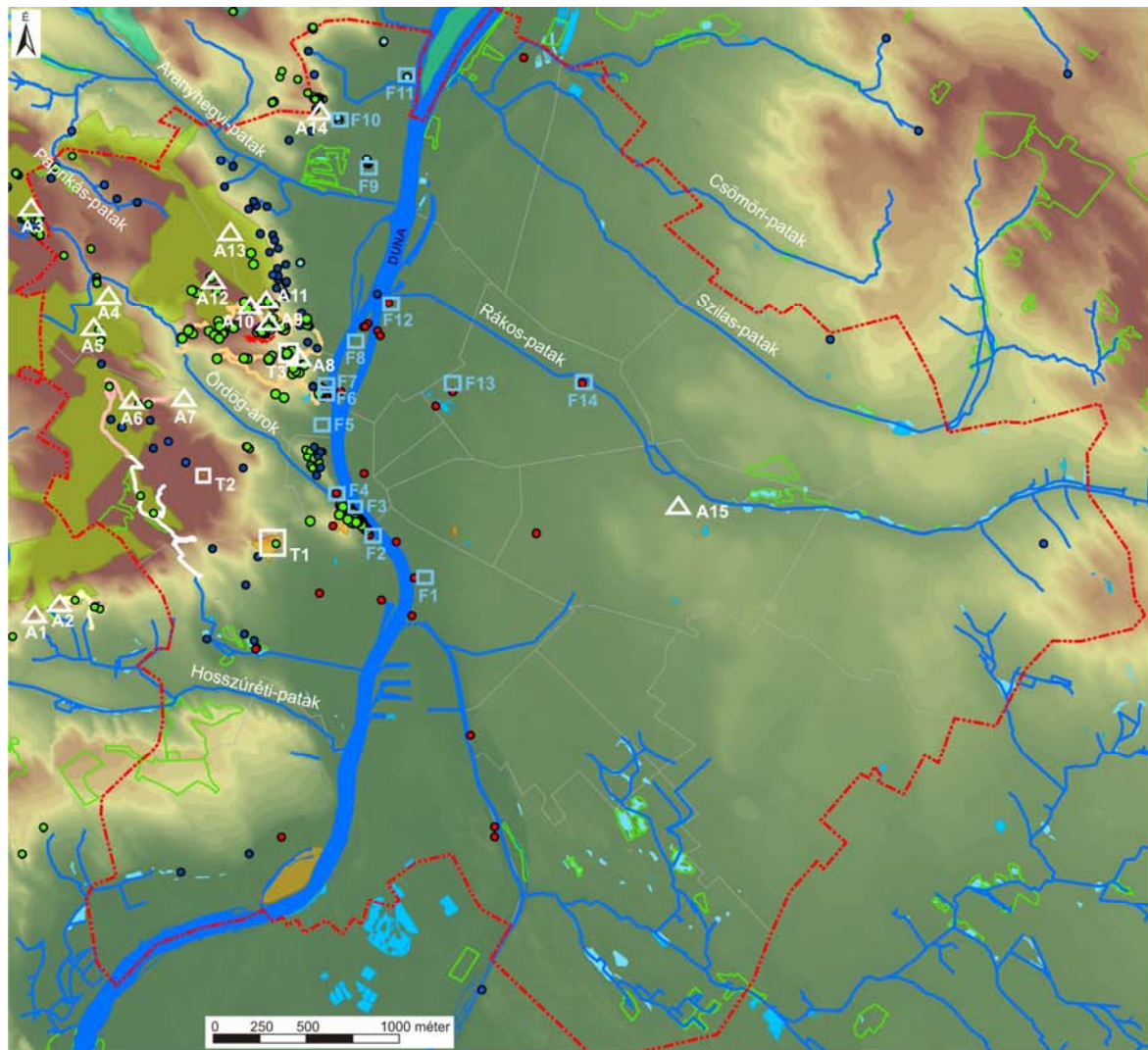
A Budai-hegység népszerű kirándulóhelynek számít, ahol a természet, az erdő nyújtotta kikapcsolódás mellett a földtani látnivalók is különlegesek. A természetes sziklakibúvások, sziklaalakzatok, nyitott barlangok, látványos geomorfológiai formák esztétikai élménye és a hegyekben fakadó források már régóta turisztikai vonzerőt jelentenek (*1. ábra*). Általában mindenki ismeri a János-hegyi-kilátó alatt felbukkanó Tündér-sziklát (Fődolomit), az Ördög-árok peremén magasodó Apáthy-sziklát (Fődolomit), a rózsadombi Balogh Ádám-sziklát (Fődolomit), a budaörsi „dolomitkopárokat” vagy a Sas-hegy tűzköves dolomitszikláit (Mátyáshegyi Formáció, Sashegyi Dolomit Tagozat) és a Gellért-hegy Duna felé leszakadó keleti sziklafalát (Fődolomit Formáció), és annak tájképileg is jelentős látványát. A felhagyott kőfejtők is érdekes kőzetrétegeket, ásványteléreket, fossziliákat, barlangokat tárnak fel (például a védett területté nyilvánított Pál-völgyi kőfejtő, a Fazekas-hegyi kőfejtő, az Ördög-orom vagy a Róka-hegy). Fontos geológiai látnivalók vannak még például a Mátyás-hegy, Kecse-hegy, Francia-bánya és Fenyőgyöngye kőfejtőkben is.

