

## Pleisztocén folyóvízi kavics a Villányi-hegységben

SZUJÓ Gábor Lajos<sup>1</sup>, SEBE Krisztina<sup>1</sup>, SIPOS György<sup>2</sup>, POZSGAI Emília<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pécsi Tudományegyetem, Földtani és Meteorológiai Tanszék, 7624 Pécs, Ifjúság ú. 6; sujo21@gamma.ttk.pte.hu, sebe@gamma.ttk.pte.hu, emily.pozsgai@gmail.com,

<sup>2</sup>Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2–6; gysipos@geo.u-szeged.hu

### *Pleistocene fluvial gravel in the Villány Hills (SW Hungary)*

#### Abstract

In the Villány Hills, the southernmost exposed basement block of Hungary, Cenozoic rocks have been known to be represented mostly by Late Pliocene – Quaternary terrestrial sediments, red clays and loess. Cleaning of a classic exposure, the cable-car cut on Templom Hill in the village of Villány, at the eastern termination of the Villány Hills, revealed a hitherto unknown Quaternary deposit overlying the Mesozoic basement rocks, which may add important information to the Cenozoic evolution history of the area. This paper aims at describing this deposit, identifying its sedimentary environment and concluding on the palaeogeographic conditions.

The strongly tilted Mesozoic succession is overlain by coarse gravel with a sand interbed, then after an erosional unconformity by slope loess with gravel seams. Clast lithologies indicate that the gravel has a local origin. Its source rocks are Middle Triassic Templomhegy Dolomite, Upper Triassic Mészhegy Sandstone, Lower Jurassic Somssichhegy Limestone and Pliocene–Quaternary cavity-filling red clay and calcite, all occurring within Templom Hill and along the northern side of the Villány Hills. The heavy mineral assemblage of the sand interbed in the gravel is similar to that of the directly underlying Mészhegy and Somssichhegy Formations. The wide range of the rounding of clasts (poor to good) also points to short transport. The age of the gravel is not older than Pleistocene based on the Early Pleistocene age of the cavity-filling red clays in the area; the sand interbed is older than 400 ka according to OSL dating results. Based on the above points, the gravel can be interpreted as a fluvial terrace, a deposit of a watercourse flowing in the area during the Early and/or Middle Pleistocene. This watercourse was probably the ancestor of the modern Villány-Pogány Stream, flowing along and eroding the northern margin of the Villány Hills. Due to the slow uplift of the basement, the stream incised, the gravel got exposed and eroded. A gentle-sloped small valley incised into it and became filled up during the Riss glaciation (MIS 6) with loess and sandy-gravelly sheet wash deposits. The uplift rate of the area in the younger Quaternary did not exceed ~0,05 mm/year.

*Keywords: Pleistocene, fluvial terrace, uplift rate, OSL, post-IR IRSL, heavy mineral*

#### Összefoglalás

A Villányi-hegységben eddigi ismereteink szerint a kainozoos képződményeket elsősorban késő-pliocén–kvarter szárazföldi üledékek, vörösayagok és lösz képviselik. A villányi Templom-hegy siklóbevágásának közelmúltbeli letisztítása eddig ismeretlen kvarter képződményt tett hozzáférhetővé, amely fontos adalékot jelenthet a Villányi-hegység kainozoos fejlődéstörténetéhez. A cikk célja a mezozoos rétegekre települt fedőképződmények leírása, képződési körülményeinek, valamint korának meghatározása és ösföldrajzi viszonyainak felvázolása.

A kibillent alaphegységi rétegsorra homokbetelepüléses durva kavics, majd eróziós határral kavicssinóros aleurit települ. A durva kavics a kőzetanyagok vizsgálata alapján a közvetlen közelből származik, a forrásközetek nagy része azonosítható a Villányi-hegység északi részén található, főleg alaphegységi (Csukmai Formáció Templomhegyi Dolomit Tagozata, Mészhegyi Homokkő és Somssichhegyi Mészke Formáció), kis részben fiatalabb kőzettípusokkal (üregkitöltő vörösayag és kalcit). A kavicsba települő homok nehézasvány-összetétele a közvetlen fekvő felső-triász Mészhegyi és Somssichhegyi Formációval rokonítható. Szintén rövid szállítási távolságra utal a kavicsok vegyes, gyenge-jó koptatottsága. A kavicsösszlet kora a környéken pleisztocén korú üregkitöltő kalcit és vörösayag anyagú kavicsok alapján pleisztocénnál nem idősebb; a betelepülő homok OSL módszerrel meghatározott kora több mint 400 ezer év. A fentiek alapján a kavicsösszletet egy, a késő-pleisztocénnál korábban már létező vízfolyás üledékeként, folyóvízi teraszként értelmezhetjük. Ez a folyóvíz a mai Villány-pogányi-vízfolyás őse lehetett, amely a hegység északi előterében, annak lábánál haladva érinti az azonosított forrásközeteket. A hegység lassú emelkedésével a vízfolyás

bevágódott, a kavicstest szárazra került és erodálódott, kis, lapos völgy vágódott bele, majd töltődött ki a riss (MIS 6) során lejtőlösszel és felületi lemosással szállítottó homok-kavics méretű törmelékkel. A terület emelkedési üteme a fiatal negyedidőszakban legfeljebb ~0,05 mm/év lehetett.

Tárgyszavak: pleisztocén, folyóvízi terasz, emelkedési ütem, OSL, post-IR IRSL, nehézsúlyú-vizsgálat

## Bevezetés

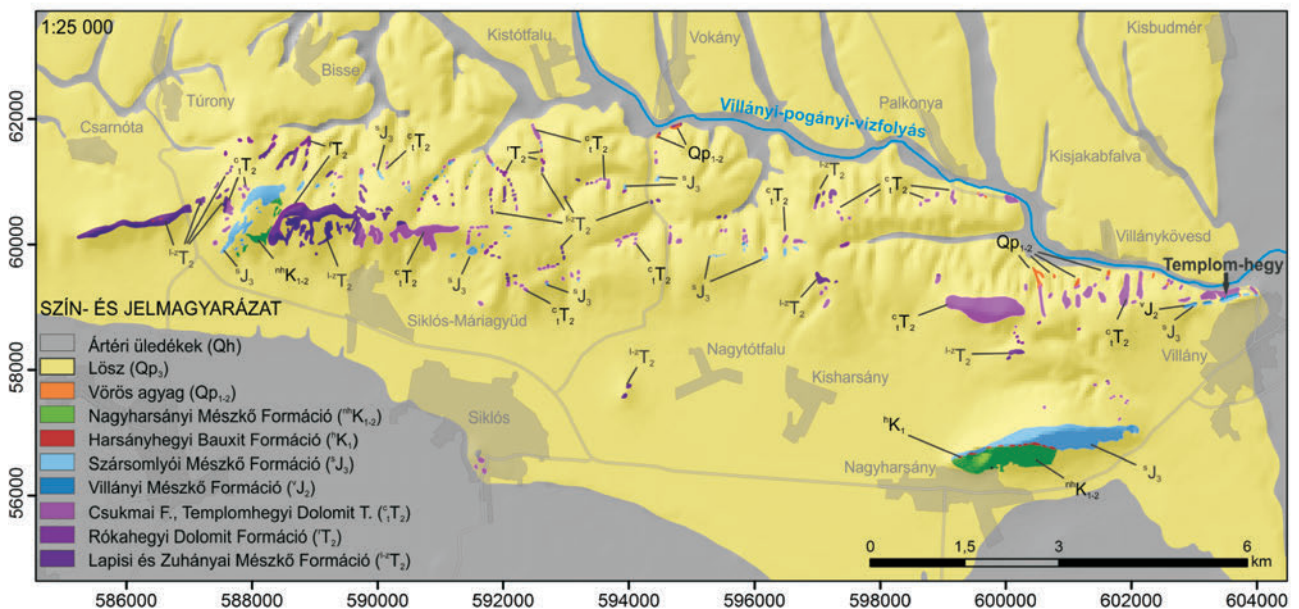
Hazánk legdélebbi hegységében, a Villányi-hegységben az alaphegységet mezozoos kőzetek alkotják. Eddigi ismereteink szerint a kainozoos képződményeket a hegységben széles területen előforduló késő-pleiocén–kvarter szárazföldi üledékek, elsősorban vörösigyagok és lösz képviselik (RAKUSZ & STRAUSZ 1953). Ugyan a peremi részeken és az előtérben néhány helyen kis foltokban írtak le kőzettani analógia alapján miocén korúnak tekintett homokot (LÓCZY 1912, RAKUSZ & STRAUSZ 1953). Ezek kora a legtöbb esetben ősmaradványok híján bizonytalan. Egyes esetekben koruk tisztázott és bizonyítottan nem miocén, mint például a villányi Templom-hegy „mediterrán”-ként leírt homokja (LÓCZY 1912), mely a felső-triász Mészhegyi Formációba sorolható (ŐSI et al. 2013, VÖRÖS 2010). Az üledékek hiányából következően ismereteink a hegység kainozoos fejlődéstörténetéről igen szűkösek.