Természetvédelmi területen található számos földtani feltárás és földtani alapszelvény, amelyek egy része út/vasúti bevágásban vagy kőfejtőben nyílik. HAAS J. (1980) megfogalmazásában a „**földtani alapszelvények** olyan, geológiai szempontból kiemelkedő fontosságú felszíni... rétegsorok, amelyek földtani egységek vagy egész régiók felépítését reprezentálják, és melyek... a tudomány számára... meghatározott körzetben elsődleges hivatkozási alapot jelentenek”. 2007-ben az országos jelentőségű védett területeken befejeződött a földtani alapszelvények felmérése és nyilvántartásba vétele. Az országosan összesen 194 alapszelvény listája a természetvedelem.hu honlapon található. Budapesten a legtöbb itt azonosítható kőzetegységhez kijelölték a rájuk jellemző földtani alapszelvényeket. Ezek helyét és a hozzájuk kapcsolódó alapinformációt a *2. ábra* mutatja be; részletes leírásuk a *Magyarország geológiai alapszelvényei* sorozat (Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa) lapjain olvasható. A földtani természetvédelem történetével és jelentőségével GELLAI M. és BAROSS G. (1995) összefoglaló munkája foglalkozik. Néhány védett földtani alapszelvény (pl. a Pusztaszeri út 5. Budai Mária feltárása) mellé ismeretterjesztő táblát helyeztek (*1. ábra*).

Budapest a termálforrások és a barlangok városa. Gyógyfürdői már századok óta népszerű turisztikai célpontnak számítanak. A *2. ábra* bemutatja a fürdőket, illetve a vízellátásukat biztosító termálforrásokat és fűtő kutakat. A fürdők a Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt. (budapestgyogyfurdoi.hu) irányítása alá tartoznak.



1. ábra. Budapest néhány földtani természetvédelmi és turisztikai értéke (in VIRÁG M. 2013a)



Jelmagyarázat:

Vízrajz, forrás, kút:

- patak
- mocsár
- tó
- hidegvizes források
- langyos források
- hévforrások/termálvízutak

● barlang ✂ barlangjárát

□ Gyógyfürdők és strandok:

- F1 Dandár fürdő
- F2 Gellért fürdő
- F3 Rudas fürdő
- F4 Rác fürdő
- F5 Király fürdő
- F6 Lukács fürdő
- F7 Császár fürdő
- F8 Palatinus strand
- F9 Római fürdő (strand)
- F10 Csillaghegyi strand
- F11 Pünkösdfürdői strand
- F12 Dagály fürdő
- F13 Széchenyi fürdő
- F14 Paskál strand

Természetvédelem:

- természetes terület
- természetvédelmi terület
- Budai Tájvédelmi Körzet
- Duna-Ipoly Nemzeti Park (teljes terület: Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság)

△ Földtani alapszelvények:

- A1 Budaörs, Út-hegy, kőfejtő (Budai Márga Fm., Szépvölgyi Mészkö Fm.)
- A2 Budaörs, Odvas-hegy Ny (Budaörsi Dolomit Fm.)
- A3 Hosszúerdő-hegy, kőfejtő (Dachsteini Dolomit Fm.)
- A4 Fazekas-hegy, bunkerkes felső kőfejtő (Dachsteini Mészkö Fm.)
- A5 Nagy-Hárs-hegy, kőfejtő (Hárshegyi Homokkő Fm., Dachsteini Mészkö Fm.)
- A6 Tündér-szikla (Földolomit Fm.)
- A7 Zugliget, Szarvas G. utcai trafóház (Tardi Agyag Fm.)
- A8 Pusztaszeri út, útbévágás (Budai Márga Fm.)
- A9 Mátyás-hegy Ny-i kőfejtő (Szépvölgyi Mészkö Fm., Mátyáshegyi Fm.)
- A10 Szépvölgy, Francia-bánya (Szépvölgyi Mészkö Fm.)
- A11 Szépvölgy, Fenyőgyöngye kőfejtő (Szépvölgyi Mészkö Fm.)
- A12 Szépvölgy, Rozmaring kőfejtő (Budai Márga Fm., Szépvölgyi Mészkö Fm.)
- A13 Hármashatár-hegy, Guckler-szikla (Mátyáshegyi Fm.)
- A14 Péter-hegy, téglagyár (Tardi Agyag Fm., Kiscelli Agyag Fm.)
- A15 Rákos, vasúti delta, Keresztúri úti feltárás D-i fala (Rákosi Mészkö Fm.)

□ Tanösvények (DINPI):

- T1 Sas-hegy Tanösvény
- T2 Kópark Tanösvény
- T3 Szemlő-hegyi Tanösvény

"Geológiai Tanösvények Budán" tanösvény-sorozat útvonalai:

- Odvas-hegyi Geológiai Tanösvény (tervezett)
- Sváb-hegyi Geológiai Tanösvény (tervezett)
- János-hegyi Geológiai Tanösvény (tervezett)
- Szépvölgy-Rózsadombi (Város)geológiai Tanösvény

Domborzat

- (mBf):
- 520 m
 - 96 m

- kerület határ
- Budapest határa

Készítette: Virág M. (2013)
 (barlang adatok: Országos Barlangnyilvántartás,
 források: Magyarország forrásainak katasztere 1997,
 OV-FITUKI Rt Hidrológiai Intézet, termálutak:
 Lorberer Á. 1991. É langyos források: Kis-Csitári T. 2010,
 fürdők: www.budapestgyogyfurdoi.hu, DINPI tanösvények:
 Cincér füzetek, földtani alapszelvények:
 MÁFI kiadvány, www.termeszetvedelem.hu)

2. ábra. Budapesti földtani természetvédelmi és turisztikai értékei (in VIRÁG M. 2013a, módosítva)