A hegység földtanilag kétségkívül legismertebb helyszíne keleti elvégződése, a villányi Templom-hegy (1. ábra), amelynek mind mezozoos összlete, mind kvarter, gerincesmaradványokban gazdag vörösigyagjai nemzetközi hírűek (részletesen I. VÖRÖS 1990, 2010; PAZONYI 2009 és hivatkozásai). A hegy tetején kialakított nagy kőfejtő kitermelt anyagát az úgynevezett siklóbevágás alagútján át szállították a vasútállomás felé; ez az alagút később beomlott (LÓCZY 1945, VÖRÖS 2010). A siklóbevágás feltárását, mint fontos alapszelvényt (RÁLISCHNÉ FELGENHAUER

1985), többször kitisztították, legutóbb 2012-ben a Pécsi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskolája, ennek eredményeképp jelenleg 30 méteres hosszban vizsgálhatóak a kőzetek (ŐSI et al. 2013). A letisztított feltárásban látható volt, hogy a triász és jura rétegekre diszkordánsan bizonytalan korú és eredetű törmelékes üledékek települnek. Ezek vizsgálata még nem történt meg; a korábbi íráskor csak mellékesen, kvarter üledékként vagy lejtőtörmelék-ként említik (VÖRÖS 2010), mivel a legtöbb kutatás a mezozoos rétegsorra irányult. Közélebbi vizsgálat során arra derült fény, hogy a feltárás eddig ismeretlen kvarter képződményt tett hozzáférhetővé, amely fontos adalékot jelenthet a Villányi-hegység kainozoos fejlődéstörténetéhez. Jelen munka célja a siklóbevágás kainozoos összetételének leírása, a durvatörmelékes rétegsor anyagának vizsgálata, a lehetséges forrásközetek azonosítása, valamint az üledék korának meghatározása. Ezek alapján kísérhető meg a képződés körülményeinek körvonalazása és az ősföldrajzi környezet és fejlődéstörténet felvázolása, beleértve a tektonikai vonatkozásokat.

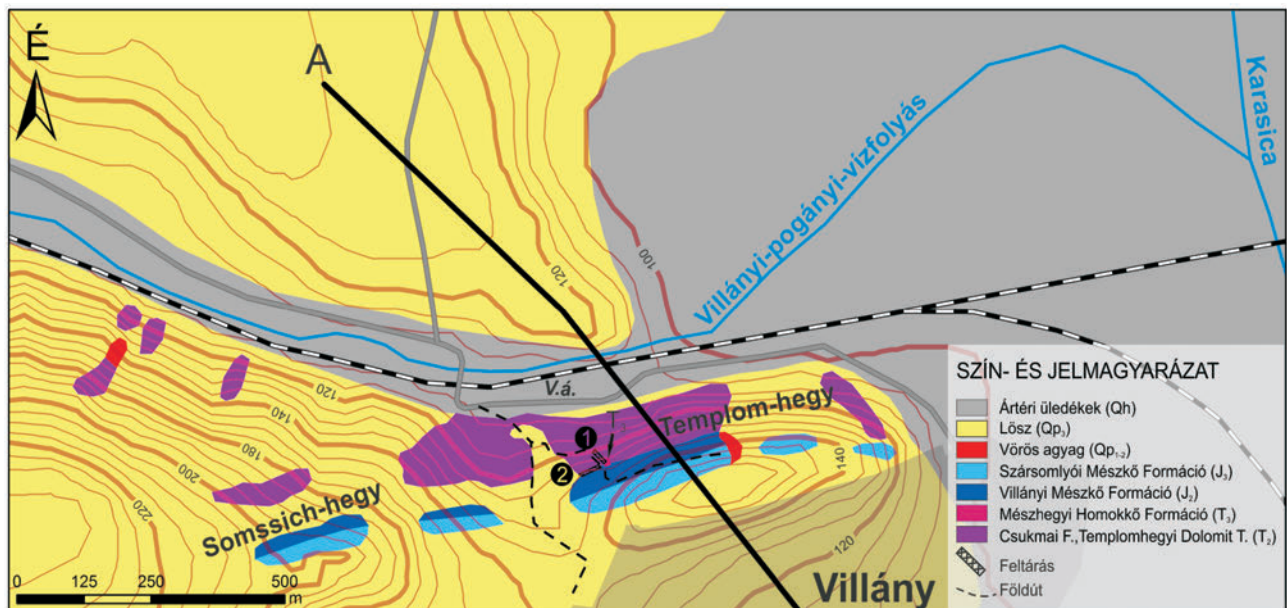
## Vizsgálati terület

A vizsgált feltárások a villányi vasútállomástól délre, a Templom-hegy északi oldalán találhatók (2. ábra). A siklóbevágás [EOV 603479; 59171, 2. ábra 1] a nagy kőfejtőbe



1. ábra. A Villányi-hegység földtani térképe (CHIKÁN et al. 2005 alapján)

Figure 1. Geology of Villány Hills (after CHIKÁN et al. 2005)



2. ábra. A templom-hegyi feltárások helyszínrajza. 1: siklóbevágás; 2: a kőfejtő északi falának feltárása; A: a 10. ábra szelvényének nyomvonala

Figure 2. Location of exposures at Templom Hill. 1: cable-car cut; 2: northern wall of the big quarry; A: cross-section in Fig. 10

vezető bányavasút nyomvonala mentén, és másik feltárás [EOV 603458; 59154, 2. ábra 2] attól délnyugatra, a kőfejtő északi falában található. A Templom-hegy alaphegységi része középső-triásztól alsó-juráig terjedő karbonátos és törmelékes rétegsort tár fel, amely dél felé a nagy kőfejtőben középső- és felső-jura karbonátokkal folytatódik (RÁLISCHNÉ FELGENHAUER 1985, VÖRÖS 1990). Ebbe a jura mészkőösszetételbe mélyülnek a vörösgyaggal és durva pátos, fenn-nőtt barlangi kalcittal kitöltött karsztos üregek, melyek kora- és középső-pleisztocén gerincesmaradványokat tartalmaznak (PAZONYI 2009 és hivatkozásai). A tetőket a hegység nagy részéhez hasonlóan itt is lösz fedi, amely nem típusos, hanem „lejtőlössz” (lejtőn lerakódott lösz — LOVÁSZ & WEIN 1974).

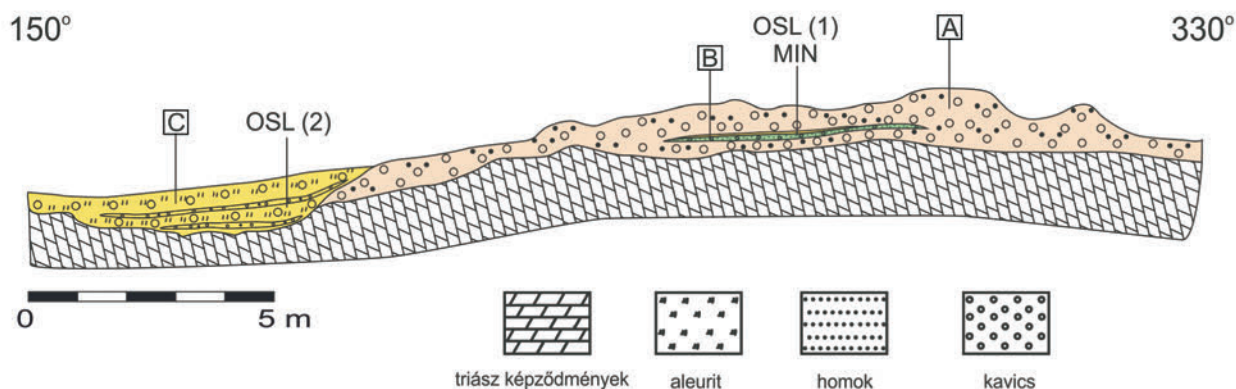
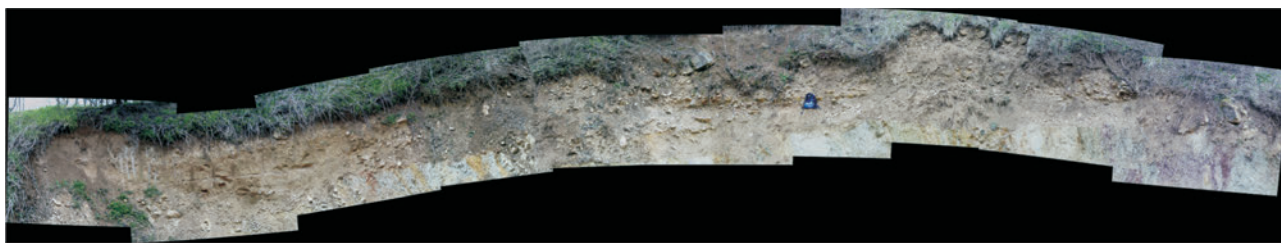
### Módszerek

A terepi munka az üledékes egységek leírásából, a kavicsanyag makroszkópos vizsgálatából, valamint a kavicsanyag elterjedésének tisztázása és a földtani és geomorfológiai környezet megismerése céljából, terepbejárásokból állt. A vizsgált üledéktest lehetséges forrásterületét a kavicsanyag kőzettani, valamint a homok mikromineralógiai vizsgálatával, az ősföldrajzi környezetet a geomorfológiai viszonyok elemzésével próbáltuk meghatározni.

A kavicsostestbe települő homokból nehézásvány-vizsgálatra vett mintából (helye a 3. ábrán) a 100–200  $\mu\text{m}$ -es nehézásványfrakciót bromoformos (2,85  $\text{g}/\text{cm}^3$ ) eljárás útján a Magyar Állami Földtani és Geofizikai Intézet laboratóriumában különítették el. Közel 500 db nehézásvány műgyantás szemcsepreparátumon történő binokuláris és polarizációs mikroszkópos vizsgálatát végeztük el.

OSL kormeghatározás céljából két pontról gyűjtöttünk

mintát, ezek sztratigráfiai elhelyezkedését a 3. ábra mutatja. A módszer alapjairól magyar nyelven pl. NOVOTHNY & ÚJHÁZY (2000) nyújt áttekintést, a mérések segítségével az üledékek utolsó napfényre kerülésének időpontja adható meg. Az 1. jelű minta (laboratóriumi archiválási száma: 1010) a terepi megfigyelések alapján középszemű homok, a 2. jelű minta (laboratóriumi archiválási száma: 1011) homokos lösz volt. Ennek megfelelően a két mintát eltérő laboratóriumi feltárásnak vetettük alá. Az 1. minta esetében a 90–150  $\mu\text{m}$ -es (durva szemcsés eljárás), a 2. minta esetében pedig a 4–11  $\mu\text{m}$ -es (finom szemcsés eljárás) frakciót választottuk le szitálás, illetve üleptetés segítségével. Ezt követően eltávolítottuk a minták karbonát- és szervesanyag-tartalmát 10% HCl és 10%  $\text{H}_2\text{O}_2$  többszöri alkalmazásával. A durva szemcsés frakción nehézfolyadékos (nátrium-heteropolivoframát — LST Fastfloat) ásványszeparációt végeztünk. Ennek kapcsán a kvarc (2,62–2,68  $\text{g}/\text{cm}^3$ ) és a K-földpát (<2,58  $\text{g}/\text{cm}^3$ ) alkotókat választottuk le. A kvarcszeparátumot 40% HF felhasználásával 45 percen át marattuk, az esetleges földpát szennyezők, valamint a kvarcszemcsék külső, az alfa sugárzasi komponens által átjárt 5–10  $\mu\text{m}$ -es rétegének eltávolítása céljából. Többszöri desztillált vizes atmoszféra követően az esetleges fluorid maradványok eltávolítása érdekében 10% HCl-t alkalmaztunk. A K-földpát szeparátumot nem marattuk, így ebben az esetben később számolni kellett az alfa komponens hatásával is. A 2. minta esetében a teljes polimineralikus anyag került a mérés során felhasználásra, így ennek esetében további maratás nem történt, a savas kezelést követően acetonos üleptetés segítségével (6 cm-es acetonszlopban 2 min és 20 min) újból leválasztottuk a 4–11  $\mu\text{m}$ -es frakciót. A mérésekhez a durvaszemcsés szeparátumokat acél, a finomszemcsés polimineralikus mintát pedig alumínium hordozókorongokra vittük fel.



3. ábra. A feltárás litológiai egységei. A: homokos kavics; B: kavicsos homok és aleurit; C: kavicsbetelepüléses aleurit; OSL: minta lumineszcens kormérésre; MIN: minta ásványtani vizsgálatra

Figure 3. Lithological units of the exposure. A: sandy gravel; B: gravelly sand and silt; C: silt with gravel seams; OSL: sample for luminescent age measurement; MIN: sample for mineralogical investigation

Az OSL kormeghatározás során a kort két paraméter hányadosából lehet számítani: 1) a vizsgált üledék szemcséiben az eltemetődés óta elnyelt összes radioaktív dózis (paleodózis, illetve az ezzel ekvivalens egyenérték dózis), valamint 2) a minta által egységnyi idő alatt elnyelt dózis (dózisjeljesítmény vagy dózisiráta). Az egyenérték dózis meghatározásához szükséges lumineszcens méréseket a durvaszemcsés 1. minta esetében RISØ TL/OSL DA-20, a finomszemcsés 1. minta esetében RISØ TL/OSL DA-15 típusú műszeren végeztük el. Előbbi műszer béta sugárforrása ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ) acél hordozókorongra kalibrálva ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ):  $0,125 \pm 0,002$  Gy/s dózisjeljesítménnyel utóbbi pedig alumínium hordozókorongra kalibrálva  $0,078 \pm 0,002$  Gy/s dózisjeljesítménnyel rendelkezett. A lumineszcens jelek detektálása kvarc OSL esetében Hoya U-340, K-földpát IRSL esetében Schott BG-39 és BG-3 szűrőkön keresztül történt.

A lumineszcens mérések alapvetően az egymintás regenerációs eljárás (SAR — single aliquot regeneration) alapján (MURRAY & WINTLE 2000), illetve annak módosított változatait felhasználva történtek. A durva szemcsés 1. minta esetében a kvarcseparátum mérése során a SAR szekvenciát termális tisztítással (hot-bleach) egészítettük ki (WINTLE & MURRAY 2006), míg a K-földpát kapcsán az ún. post-IR IRSL<sub>225</sub> valamint a post-IR IRSL<sub>290</sub> SAR protokollt alkalmaztuk, melyeket kifejezetten idős minták mérésére dolgoztak ki (THOMSEN et al. 2008, THIEL et al. 2011). A finomszemcsés 2. esetében egyrészt az ún. double-SAR protokollt, mely lehetővé teszi a polimineralikus minták

kvarc-komponensének elkülönített mérését (ROBERTS 2007), valamint a post-IR IRSL<sub>290</sub> protokollt alkalmaztuk. A vizsgálatok részeként előmelegítési, és dózis-visszamerési tesztek is végeztünk. Ezek a választott protokoll alkalmazhatóságát, megbízhatóságát tárják fel. A minták a tesztek során megfelelően viselkedtek. A dózisosokra adott, érzékenység-változással korrigált lumineszcens intenzitások értékeihez exponenciális, illetve exponenciális + lineáris függvényeket illesztettük. Tekintettel arra, hogy a várakozások alapján igen idős mintákról volt szó, minden esetben meghatároztuk a dózis-lumineszcens válaszgörbék töréspontjára jellemző dóziserőteket ( $D_0$ ). Elviekben ennek kétszerese jelzi a mérések határát, ami hozzávetőleg a telítettségi lumineszcens intenzitás 85%-nak felel meg (WINTLE & MURRAY 2006). Másképp fogalmazva telítettség esetén a  $2 \times D_0$  érték alapján megadható az adott mintára vonatkozó minimum kor. A földpátokon végzett IRSL mérések kapcsán további problémát okozhat a természetes lumineszcens intenzitás spontán fakulása, valamint a nem megfelelő kioltódás az üledékképződés során. Mivel egyrészt a minták a dózisjeljesítmény határán mozogtak, másrészt a post-IR-IRSL<sub>290</sub> protokoll igen stabil, fakulás által alig érintett IRSL jelek mérését teszi lehetővé (MURRAY et al. 2014) ezért ezek a tényezők elhanyagolható mértékben befolyásolták a kapott eredményeket, s így ezek pontos meghatározásával nem foglalkoztunk.