A budai oldalon több mint 150 (ebből a Rózsadombon közel 100) barlang nyílik, melyek sok szempontból kiemelkedő jelentőségűek, és ezzel a város világszerte egyedinek számít. Nemzetközileg is híres tudományos értékeik mellett turisztikai és gyógyászati hasznosításuk is fontos. A Szemlő-hegyi-barlang 1991 óta gyógybarlang is, és légzőkúrák végzésével a barlangterápia helyszíne. Népszerű kiépített, idegenforgalmi barlang az 1986 óta üzemelő Szemlő-hegyi- és az 1910-es évektől látogatható Pál-völgyi-barlang (üzemeltetőjük a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság), valamint a változatos módon működő Budavári Labirintus (és budai Vár-barlang). A kalandturizmus számára overállos barlangtúrákat szerveznek a Mátyás-hegyi-barlangba. Ez utóbbiban és a Szemlő-hegyi-barlangban szakképzett vezetők (földrajz-környezettan szakos tanárok) irányításával a diákoknak és tanáraiknak földalatti földrajzórákat is szerveznek. A Pál-völgyi-barlang védett kőfejtőjében táblák nyújtanak információt a budai barlangokról és a környék természeti értékeiről. A Szemlő-hegyi-barlang fogadóépületében 2011 óta korszerű, látványos interaktív kiállítás segíti a Budai Termálkarszt barlangjaival kapcsolatos ismeretek játékos, ugyanakkor szakszerű elsajátítását, a gyerekek és a felnőttek szintjén egyaránt (pl. Tudástár, Mesebarlang, kihúzható fiókokban információk, gömbüstképződés modellje, barlangi kiválások, barlangokat bemutató látványos térképek és leírások, barlangi mentés kiállítás, stb). A kiállítás színvonalát növeli a barlang járatait 1:100 méretarányban bemutató, Horváth János és Szunyogh Gábor által 1989-ben készített 3 dimenziós térmodell.

A barlangokkal és más védett földtani objektumokkal kapcsolatos ügyek jelenleg a Vidékfejlesztési Minisztérium Tájvédelmi, Barlangvédelmi és Ökoturisztikai Osztályának (régiben „Barlangtani Intézet”) feladatkörébe tartoznak (1025 Budapest, Szépvölgyi út 162/b; természetvedelem.hu). Az épület a Pál-völgyi kőfejtő peremén, a Budai Tájvédelmi Körzet irodáinak helyet adó régi turistaház mellett található.

3. Tanösvények

A tanösvény olyan tematikus útvonal, amely az érintett terület természeti és kultúrtörténeti értékeit a téma szerint meghatározott sorrendben kialakított állomáshelyekhez kötötte, általában táblák és/vagy kiadványok segítségével mutatja be. A tanösvény mindig indítótáblával kezdődik, az útvonal a tanösvényre jellemző jelzést követve szabadon, vezető nélkül végigjárható, és látogatói számára önálló, aktív ismeretszerzést tesz lehetővé. A tanösvény létrehozásának célja a bemutatott természeti értékek megismertetése mellett a környezeti szemléletformálás is, ami az adott táj jellemzőin túl az értékmegőrzés

fontosságának és módjának bemutatásán keresztül valósul meg. Fontos, hogy a tanösvények bejárása természeti környezetben valósul meg, vagyis egyben turisztikai célpont, szabadidős tevékenység (kirándulás) helyszíne is, és végigjárása, a bemutatott értékek megismerése, felfedezése élményszerzéssel jár, ami az emberek érzelmeire hat, és az információ átadásán túl megszeretteti az adott természeti értéket a látogatókkal, akik ezentúl hozzájárulhatnak annak hatékony védelméhez is (KISS G. 1999, 2007).

3.1 A hagyományos tanösvények típusai és ismérvei

A tanösvények sajátosságait és tervezésének módját KISS GÁBOR (1999, 2007) módszertani útmutatóiból ismerhetjük meg. A bemutatandó értékek alapján megkülönböztetünk komplex környezetismereti és tematikus (földtani, növénytani, állattani, erdészeti, stb) tanösvényeket. Ezek különböző korosztályoknak készülhetnek. Az ismeretközlés módja szerint ismerünk bemutató, ismeretközlő és foglalkoztató, aktív ismeretszerzésen alapuló/foglalkoztató, az útvonal hossza és a terep nehézsége alapján pedig séta és túra jellegű tanösvényeket. Speciális esetben lehetnek vízi, kerékpáros, lovas tanösvények és lombkorona séták is. Általában az adott helyszínre jellemző természeti értékeket mutatja be, azonban lehetnek olyan, bárhol kialakítható tanösvények is, ahol egy adott téma áll a középpontban (nem helyhez kötött tanösvények). A bemutatás módja alapján megkülönböztetünk ún. táblás tanösvényt, ahol az adott állomás látnivalóit bemutató szöveg és képek információs táblán olvashatók. Az ún. karós-füzetes típus esetében a látnivaló mellett csak egy (általában „karóra” festett) jelzés szerepel, és az információ a tanösvényt bemutató kirándulásvezető füzetből ismerhető meg. Egyes tanösvények (vegyes típus) mindkét bemutatási formát alkalmazzák.

Néhány tanösvényekre jellemző sajátosság általában minden típus esetében megtalálható. Az útvonal a tanösvény témájára jellemző jelzéssel van ellátva, ami a bejárásban segíti a látogatókat. A tanösvény mindig indítótáblával kezdődik, melyen alapvető információk olvashatók, így például a tanösvény és a bemutatott értékek rövid leírása, az útvonal hossza és nehézsége, a bejáráshoz szükséges idő, térkép az útvonalról és az állomások helyéről, valamint ki a tanösvény készítője és kezelője. A tábla felhívja a figyelmet a helyes magatartásra is. Az útvonalra a téma szempontjából meghatározott sorrendben felfűzött állomásokat a fentiekben leírtak alapján a látnivalót bemutató információs tábla vagy számmal, egyéb jelzéssel ellátott „karó” jelöli, melyhez az ismertető kirándulásvezető füzetben leírás tartozik. További sajátosságok még az útvonalon haladást és a biztonságos

megtekintést segítő – általában fából készült – épített elemek (lépcsők, hidak, korlátok, kilátók, megfigyelő tornyok, pallók), illetve padok, hulladékgyűjtők.