A dózisjeljesítmény meghatározásához a minták környezetéből gyűjtött üledéken végeztünk gamma spekt-

roszkópiás méréseket. Az üledéket szárítást és porítást követően 550 cm<sup>3</sup>-es marinelli edényekbe töltöttük. A méréseket Canberra típusú, 3 keV – 2 MeV tartományban alkalmazható XIRA HPGe koaxiális detektorral ellátott műszeren végeztük a Rn egyensúly beálltát követően. A vizsgált radioaktív elemek (U, Th, K) aktivitás koncentrációiból ADAMIEC & AITKEN (1998) konverziós faktorai alapján számítottuk a különböző sugárzási komponensekre vonatkozó dózisteljesítmény-értékeket. A száraz mintára számított eredményeket 10±5%-os nedvességtartalommal korrigáltuk. Mivel az 1. minta gyűjtési helyén a homokrét vastagsága mindössze 10 cm volt, ezért a gamma dózisteljesítményt jelentősen befolyásolta a befoglaló kavicsos öszlet, így ennek hozzájárulását külön is meghatároztuk. A K-földpát szemcsék (1. minta) esetében a külső környezeti dózisteljesítmény mellett belső dózisteljesítménnyel is számolni kell, ehhez HUNTLEY & BARIL (1997) alapján 12,5±0,5%-os K-tartalmat vettünk alapul. Mindemellett a külső réteg maradásának hiányában a számított béta és gamma dózisteljesítményt 0,050±0,025 Gy/ka alfa dózisteljesítménnyel növeltük. A finomszemcsés 2. minta kapcsán a környezeti alfa sugárzás hatékonyságát a kvarcfrakció esetében  $a=0,06\pm0,02$ , a földpát frakció esetében 0,08±0,02 értékűnek vettük (MURRAY et al. 2014, SCHMIDT et al. 2010, ÚJVÁRI et al. 2014). A kozmikus sugárzás értékét PRESCOTT & HUTTON (1994) alapján becsültük.

## Eredmények

### *A siklóbevágás kainozoos öszletének üledékes egységei*

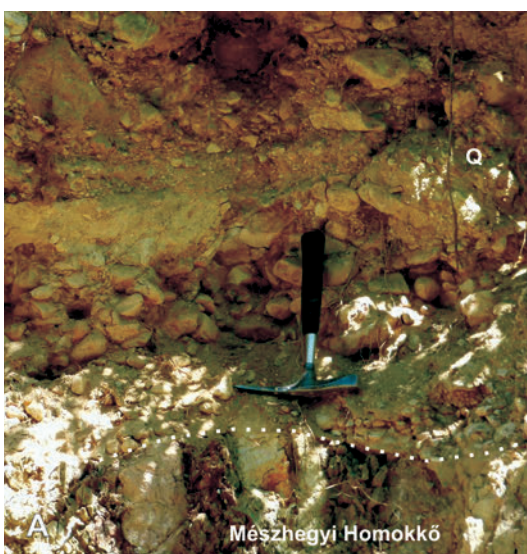
A feltárásban a mai feltártsági viszonyok közt három eltérő kőzetanyagú üledékes egységet lehetett elkülöníteni

(3. ábra), melyek a mezozoos rétegsorra szögdiszkordanciával települnek. A feltárás legnagyobb részét kitevő homokos kavics (A) és az ebbe települő homok (B) teszi ki. A kavicszinóros aleurit (C) ezekre egy íves felszín mentén települ. Talajosodás nyomai nem figyelhetők meg a rétegsorban; az egyes egységek eróziós felszínük mentén érintkeznek egymással. A feltárás felső részét lejtőtörmelék alkotja, éles, szögletes kavicsokkal, helyenként nagyobb tömbökkel. Ősмарadványok nem kerültek elő egyik egységből sem.

### A) Homokos kavics

A feltárás nagy részén, 20 méteres szakaszon homokos durva kavics települ a triász-jura alaphegységre, egyenetlen, helyenként eróziósan kimélyülő talpfelzsinél és átlagosan 2 méteres vastagsággal (3. és 4. ábra). Színe változó, világos, szürkés vagy barnás. Nem láthatók benne határozott réteghatárok, de lapos, lencseszerű testekben elkülöníthetők benne kissé eltérő szövetű részek: változó szemcseméretű kavics, homokos kavics, alárendelten kavicsos homok. A kavics az egész egységben szemcsevázú. A kavicsok mérete 1–2 cm-től a 30 cm-es átmérőig terjed, a feltárás déli részén a jellemző szemcseméret valamivel nagyobb, mint az északon. Az egyes lencsék viszonylag jól osztályozottak. A kavicsok koptatottsága változó a szögletestől a jól koptatottig, jellemzően közepes, de jelentős számban található jól koptatott kavicsok is (4. ábra). A kavics mátrixa durva homok, amely világos vörös vagy szürke színű, egyes lencsékben hiányzik. A homokszemcsék anyaga kvarc és karbonát, kis mennyiségben földpát; a kötőanyag karbonát. Határozott zsindegyesség nem látható. Az öszletben krioturbáció vagy más deformáció nem figyelhető meg.

VÖRÖS (2010) cikkében az 1979-ben készült fényképek a mainál jobb állapotban mutatják a siklóbevágást, így a most vizsgált kainozoos képződményeket is: az idézett mű 19.



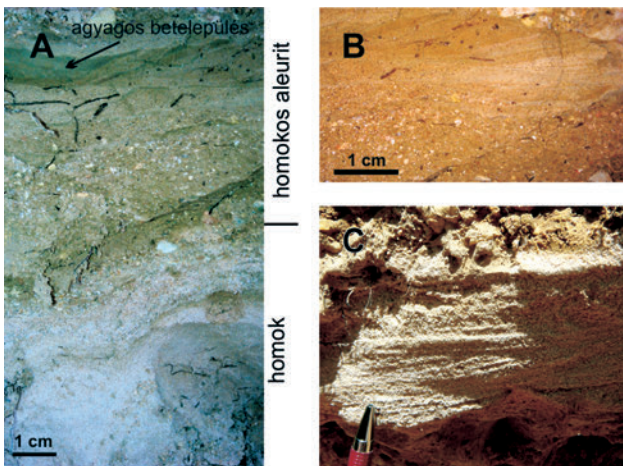
4. ábra. Homokos kavics egység. A) Mészhegyi Homokkőre települő homokos kavics a siklóbevágás déli részén; B) Templomhegyi Dolomitra települő, kb. 2 m vastag kavics a siklóbevágástól nyugatra lévő dombon

Figure 4. Sandy gravel unit. A) Coarse gravel overlying Mészhegy Sandstone in the southern part of the cable-car cut, with weak bedding; B) Approx. 2 m thick gravel overlying Templomhegy Dolomite on the hill west of the cable-car cut

ábrája a feltárás déli végét, a 7. ábra a déli, magasabb, a 11. ábra pedig az északi, alacsonyabb felét.

### B) Kavicsos homok és aleurit

A kavicsösszletben elkülöníthető egy 8 méteres laterális kiterjedésű, legfeljebb 20 cm vastag, mindkét irányban kiékelődő betelepülés (5. ábra), amely párhuzamos a befogadó kavicsal. Két részből, egy alsó, átlagosan 10 cm vastag homokból és egy felső, 5 cm vastag aleuritből áll (5. ábra, A), amelyek közül utóbbi hamarabb kiékelődik, mint a



5. ábra. Kavicsos homok és aleurit. A) Az egység jellemző szelvénye; B) közelkép a felső, homokos aleuritől; C) az alsó réteg keresztirétegzett homokja  
Figure 5. Gravelly sand and silt. A) Typical section of the unit; B) cross-bedding in the lower sand layer; C) close-up of the upper sandy silt

homok. A két réteg között a határ általában éles. A homok világos vörösszürke, jól osztályozott, közép-durvaszemcsésű, keresztlemez (5. ábra, C). Szemcséi közt kvarc, karbonát, muszkovit, földpát ismerhető fel, kötőanyaga karbonátos. A mellső lemezek dőlése a kis kiterjedés miatt nehezen mérhető, egy helyen bizonytalan 250/15 fokot mértünk. A felső, barna, túlnyomórészt aleuritből álló réteg (valójában kisebb rétegekből álló köteg) szemcsemérete fölfelé csökken: alsó 2–3 cm-ében aprókavicsos durvahomok és szórtan nagyobb (max. 5 cm-es) kavicsok figyelhetők meg, míg felül lencsékben agyagos (5. ábra, B).

### C) Kavicsbetelepüléses aleurit

A feltárás északi végén mintegy 6 méteres hosszún kőzetliszt uralta kőzettest található, amely enyhén ívelt alsó határral települ részben a triász alaphegységre, részben – déli részén – a kavicsra (3. ábra). Az aleurit szürkésbarna színű, egy 5 és egy 10 cm vastag homokos kavicsréteg települ bele. Legnagyobb vastagsága 1,5 méter. Szerkezete lemez, kőzetliszt- és finomhomokos kőzetlisztlemezek váltakoznak benne. Az egyes lemezek jól osztályozottak. Kötőanyaga karbonátos. A kőzetben gyakoriak a szabad szemmel is látható, 0,5 mm körüli átmérűjű, csőszerű pórusok, melyeket meszes kitöltés vagy belső bevonat jellemel, ezek hajszálgökök menti pórusokként, illetve kiválásként értelmezhetők. A kavicsbetelepülésekben a

kavicsok anyaga megegyezik a helyi triász dolomitokkal és mészkövekkel. A betelepülések rosszul osztályozottak. A kisebb kavicsok 1–2 cm átmérűjűek, szögletesek, míg a nagyobbak 4–5 cm méretűek és elérhetik a közepes koptatottságot is. Imbrikáció a feltárás által biztosított metszetben nem figyelhető meg. A kavicsrétegekben előforduló homok jelentős hasonlóságot mutat anyagában, szövetében és színében a homokos kavics egység mátrixaként megjelenő homokkal: szemcsemérete durva, kvarc és karbonátos szemcsék is előfordulnak benne.

### Kavics típusok

A feltárásban a kavicsok uralkodóan karbonátos kőzetanyagúak. A homokos kavicsösszlet alkotó kőzettípusok fordulnak elő kisebb mennyiségben a másik két egységben is, kivéve a homokkővet, ami csak a homoklencséből került elő. Darakavics mérettartományban, 2–3 mm-es átmérűvel koptatott kvarckavicsok is előfordulnak. Az „A” egység jellemző kőzettípusai gyakorisági sorrendben az alábbiak:

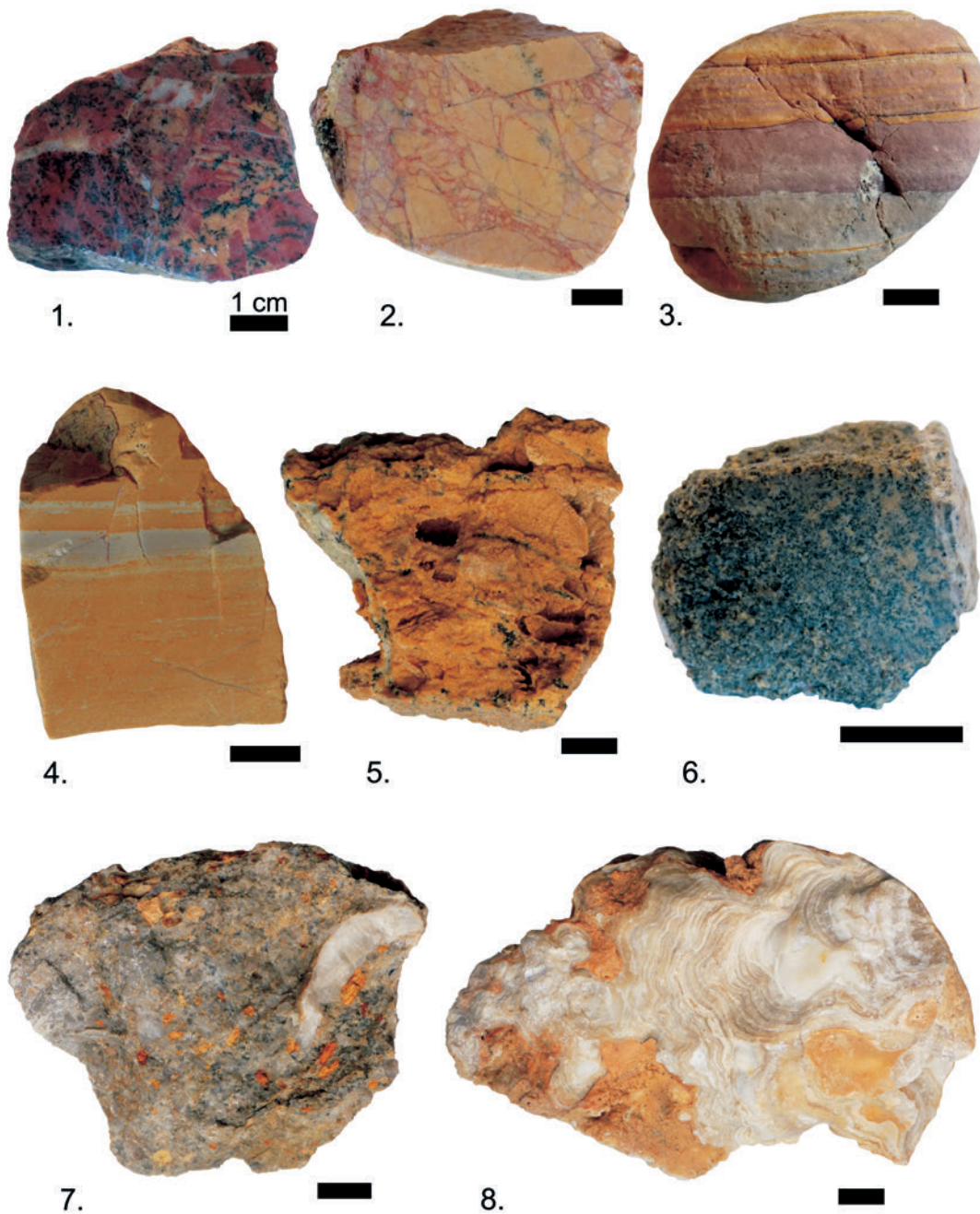
Sávós dolomit és mészkő (gyakorisága ~35%). Jellemzően világos színű, halványzürke, -vörös és/vagy -sárga sávós, néha foltos (6. ábra, 3, 4), szórányosan mangándendrites. A színes sávok általában, de nem mindig a rétegzést követik. Oldásos üregek és kisebb kőzetrések mentén kalcitkiválások figyelhetők meg benne. Alig-jól koptatott, kemény. Szövete tömör, mikrites. 6–10 cm-es átmérűvel rendelkezik átlagosan, de a 15–20 cm-t is elérheti. Makroszkópos megjelenése alapján a középső-triász Csukmai Formáció Templomhegyi Dolomit Tagozatából származik.

Pátos meszes dolomit (~20%). Vörös-sárga színű kőzet, fekete foltokkal (6. ábra, 1). Pátos szövetű, a repedésekben kalcitkitöltésekkel. Jól koptatott, kemény, átlagos átmérűje 8 cm. Hasonló színű durvakristályos dolomitot a siklóbevágástól északra, a villányi vasútállomástól délre fekvő kőfejtőből a Templomhegyi Dolomitból említ NAGY E. & NAGY I. (1976).

Breccsás dolomit (~15%). Világos árnyalatú, fehér, szürke, sárga, illetve vörös, tömör, mikrites dolomit, néha kalcitos erekkel. Breccsás szövetű, a világos, szögletes klasztok közt vöröses, szintén dolomit anyagú mátrix van (6. ábra, 2). 5–13 cm átmérűjű, közepesen-jól koptatott szemcsékként fordul elő. Ilyen kőzetanyag a Templomhegyi Dolomitot jellemzi a környéken, leginkább vetőbreccsaként, például a siklóbevágástól északra és nyugatra lévő kőfejtőkben.