3.2 Virtuális tanösvények

A technika fejlődésével és a GPS-es navigációs rendszerek terjedésével egyre gyakoribbak az ún. virtuális „rendhagyó” tanösvények, ahol a helyszínen elhelyezett tábla vagy „karóval” jelölt vagy festett jelzés helyett GPS koordináta mutatja az állomás helyét. Ezek a koordináták, az útvonal és a tanösvényhez, illetve a látnivalóhoz kötődő információk az internetről is letölthetők. A népszerű és elterjedt Geocaching GPS-es tájékozódáson alapuló „geoláda-kereső”, „kincsvadászat” játék weboldalán (www.geocaching.hu) is találunk ilyen tanösvényeket, ahol általában „multi geoládaként” regisztrálják. A tanösvényről és az állomások látnivalóiról a „geoláda” weboldalán szerezhetünk információt. Ezeket a tanösvényeket a Geocaching játékszabályai alapján járják be a „ládavadászok”, ahol az egyes állomások felkeresendő „geoládáknak” felelnek meg, és ott a valóságban elrejtett „hagyományos” ládák segítségével vagy „virtuális ládák” alapján ismerik meg az információt és a jelszót. KÁLMÁNFINE AST H. (2011) szakdolgozatában is már egy ilyen „rendhagyó tanösvényt” tervezett az Érd-Sóskúti-fennsíkon. A szintén egyre elterjedtebb és sok ember által használt okostelefonokba már GPS-es navigációs alkalmazásokat is beépítettek, és a készülékekkel az internet is elérhető. Ez pedig lehetővé teszi olyan letölthető alkalmazás kifejlesztését, amely a telefonra letöltést követően a tanösvény állomásaihoz navigálja a turistákat, és ott a készülék kijelzőjén megjelenik számukra az adott látnivalóról szóló információ (leírás, térkép, ábrák, képek, stb). A GPS koordináták természetesen egy adott tanösvényről készült kirándulásvezető füzetben is megjelenhetnek, mint „karók”; ebben az esetben az állomás ismertetése és egyéb információk a füzetben találhatóak. Elképzelhető továbbá az előbbi tájékozódási és ismeretközlési eszközök kombinációja is.

4. A Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság tanösvényei

A Duna–Ipoly Nemzeti Park kezelésében Budapesten és környékén több komplex és tematikus tanösvény várja a látogatókat. Ezek egy részéről két sorozatban folyamatosan bővülő kínálattal kirándulásvezető füzetek készültek (1. táblázat).

CINCÉR FÜZETEK	TANÖSVÉNYEK BUDAPEST KÖRÜL
Selyem-réti tanösvény (Ócsa)	Nagy-Szénás tanösvény (Nagykovácsi)
Haraszt-hegyi tanösvény (Csákvár)	Jági tanösvény (Pilisszentiván)
Strázsa-hegyi tanösvény (Esztergom)	Fóti-Somlyó tanösvény (Fót)
<i>Gánti földtani tanösvény</i>	Sas-hegy tanösvény (Budapest XI.)
Tanösvény a Turjánban (Ócsa)	<i>Kőpark tanösvény (Budapest XII.)</i>
Bakanccsal a Vértesben	Veresegyházi tavak tanösvény
Hajta természetismereti túra (Tápiószentmárton-Farmos)	
Az Ipolytól Drégelyvárig	
Pálfája tanösvény (Nagykőrös)	
Madárdal tanösvény (Dinnyés)	

1. táblázat. A Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság kezelésében álló tanösvények kirándulásvezető füzetei (a földtani tanösvények dőlt betűvel jelezve)

A Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság kezelésében további tanösvények vannak, ezek a Sisakvirág tanösvény, Páskom legelő tanösvény, Kékbegy tanösvény (Farmos) és az Apródok útja tanösvény (Drégelypalánk).

A Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság bemutatóhelyei a következők:

Szemlő-hegyi-barlang, Pál-völgyi-barlang, (Mátyás-hegyi-barlang: kalandtúrák), Sas-hegyi Látogatóközpont, Jókai-kert, Királyréti Erdei Iskola és tanösvény, Kökörös Erdei Iskola, Pilisi len Látogatóközpont, Alcsúti Arborétum, Ócsai Tájház és Turján-ház, Egreskátai major, Dinnyési-fertő, Nagykőrösi pusztai tölgyesek Natura 2000 terület

A területen bejárható földtani témájú tanösvények a Róka-hegyi- és a Kőpark-, valamint a Szemlő-hegyi-barlang felszínén 2011-ben kialakított tanösvény. A *Kőpark-tanösvény* a Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság épületének kertjében (Jókai-kert) Magyarország közeteit mutatja be. A *Szemlő-hegyi tanösvényen* a budapesti és Budapest környéki építőkövek nyolc típusát láthatjuk, tájékoztató táblákkal. A Nagy-Kevélyről és környékéről részletes geológiai kirándulásvezető készült (BÁLDI T. 2010), amelyek leírása – számos földtani érdekességet bemutató budapesti és főváros környéki kirándulással együtt – a *Geológiai kirándulások Magyarország közepén* című kötetben olvasható (PALOTAI M. 2010).

5. A Szépvölgy-Rózsadomb városgeológiai tanösvény tervezése és bemutatása

A tanösvény tervezésénél minden esetben fontos és megfontolandó kérdés, hogy a készítője kinek, mit és hogyan szeretne bemutatni (vö. KISS G. 2007).

5.1 Kiknek készül a tanösvény?

A geológiai tematikus tanösvény a bemutatni kívánt látnivalói alapján főként a terület földtani természeti értékei iránt érdeklődő turistákat (laikusokat, szakembereket) célozza meg. A bejárásához bizonyos fokú előképzettség feltételezett, ezért a célcsoport inkább a középiskolás, egyetemista és felnőtt korosztály. Ugyanakkor az érdeklődő kisgyerekes családok számára is bejárható, hiszen a szülők az ismertető szöveg elolvasását és értelmezését követően az információkat jó esetben a gyerekek nyelvére „le tudják fordítani”, és a helyszínen a számukra még kevésbé érthető jelenségeket és látnivalókat is be tudják mutatni.