Kalciteres márga (~15%). Világos, sárga vagy barna színű üledékes kőzet (6. ábra, 5). Repedések mentén kivált rostos, pátos kalcitból, valamint kevés agyagból vagy márgából áll, sok üreggel, melyekből a márga kimosódott vagy kioldódott. Kis keménységű. Szögletes vagy alig koptatott kavicsokként fordul elő, akár egészen nagy, akár 20 cm-es méretben. Feltehetően a Mészhegyi Homokkő alsó részéből származik.

Durva pátos kalcit vörösayaggal (~5%). A kavicsok világossárga színű, nagy (akár 3 cm hosszú), sugaras, vagy kisebb, hullámos vagy koncentrikus lemezekben elhelyezkedő kalcitkristályokból, valamint meszes vörösayagból állnak (6. ábra, 8). Koptatottak, méretük átlagosan 5–6 cm, legfeljebb 11 cm. A sugaras kalcitokra merőleges felszíne-



**6. ábra.** A feltárás jellemző kavicstípusai (kor szerinti sorrendben). 1 – pátos dolomit, 2 – breccsás dolomit, 3 – sávzott mészkő, 4 – réteges dolomit, 5 – kalciteres márga, 6 – homokkő, 7 – szürke, homokos mészkő molluszka héjtöredékekkel, 8 – pátos kalcit vörösayaggal

**Figure 6.** Characteristic clast lithologies. 1 – sparry dolomite, 2 – brecciated dolomite, 3 – banded limestone, 4 – banded dolomite, 5 – marl with calcite veins, 6 – sandstone, 7 – grey, sandy limestone with fossils, 8 – coarse sparry calcite with red clay

ken a cseppkövekre jellemző hullámos felületek (lemezek) figyelhetők meg. Az üregeket vörös agyag tölti ki. Ilyen kőzetanyag karsztos üregek kitöltéseként fordul elő a környéken. A legközelebbi dokumentált előfordulások a síklóbevéágástól északnyugatra, alacsonyabban lévő és a délre fekvő, felső, nagy kőfejtőben, valamint a Somssich-hegyen vannak, de a feltárástiszításkor a Mészhegyi Homokkőben is találtunk vörösayaggal kitöltött függőleges hasadékot. Az ősmaradványokat is tartalmazó közeli előfordulások

kora 2 millió év (Villány–3 lelőhely) és 640 ezer év (Villány-6) között van (KORMOS 1917, PAZONYI 2009).

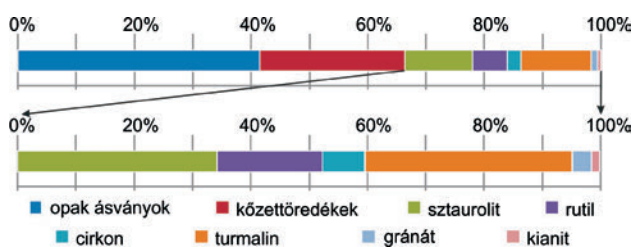
Homokos, héjtöredékes mészkő (szórványos). Szürke, tömör, homokos mészkő, molluszka- és brachiopoda-héjtöredékekkel, néhány mm-es rozsdavörös, kerekded agyagkavicsokkal (6. ábra, 7). Alig-közepesen koptatott, max. 15 cm-es kavicsokként fordul elő. Nagyon jellegzetes megjelenésű kőzetanyag, egyértelműen az alsó-jura Somssichhegyi Mészkőből származik.

Homokkő (szórványos). Csak a homokos betelepülésből került elő egy 20 cm-es, alig koptatott darab. Barnássárga, szürke foltos kavics (6. ábra, 6). Felszínét karbonátos kötőanyag cementálja, ezért a külseje sokkal keményebb, ellenállóbb a belsejénél, ami alig kötött. A szemcsék anyaga kvarc, karbonát és földpát. Kőzetanyaga makroszkópos megfigyelés alapján megegyezik a fekü felső-triász Mészhegyi Homokkő homokkőrétegeivel.

A kavicsok közül többször azok is pezséssel reagálnak sósavra, amelyek makroszkópos megjelenésük alapján egyértelműen a Templomhegyi Dolomitból származnak. Ennek oka az lehet, hogy a felszín közelében mállott a kőzetanyag, valamint hogy a karbonátos anyagú hegységben a talajvíz erősen meszes és ez átítatta őket. A karbonátos átítatás egyértelműen megfigyelhető a Mészhegyi Homokkő esetében.

### A homokbetelepülés ásványos összetétele

A homokos kavicsba települő homokrétegben a vizsgált 100–200  $\mu\text{m}$ -es szemcseosztályban a nehézásvány-frakció aránya nem éri el az 1 súly%-ot. A nehézásvány-társulás (7.



7. ábra. Az „A” egységbe települő homok nehézásvány-összetétele

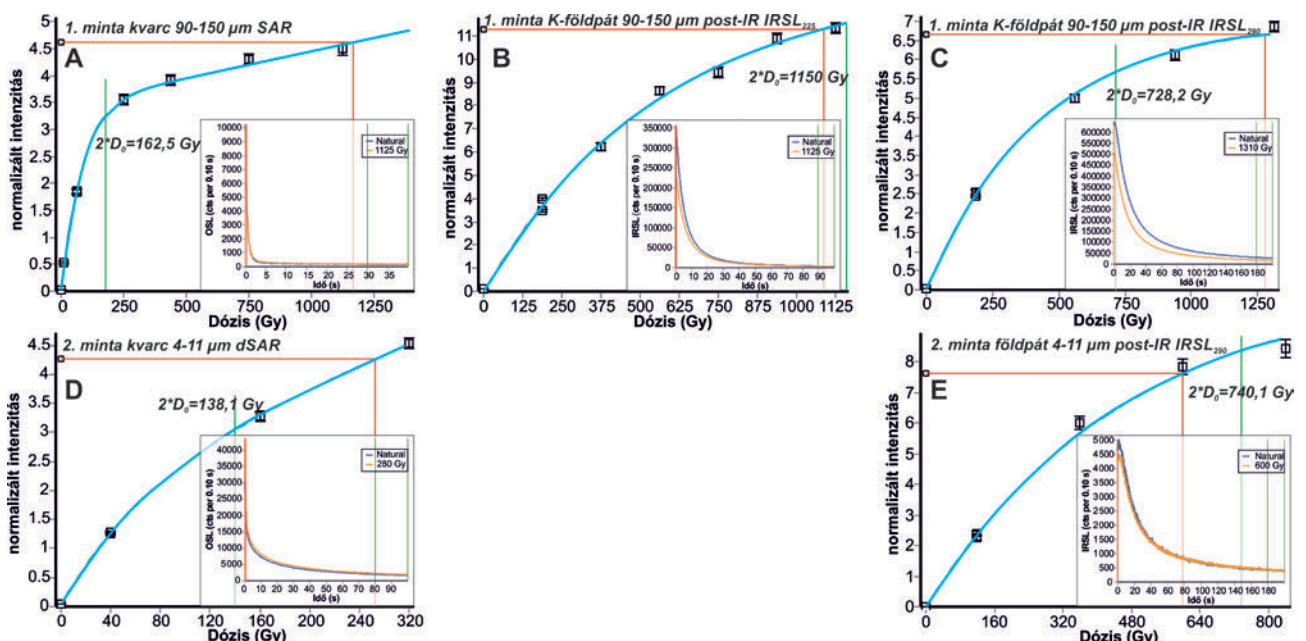
Figure 7. Heavy mineral composition of the sand interbedded in the gravel

ábra) döntően opak ásványokat (41,6 %) és kőzettörredékeket (24,9%) tartalmaz. Az opak ásványokat az ilmenit(?), a magnetit(?) és a hematit képviselik. Az átlátszó ásványok közül a legnagyobb gyakorisággal a turmalin (11,9%) és a sztaurolit (11,5%) fordul elő. A turmalin saját alakú, törött, világossárga–sötétbarna vagy színtelen–sötétbarna pleokroizmust mutat. A sztaurolit szemcsék felszíne gyakran mart, a prizmák szélén olykor fűrészfogszerű. Közel azonos arányban fordul elő a színtelen vagy szürke, saját alakú, belső zónásságot mutató, zárványos cirkon, valamint a szürke, zömök, koptatott cirkon. A rutil vörös vagy narancssárgás vörös színű, koptatott, ritkábban jól koptatott. Kevés színtelen gránát és kianit van jelen. A szemcsék többnyire kissé koptatottak, kissé bontottak. A kiértékeléskor nem számoltuk a preparátumban előforduló színtelen muszkovitot és halványzöld, kloritosodó biotitot.

### Lumineszcens kormeghatározás

A lumineszcens mérések alapján az 1. jelű, homoklencséből vett minta kvarc frakciójában (90–150  $\mu\text{m}$ ) a lumineszcens jel a várakozásoknak megfelelően telített volt (8. ábra, A). A felállított exponenciális+lineáris függvénykombináció alapján a kvarcfrakció elvi mérési határa több rész minta mérési átlagát figyelembe véve  $2 \times D_0 = 153 \pm 16$  Gy, ami megfelel a szakirodalomban máshol közölt értékeknek (WINTLE & MURRAY 2006). A kvarcra számított dózisteljesítménnyel számolva ez korban kifejezve  $77,0 \pm 10,8$  ezer évnek felel meg (I. és II. táblázat).

A post-IR IRSL<sub>225</sub> mérés esetében a természetes jel telítettséghez közeli intenzitást mutatott. Ez esetben exponenciális függvényt lehetett a dózis/lumineszcens válasz



8. ábra. Egy-egy reprezentatív rész minta (korong) esetében mért dózis – lumineszcens válasz összefüggés. A természetes lumineszcens intenzitást és az egyenérték dózist piros vonal, a felső határát jelző  $2 \times D_0$  értéket zöld vonal jelzi

Figure 8. Dose response curves of representative aliquots. Natural luminescence intensity and related equivalent dose is marked by red, the upper limit of measurements ( $2 \times D_0$ ) by green



**I. táblázat.** A mintákra számított dózisteljesítmény-értékek**Table I.** Dose rate values calculated for the samples

Minta	Mélység (m)	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)	w (%) <sup>1</sup>	D* <sub>kom</sub> (Gy/ka) <sup>2</sup>	D* <sub>q 90-150 μm</sub> (Gy/ka) <sup>3</sup>	D* <sub>if 90-150 μm</sub> (Gy/ka) <sup>4</sup>	D* <sub>q 4-11 μm</sub> (Gy/ka) <sup>5</sup>	D* <sub>if 4-11 μm</sub> (Gy/ka) <sup>6</sup>
1 (homok)	4,2	2,15±0,13	8,14±0,55	1,44±0,07	10±5	0,11±0,01	1,99±0,18	2,46±0,31	-	-
1 (kavics)		1,72±0,10	3,16±0,27	0,55±0,03						-
2	4,4	2,65±0,15	9,67±0,61	1,58±0,08	10±5	0,11±0,01	-	-	3,43±0,31	3,78±0,32

<sup>1</sup> a minták becsült nedvességtartalma,

<sup>2</sup> a kozmikus sugárzásból adódó dózisteljesítmény,

<sup>3</sup> a durva szemcsés (90–150 μm) kvarc frakcióra számolt dózisteljesítmény,

<sup>4</sup> a durva szemcsés (90–50 μm) K-földpát frakcióra számolt dózisteljesítmény,

<sup>5</sup> a finom szemcsés (4–11 μm) kvarc frakcióra számolt dózisteljesítmény,

<sup>6</sup> a finom szemcsés (4–11 μm) földpát frakcióra számolt dózisteljesítmény.

összefüggéshez a legjobban illeszteni (8. ábra, B). Az erre a mintára számított egyenérték dózis 1019±28 Gy-nek adódott. A számított átlagos mérési határ K-földpát esetben jóval magasabb, azaz 986±98 Gy volt (II. táblázat). Elvileg tehát a kapott egyenérték dózis a felső méréshatár hibahatárán belül van, ez azonban nem jelenti azt, hogy a kapott 401±64 ezer év minden kétséget kizárólag elfogadható. A telítettséget támasztja alá, hogy a stabilabban teljesítő post-IR IRSL<sub>290</sub> mérés esetében gyakorlatilag nem lehetett egyenérték dózist meghatározni, ugyanis a természetes intenzitások jóval a maximálisan mérhető intenzitások felett voltak (8. ábra, C). A mérési határ (2×D<sub>0</sub>=879±21 Gy) egyébként közel esett az előzőekben mért értékhez (II. táblázat). A 2. jelű, löszből vett minta finomszemcsés kvarc frakciója a double-SAR mérések kapcsán ugyancsak telítettséget mutatott (8. ábra, C). Ez esetben szintén exponenciális+lineáris függvénnyel lehetett a legjobban leírni a lumineszcens intenzitások alakulását. Az ezekből számolt telítődési dózis 2×D<sub>0</sub>=134±5 Gy volt, ami az adott dózisteljesítmény mellett mindösszesen 39,1±3,9 ezer évnek felel meg (II. táblázat).

A poliminerális mintán elvégzett post-IR IRSL<sub>290</sub> mérés kapcsán kapott elvi mérési határ 968±94 Gy volt, ami jól illeszkedik az 1. minta esetében tapasztalt telítettségi

értékekhez. Mindazonáltal, ezáltal a mért egyenérték dózisok egy kivételével a határérték alattiak voltak (8. ábra, E), azaz ez esetben tényleges kor számítása is lehetővé vált, ennek értéke 185±17 ezer év.

#### A kavicsos üledék elterjedése

A siklóbevágásban az alaphegységre települő durva kavics meglelte régóta ismert. SZABÓ (1957) kéziratosszelvényén jól látszik, hogy a kavics dél felé a Somssichhegyi Mészköig terjed, és utóbbival együtt lösz és lejtőtörmelék fedi őket. Rajzán jelöli, hogy a kavicsanyag délen, a jura mészkő mellett a legdurvább, ahogy ma is megfigyelhető. Ezt a szelvényt VADÁSZ (1960; 66. ábra) kiegészítve, ám a fedőhegységet tekintve kissé pontatlanul veszi át. Hasonlóképpen ábrázolja a fedőhegységet VÖRÖS (1990), míg RÁLISCHNÉ FELGENHAUER (1985) szelvénye nem mutatja be.

A kavicsos összlet nemcsak a siklóbevágásban, hanem az annak nyugati oldalán lévő, mészkőből és dolomitból álló kiemelkedés tetején is megtalálható. A kiemelkedés déli falában a Somssichhegyi Mészkö fölött, átlagosan 1 m (maximálisan 2 m) vastagságban és 40 m hosszban figyelhető meg. A kavics itt is viszonylag jól osztályozott, durva (8–10 cm jellemző átmérőjű), változó koptatottságú, és uralkodóan karbonátos kőzetekből áll. A környék bejárása során ezen az előforduláson, a Templom-hegy nyugati oldalán kívül nem találtunk hasonló kavicsfeltárást.

**II. táblázat.** A mért egyenérték dózis értékek (De) és felső mérési határok (2×D<sub>0</sub>) több mérés átlaga alapján, valamint az ebből számított koradatok**Table II.** Measured equivalent doses (De) and upper measurement limits (2×D<sub>0</sub>) based on the mean of several measurements, and the calculated ages

Minta	Protokoll	n (db)	D <sub>e</sub> (Gy)	2×D <sub>0</sub> (Gy)	Kor (ezer év)	Minimum kor (ezer év)
1	SAR	8	827±70	154±16	-	77±11
1	postIR IRSL <sub>225</sub>	9	1019±28	986±98	415±54	401±64
1	postIR IRSL <sub>290</sub>	3	-	879±21	-	357±46
2	double-SAR	12	237±2	134±5	-	39±4
2	postIR IRSL <sub>290</sub>	6	701±26	968±94	185±17	-

#### Az eredmények értelmezése

##### Az üledék származási helye

A homokos kavics összlet kavicsanyagának makroszkópos vizsgálata alapján elmondható, hogy a kavics helyi forrásból származik. A forráskőzetként azonosított képződmények az alaphegységet alkotó középső-triász–alsó-jura formációk, a Templomhegyi Dolomit, a Mészhegyi Homokkő és a Somssichhegyi Mészkö, valamint a pleisztocén korú vörösgyag–kalcit üregkitöltései. Ezek a képződmé-

nyek mind megtalálhatók a közvetlen közelben, a Templom-hegy és az attól kb. 200 méterrel nyugatra fekvő Somssich-hegy területén, a hegyek északi oldalán (2. ábra). Távolabbról, például a Villányi-hegység délebbi részéről vagy a Mecsekből származtatható kőzetanyag nem került elő. A kavicsok vegyes, részben gyenge koptatottsága sem utal túl hosszú szállításra.