A tanösvények önálló, szakvezető nélküli bejárása történhet egyénileg vagy családosan, illetve szervezett formában, csoportosan is. Utóbbi esetben külön kérésre az útvonal akár szakvezető kíséretében is bejárható.

Középiskolások számára önálló, egész napos terepi program lehet a tanösvény és a hozzá kapcsolódó barlangtúrák végigjárása. Budapesti és vidéki iskolák egyaránt szervezhetnek a Budai-hegységbe a tananyaghoz kapcsolódó tanulmányi kirándulást vagy osztálykirándulást. Erdei iskola, tematikus iskolanap, iskolai projekthez vagy fakultációhoz kapcsolódó kirándulás programjaként is szerepelhet a tanösvény felkeresése és végigjárása. Mivel ez a tanösvény tematikus, a terület földtani természeti értékeit mutatja be, ezért a kirándulás elsősorban a földrajz órák (természetföldrajz, Magyarország földrajza) és földrajz fakultáció tantervi anyagához illeszkedik, azoknak egy lehetséges terepi bemutatása. A tanárok a kirándulásvezető szövege alapján előre felkészülhetnek, és feladatsorokat, játékos vetélkedőt is összeállíthatnak.

A középiskolák földrajz oktatása mellett a jelenleg hazánkban egyetlen geológiai középfokú oktatási intézményként működő békéscsabai Vásárhelyi Pál Szakközépiskola és Kollégium tanárai és geológiai vagy geofizikai technikus diákjai is szakjuk profiljába illő, egy vagy akár több napos tanulmányi kirándulást szervezhetnek a tanösvény végigjárására. Ez idő alatt geológiai ismereteiket is hatékonyabban elsajátíthatják és bővíthetik, és a terepen is megfigyelhetik, kipróbálhatják, megtapasztalhatják az órákon tanultakat.

A GPS koordinátákkal jelzett állomások felkeresése a GPS készülék használatának elsajátítását, a terepen térkép segítségével történő tájékozódás és a térképolvasás készségét is fejleszti. A kőzetek, ősmaradványok és ásványok feltárásokban, kőfejtőkben történő megkeresése, felismerése, megfigyelése, megszagolása, megtapintása, lerajzolása, továbbá sósavas próbája (pezseg-e) további készségek fejlesztését és ismeretek szerzését segíti elő.

A földrajzos, geológus vagy környezettan szakos egyetemisták és főiskolások számára a témához kötődő kurzusokon belül (pl. Természetvédelem, Környezeti nevelés I-II., stb) szervezett terepgyakorlatokon különösen hasznos program lehet a tanösvény végigjárása. Erre részéről már történt próbálkozás, mivel a földtani természetvédelem oktatásán belül az utóbbi két félévben a tananyagot már a Rózsadombra szervezett terepgyakorlat formájában sajátíthatták el a hallgatók. Tapasztalataim szerint ennek hatékonysága jóval nagyobb, mint a tanteremben bemutatott prezentáció.

A tanösvény bejárása a földtani látnivalók bemutatásán, valamint a környék és a geológia megismertetésén és megszerettetésén túl a környezeti nevelés szempontjából is hasznos, és nem utolsó sorban kikapcsolódást, élményszerzést nyújt az ide látogatók számára. A helyszínen történő bemutatás és élményszerzés pedig az oktatásnak, az ismeretek elsajátításának talán leghatékonyabb formája.

5.2 Mit mutat be?

A földtani tematikus tanösvény a Budai Termálkarsztra jellemző kőzettani jellegzetességeket, üledékeket, különféle földtani jelenségeket, ásványteléreket, ősmaradványokat, barlangokat és a tájon látható további érdekességeket mutat be.

A Szépvölgy–Rózsadomb (város)geológiai tanösvény két részből áll, amelyek hosszúságuk miatt vagy idő hiányában akár külön-külön is bejárhatók. A szépvölgyi szakasz az Ördög-árokából, illetve az Apáthy-sziklától indul, és a Kiscelli-fennsík lábánál ér véget. Ez az útvonal a természet és a beépített környezet határán halad, és több kőfejtőt is bemutat. A rózsadombi szakasz az előző folytatása: a Kiscelli-fennsík lábától felvezet a Rózsadombra, majd a Molnár János-barlang Malom-tavánál ér véget; részben épített környezetben haladva köti össze a geológiai látnivalókat. A tanösvény végigvezet az urbanizáció egyes szakaszain, és bemutatja azokat a földtani természeti értékeket, amelyek nagyrészt a terület beépülésének köszönhetően tártak fel és váltak ismertté.

Speciális „tanösvényként” a Szépvölgy–Rózsadomb (város)geológiai tanösvény útvonalába csatlakozó, alternatív állomásként szerepelnek a nem szabadon látogatható (nyitvatartási

időhöz és belépőjegyhez kötött) idegenforgalmi barlangok (Szemplő-hegyi- és Pál-völgyi-barlang), valamint az overállos túrákkal látogatható Mátyás-hegyi-barlang.

5.3 Hogyan mutatom be?

5.3.1 Tanösvény tervezési és bemutatási lehetőségek a Rózsadombon és környékén

A hagyományos tájékoztató táblás bemutatás lenne talán a legkedvezőbb, legalaposabb és a terepen járva mindenki számára azonnal hozzáférhető forma, azonban a terület helyzetéből adódóan ennek megvalósítása nem célszerű. A Fót határában kialakított Fóti-Somlyó tanösvény épített elemei (főleg táblái) már kétszer is vandál rongálók áldozatául estek. Könnyen elképzelhető, hogy a főváros területén: az erődben, a kőfejtőkben vagy a beépített környezetben elhelyezett, drága pénzen elkészített táblákat hamar megrongálnák vagy ellopnák. Hasonló a helyzet a „karós-füzetes” tanösvények „karóival”(faoszlopra helyezett számok vagy rövid név). A fára festett tanösvény jel azonban – a turistajelekhez hasonlóan – jó eséllyel megmaradhat. Ebben a környezetben tehát a „karós-füzetes” tanösvény típust alkalmazva a „karó” helyett fára vagy sziklára, kerítésre, oszlopra festett, útvonalat és állomást jelző tanösvény jel (és felirat) lehet tartós és célravezető. Ezt azonban érdemes előtte a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság illetékes munkatársaival egyeztetni és hozzájárulásukat kérni.

Nyomtatásban megjelenő kirándulásvezető füzetben GPS koordináták jelezhetik az állomások helyét és látnivalóit (ezek lennének a „karók”). Előnyt jelent, ha a turista a szövegben két állomást összekötő útvonalról rövid információt talál, továbbá az útvonallal és állomások helyével ellátott térképek és magasságprofil is segítik a tanösvény bejárását.

A tanösvény útvonala és állomásai (annak koordinátái és szövege, valamint néhány kép) „multi geoládaként” – a „láda” bejelentését követő elfogadás után és a telepítést követően – a Geocaching weboldalán is közzé tehető. Ebben a megoldásban az is célszerű lehet, hogy minden GPS koordinátával jelzett állomás közelében egy másik koordináta jelentené az elrejtett ládát, ahol a megtalálás bejelentéséhez szükséges jelszó mellett az állomás leírása is megtalálható lenne. Ezzel a módszerrel a „kalandvagyó ládavadászok” játékszenvedélyük élvezése mellett új ismeretekre tehetnek szert, miközben a tanösvényt ilyen módon végigjárják és annak földtani természeti értékeit megismerik.

A korábban már szintén említett, GPS navigációval ellátott okostelefonra feltöltött alkalmazás (térkép, GPS koordináták, tanösvény állomások leírása és képei) is lehetővé tenné a tanösvény látnivalóinak megismerését.

A fenti tanösvény bemutatási formák a területen (a táblák alkalmazását leszámítva) akár komplex módon is alkalmazhatók.

Családos vagy iskolai kirándulások alkalmával a gyerekek és a felnőttek is „kincskeresési” szenvedélyüknek hódolva kereshetik a tanösvény soron következő állomását és/vagy az elrejtett geoládát, melyben/ahol az elrejtett szöveg elolvasását követően a helyszínen megfigyelhetik, megtapinthatják és megismerhetik a bemutatott természeti érték jellemzőit, „titkait”. Eközben közös, aktív élményszerzés részesei lehetnek, játszva tanulják és ismerik meg a földtani jelenségeket és képződményeket, és megtanulnak GPS és térkép segítségével tájékozódni. A tanulók közben akár csoportokban versenyezhetnek egymással, feladatokat oldhatnak meg. A lehetőségek száma szinte végtelen...

5.3.2 Geológiai Tanösvények Budán – virtuális tanösvény-sorozat

A szakdolgozatomban bemutatott Szépvölgy–Rózsadomb (város)geológiai tanösvény egy tervezett tematikus földtani tanösvénysorozat eddig megvalósult része. A többi tanösvényt – hozzám hasonlóan – korábban az ELTE TTK akkori hallgatói tervezték. E környezettanosszakdolgozatok és tudományos diákköri munkák Dr. Mindszenty Andrea témavezetésével készültek:

- (1.) Az Odvas-hegyi geológiai tanösvény a budaörsi „dolomitkopárok” egyik tagját, az Odvas-hegyet járja körbe (tervezte: Tóth Lászlóné Magyar Krisztina, 2007).
- (2.) A Svábhegyi geológiai tanösvény a Malomkő-bányák és az Ördög-orom bejárását követően a Széchenyi-hegyen, az Apáca-réten (rövidebb táv) vagy a Normafánál (hosszabb táv) ér véget (tervezte: Czinege Dóra, 2010).
- (3.) A János-hegyi geológiai tanösvény a János-hegyről a Zugligetbe vezet: a János-hegy nyergéből (a Libegő felső megállójától) a hegytetőre, az Erzsébet-kilátóba visz fel, majd onnan a Tündér-hegy oldalában, a Tündér-sziklát és kőfejtőket is érintve, a Remete-sziklát és a Hunyad-orom oldalában található Szószéket megtekintve, a völgyben ér véget (tervezte: Budai Zsófia, 2009).

A szakdolgozók munkái – és a saját munkám – alapján tervezett virtuális tanösvény-sorozatot Dr. Mindszenty Andreával és Kálmánfiné Ast Hajnalkával az ún. „karós-füzetes” tanösvények módszere szerint állítottuk össze. A tanösvények egyes részei egy-egy ponton kapcsolódnak egymáshoz. Céljuk – a teljesség igénye nélkül – a Budai Termálkarszt jellegzetes földtani, illetve egyéb természeti, kultúrtörténeti értékeinek bemutatása. A tervezés és összeállítás során arra törekedtünk, hogy az egyes tanösvények önmagukban is

teljes, jól megtervezett útvonalakra felfűzött állomások sorozatából álljanak, de bejárásuk a megjelölt pontokon tetszés szerint megszakítható legyen. Mivel e verzió szerint a terepen sem az ösvények nyomvonala, sem az állomások nincsenek kijelölve, a terepi „karókat” a kirándulásvezető füzet(ek)ben az állomások GPS-koordinátái helyettesítik. Bizonyos szakaszok bejárásához túraruha és bakancs ajánlott (túra jellegű tanösvények). Az útvonalak tervezése során KISS G. (1999, 2007) módszertani útmutatóját követtük.

5.3.3 A Szépvölgy–Rózsadomb (város)geológiai tanösvény kirándulásvezető füzete

A **tanösvény tervezésekor** az útvonalat Kálmánfiné Ast Hajnalka társaságában többször is bejártam, melynek során meghatároztam a bemutatni kívánt látnivalókat. Az állomások és érdekes látnivalók GPS koordinátáit meghatároztuk, és az útvonalat is a GPS készülékeink segítségével felmértük és rögzítettük. A geológiai tanösvény szakmai mondanivalóját és információit Dr. Mindszenty Andrea geológus Professzor Asszony társaságában történő terepbejárásaim alkalmával pontosítottam és tisztáztam. A terepi munkák során készült fényképek a kirándulásvezető füzet illusztrációs anyagát képezik.

A **tanösvényfüzet készítéséhez** a földrajzos szakdolgozatomban bemutatott térinformatikai programok és módszerek alkalmazásával, alapadatok és adatbázisok felhasználásával és elemzésével, Kálmánfiné Ast Hajnalka segítségével térképeket szerkesztettem. A domborzatmodell alapján készült el az útvonal hosszát és szintkülönbségeit az állomásokkal együtt ábrázoló magasságprofil, amely az útvonal bejárás előtti tervezését könnyítheti meg. A fedetlen földtani térkép az útvonallal és állomásokkal és a rétegoszlop, valamint az egyes közettípusok rövid leírása a geológiai információkban történő eligazodást segíti.

A szöveg írásához a szakdolgozatom földrajzos részében ismertetett irodalmi hivatkozásokat, forrásmunkákat és a hozzáférhető legújabb tudományos eredményeket és saját elemzéseim eredményeit is felhasználtam. Az állomásokon látható érdekességeket a füzetben fényképek és néhány helyen magyarázó ábrák is szemléltetik.

A barlangtúraánál részletes, földtani szempontú túraleírás, fotók és térképek segítik a barlangok jellegzetes sajátosságainak minél alaposabb megismerését.

A tanösvény(sorozat) jelzéséhez a sajátosságokat legjobban tükröző logót készítettem.

Az állomások és további érdekes látnivalók helyét a füzetben GPS koordináták jelölik, azonban olyan turisták kedvéért, akik nem rendelkeznek GPS készülékkel vagy okostelefonnal, csak egy térképpel (vagy anélkül) vágnak neki az útnak, részletes leírást adok az egyes állomások közötti tájékozódás megkönnyítésére.

Ez a saját tervezésű tanösvényem a dolgozat beadásának idejére már szerencsére **megvalósult**, mivel az ELTE Eötvös Kiadó gondozásában megjelent *Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”)* című könyv (MINDSZENTY A. (szerk). 2013), melynek külön kivehető melléklete az általam írt és szerkesztett tanösvény kirándulásvezető füzet (VIRÁG M. 2013b). Ezt – egyelőre még – a könyvet megvásároló (kikölcsönző) érdeklődők használhatják. A tanösvény és a kirándulásvezető füzet tervezése, a térképek és képek, ábraanyag készítése és a szöveg megírása mellett a füzet összeszerkesztése is alapvetően a saját munkám (a további segítők, közreműködőket és a nem saját képek készítőinek nevét ld. a füzet elején), azt a kiadó csak „szöveggondozta” és a címlapot részben módosította. A helyszínen a dolgozat beadása idején még nem készültek jelzések, így a tanösvény jelen állapotában, GPS koordináták, térképek és leírás segítségével, virtuális tanösvényként járható végig. A 40 oldalas kirándulásvezető füzetet a dolgozat végén mellékelem.

6. Összegzés

Budapest természeti értékei között kiemelkedő látnivalót és turisztikai célpontot kínálnak a földtani természeti értékek, melyek – a terület földtani felépítéséből és földrajzi helyzetéből adódóan – elsősorban a budai oldalra koncentrálnak.

A földtani értékek bemutatásának számos formája létezik (pl. idegenforgalmi barlangok, bemutatóhelyek kiállításai, földtani alapszelvényeket bemutató feltárások, termálfürdők, tanösvények). Az információnyújtás, környezeti nevelés és kikapcsolódás, élményszerzés szempontjából is hatékony bemutatási és ismeretszerzési lehetőség az önállóan és szabadon látogatható, a látnivalókat jelölő állomásokat kijelölt útvonalon összekötő tanösvények végigjárása. Főként a tematikus tanösvények a földrajz oktatásában is jól felhasználhatók.

A Duna-Ipoly Nemzeti Park kezelésében számos tanösvény kereshető fel, melyek közül néhány földtani természeti értékeket mutat be. Ezek a helyszínen információs táblákkal vagy „karókkal” jelöltek, és általában kirándulásvezető füzet is kapcsolódik hozzájuk.

Napjainkban alacsony költségük miatt egyre népszerűbbek a technika fejlődésével együtt alakuló „virtuális tanösvények”. Ezek lényege, hogy a helyszínen elhelyezett tábla vagy jelzés helyett GPS koordináta jelöli az állomás helyét. A megjelölt látnivalóhoz kötődő információ az internetről (pl. a Geocaching weboldaláról) letölthető, vagy GPS segítségével a terepen elrejtett leírás felkereshető, továbbá okostelefonra telepített alkalmazásként is megismerhető.

Az általam tervezett Szépvölgy–Rózsadomb (város)geológiai tanösvény tematikus földtani tanösvény, amely a Rózsadomb és a peremén húzódó Szépvölgy környékének földtani (és néhány esetben azokhoz kötődően kultúrtörténeti) látnivalóit és látogatható barlangjait mutatja be. Végigjárása elsősorban a téma iránt érdeklődő középiskolások, egyetemisták-főiskolások és felnőtt korosztály számára ajánlott, és hasznos lehet különböző tanulmányi kirándulások célpontjaként is.

A tanösvényem jelen állapotában virtuális tanösvényként (ahol az állomásokat GPS koordináták jelzik) már megvalósult: 40 oldalas kirándulásvezető füzetként a *Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”)* című könyv (MINDSZENTY A. (szerk). 2013) kivehető mellékletét képezi. A jövőben azonban tervezem a Duna-Ipoly Nemzeti Parkkal felvenni a kapcsolatot, hogy a helyszínen jelzések és állomásjelölések (és esetleg indokolt esetben néhány helyen épített elemek) is segítsék a tanösvény végigjárását. A tanösvény állomásainak és útvonalának bemutatásához és a leírások közreadásához további lehetőséget kínál a Geocaching GPS-es játék részeként „multi geoláda” „telepítése” és a weboldalon megjelenítése, vagy GPS-szel ellátott okostelefonra kifejlesztett alkalmazásként való telepítése.

7. Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Kéri András témavezetőm szakmai segítségét, biztatását és tanácsait. Dr. Ballabás Gábort a tanösvényfüzet átnézéséért és hasznos észrevételeiért, biztatásáért illeti köszönet.

Hálás vagyok Dr. Mindszenty Andreának a tanösvény bejárása és a kirándulásvezető füzet készítése során nyújtott szakmai segítségéért, pontosításaiért, figyelemfelkeltő beszélgetéseieiért és ötleteiért, valamint a szakmai ellenőrzésért. Külön köszönöm, hogy a füzet az általa szerkesztett *Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”)* című könyv kivehető mellékleteként megjelenhetett.

Köszönöm Kálmánfiné Ast Hajnalkának a közös terepbejárások során és a GPS-es felmérésekben és térképek készítésében nyújtott rengeteg segítséget és hasznos beszélgetést, lelkes együtt gondolkodást és biztatást.

Barlangi idegenvezető kollégáimnak: Vörös Péternek és Fritz Zsoltnak az általuk jól ismert Mátyás-hegyi- és Pál-völgyi-barlang túraleírásokban nyújtott segítséget köszönöm. Hegedűs András és Pucz Ádámot pedig a kirándulásvezető füzet végső kinézetével kapcsolatos észrevételeiért, ötleteiért és tanácsaiért illeti köszönet.

8. Irodalomjegyzék

- BAJOR Z. (2009): Budapest természeti kalauza. – *Kossuth Kiadó*, 256 p.
- BÁLDI T. (2010): A Nagy-Kevély és környéke. – In: PALOTAI M. (ed.): Geológiai kirándulások Magyarország közepén. *Hantken Kiadó*, Budapest, pp. 94-129.
- BUDAI T., GYALOG L. (szerk.) (2009): Magyarország földtani atlasza országjáróknak. – *Magyar Állami Földtani Intézet*, Budapest, 248 p.
- BUDAI ZS. (2009): Geológiai tanösvény a János-hegyen. – Tudományos Diákköri Dolgozat, ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, Budapest, 50 p.
- CZINEGE D. (2010): Geológiai séta a Sváb-hegy környékén. – Szakdolgozat, ELTE TTK Környezettudományi Centrum, Budapest, 84 p.
- GELLAI M., BAROSS G. (1995): Fejezetek és gondolatok a földtani természetvédelem kialakulásáról, tartalmáról (és mai helyzetéről), avagy a földtani természetvédelem 569 éve. – *Földtani Közöny* 125/1-2, pp. 149-165.
- HAAS J. (1980): Országos alapszelvény program. – *MÁFI Évi Jelentés* 1978-ról, pp. 59-63.
- HAAS J. (szerk.) (2010): A múlt ösvényein. Szemelvények Magyarország földjének történetéből. – *Magyarhoni Földtani Társulat*, Budapest, 194 p.
- KÁLMÁNFINE AST H. (2011): Rendhagyó tanösvény az Érd-Sóskúti-fennsíkon. – Szakdolgozat, ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, Budapest, 54 p.
- KISS G. (1999): Hogyan építsünk tanösvényt? (A tanösvények létesítésének elmélete és gyakorlata.) – *Földtani Örökségünk Egyesület*, 126 p.
- KISS G. (2007): Tanösvények tervezése. Módszertani útmutató. – *Bükki Nemzeti Park Igazgatóság*, Eger, 99 p.
- MINDSZENTY A. (szerk.) (2013): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, 311 p.
- PALOTAI M. (szerk.) (2010): Geológiai kirándulások Magyarország közepén. – *Hantken Kiadó*, Budapest, 224 p.
- PÉCSI M., MAROSI S., SZILÁRD J. (1958): Budapest természeti képe. – *Akadémiai Kiadó*, Budapest, 744 p.
- SCHAFARZIK F., VENDL A. (1929): Geológiai kirándulások Budapest környékén. – *Magyar Királyi Földtani Intézet, Stadium Sajtóvállalat*, Budapest, 341 p.
- SCHAFARZIK F., VENDL A., PAPP F. (1964): Geológiai kirándulások Budapest környékén. – *Műszaki Könyvkiadó*, Budapest, (harmadik – átdolgozott és bővített – kiadás), 296 p.
- TÓTHNÉ MAGYAR K. (2007): Odvas-hegyi geológiai tanösvény. – Szakdolgozat, ELTE TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, Budapest, 69 p.

VIRÁG M. (2013a): Turisztikai értékek (védett földtani objektumok). – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 275-278.

VIRÁG M. (2013b): Szépvölgy-Rózsadomb (város)geológiai tanösvény és barlangtúrák. – Geológiai Tanösvények Budán, 40 p., MELLÉKLET: In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, 311 p.

Internetes és egyéb hivatkozások:

Magyarország geológiai alapszelvényei. (Magyar Állami Földtani Intézet)

<http://www.termeszetvedelem.hu>

<http://www.budapestgyogyfurdoi.hu>

<http://turistautak.hu>

<http://geocaching.hu>

<http://dinp.nemzetipark.gov.hu>

9. Melléklet (Tanösvényfüzet)