A kavicsbetelepüléses aleurit (C egység) kavicsainak kőzetanyaga szintén a helyi alaphegységből származik. Mivel itt a koptatottság sokszor kifejezetten gyenge, a kavicsoknak igen rövid szállítás során kellett mai helyükre kerülniük. A jobban koptatott törmelékanyag részben a homokos kavics-egységből történő áthalmozásból származhat.

A kavicsostestbe települő homok nehézásványos összetétele alapján változatos összetételű, döntően metamorf ásványtörmelékekkel jellemezhető származási terület, illetve forráskőzetek valószínűsíthetők. A homoklencse ásványos összetételét a helyben megtalálható felső-triász Mészhegyi Formációval és alsó-jura Somssichhegyi Formációval és a területtől északra meglévő pannóniai homokokéval vetettük össze.

A Villányi-hegység közvetlen északi előterében előforduló pannóniai üledékekről nem rendelkezünk mikromineralógiai ismeretekkel, az összehasonlítás alapját a Mecsek és a Villányi-hegység közötti területet jellemző (Pécs-)nagyárpádi és (Pécs-)üszögpusztai homokból született adatok (HERMANN 1957, KLEB 1968) képezik. E két előfordulást döntően magnetit, cirkon, gránát, klorit, kevesebb apatit, kianit, epidot, turmalin, zöld amfibol, ilmenit jellemzi a 100–120 µm-es szemcsefrakcióban, melyek többsége megtalálható a homoklencse nehézásvány-társulásában is. Az ásványtípusok további diagnosztikus tulajdonságainak hiányában (például alak, szín, belső szerkezet) ezek az adatok korlátozottan használhatók fel.

A homoklencse nehézásvány-társulása nagyfokú hasonlóságot mutat a karni Mészhegyi Homokkőből és a pliensbachi Somssichhegyi Mészke törmelékes alsó szakaszából megismert ásványtársuláshoz (POZSGAI et al. in press), mind az ásványok minőségét, színét, alaki tulajdonságait és mállási bélyegeit tekintve. A jó azonosíthatóság alapján arra következtetünk, hogy a lepusztulás nagy arányban érintette a közvetlen környezet mezozoos forráskőzeteit. Tekintettel a Somssichhegyi Formáció homokkőrétegeinek kötöttségére, a származás a Mészhegyi Formáció laza, gyengén cementált homokköveiből valószínűsíthető. Ezt támasztja alá a homokbetelepülésben talált, a Mészhegyi Homokkőből származó homokkő anyagú kavics is.

### *Lehetséges üledékképző folyamatok*

A homokos kavics egység üledékszerkezetei nem látványosak és nem túl jellegzetesek; a korábbi kutatások mezoikumra koncentráció mellett ez is oka lehet annak, hogy ezzel a kőzettel eddig kevésbé foglalkoztak. A fentiek miatt az üledéket lerakó folyamatok meghatározása sem egyszerű.

A lehetséges üledékképző folyamatok közt a kőbányák szomszédságában akár az antropogén hatás is felmerülhet. A bányameddőként való értelmezést azonban kizárják a

többé-kevésbé lekerekített kavicsok, az „A” egységre települő aleurit in situ kialakult pleisztocén szerkezete (pl. gyökér menti kalcithártyák), valamint az OSL kormeghatározás eredménye.

Feltételezhető lenne az is, hogy a kavicsos öszlet lejtőtörmelék. Ebben az esetben azonban a kavicsanyag jelentős része nem lenne koptatott. A feltárásban a gravitációs úton szállító törmeléknél várt lejtőirányú gradációt sem figyelhetjük meg: leguruló kavicsok esetén a legnagyobb darabok szállítódnak legmesszebb, a feltárásnak viszont a legfelső részén látható a legdurvább törmelékanyag. Szintén a lejtőtörmelék ellen szól, hogy a feltárástól a hegy csúcsáig a szintkülönbség nincs több 20 méternél (2. ábra). Emiatt az is valószínűtlen, hogy korábban koptatott kavicsok halmozódtak át lejtőmozgással, hiszen a feltárásnál magasabban fekvő lehetséges forrásterület kiterjedése nagyon kicsi.

A koptatott kavicsok hosszabb idejű szállításra utalnak, ez alapján abráziós vagy folyóvízi eredet jöhet szóba. A helyi anyagok dominanciája jellemző lenne az abráziós környezetre. Jelenlegi ismereteink szerint a területen abrázióra képes nagyobb állóvíz utójára a késő-miocénben volt jelen (a Pannon-tó). A késő-miocén kort viszont nem teszi valószínűvé az üregkitöltő, vörösaggyal társuló kalcitok jelenléte. Magukban a kavicsokban nem fordult elő ősmaradvány, ezért elméletileg nem zárható ki, hogy kvarternél idősebbek. Kőzetanyaguk ugyanakkor megegyezik a közvetlen közelben található, gerincesmaradványok alapján pleisztocén korú (PAZONYI 2009) üregkitöltések anyagával. A kavicsösszlet minden kőzettípusának forráskőzete előfordul a közvetlen közelben, ezért a kalcit és vörösaggyag anyagú kavicsokat sem indokolt messzebről származtatni, így analógia alapján pleisztocén korúnak tekintjük őket. A lumineszcens mérés eredménye is pleisztocén kort mutatott. Emellett a kavicsanyag vegyes, gyengétől jóig terjedő koptatottsága inkább a folyóvízi üledékekre jellemző, mint abráziós kavicsra. A homoklencse keresztlemessége áramló vízből való ülepedésre utal. A szemcseméret feltárás menti változása folyóvízi környezetre jellemző lehet: a feltárás északi részén, a kiugró, kemény alaphegységi szirt (Somssichhegyi Mészke) tövében található a legdurvább kavics, ahol a víz erősen áramlik és közvetlenül alámossa a sziklát. A nem kifejezett rétegzés és általában az üledékszerkezetek hiánya arra utal, hogy a kavics viszonylag sekély vízfolyásban rakódott le. A szórványosan megjelenő kevésbé ellenálló, ugyanakkor szögletes vagy alig koptatott kavicsként megjelenő kőzettípusok (pl. kalciteres márga, Mészhegyi Homokkő) nem eshettek át jelentős szállításon, ezek lejtőmozgással kerülhettek a felhalmozódás helyére és keveredhettek kis mennyiségben az üledékbe. Az üledékképződési környezet így folyóvízre határolható le, azaz a kavicsostest teraszként értelmezhető. Ez a megállapítás azért jelentős, mert eddig nem volt ismert folyóvízi öszlet a Villányi-hegység területén. Hasonló jellegű, szintén kis távolságból származtatott kavicsösszleteket a Báni-hegységből írtak le (BANAK 2012, PIKIJÁ et al. 1995).

A folyóvízi rendszerekhez kapcsolódva felmerül a hordalékkúpként való értelmezés lehetősége is. Ennek

leginkább a morfológiai viszonyok mondanak ellent. Nincs a területen olyan vízgyűjtő, aminek az anyaga itt fel tudott volna halmozódni. A vizsgált feltárások egy keskeny, változó magasságú gerinc mellett helyezkednek el, a gerincnél alig alacsonyabban (1. és 2. ábra). Korábbi kutatások a pliocén–kvarter ősmaradvány-lelőhelyek alapján azt állapították meg, hogy a Villányi-hegység kb. 3 millió éve kiemelkedett fedője alól, és morfológiája azóta nem változott sokat (SEBE et al. 2014), azaz a vizsgált feltárások geomorfológiai környezete a maihoz hasonló lehetett a középső- és késő-pleisztocénben is. Emellett a kavicsos összlet kőzetanyagából hiányoznak a középső- és felső-jura formációk kőzettípusai, azoké a formációké, amelyek a kavicsostestnél akár csak kicsivel is magasabban, tőle délre helyezkednek el és forrásként (lepusztulási területként) szolgálhattak volna. A hordalékkúpokon gyakori törmelékfolyásnak a legalább közepes osztályozottság, a durvahomoknál finomabb frakciók hiánya mond ellent.

A „C” egység homokos aleuritjában löszre jellemző bélyegek figyelhetők meg: a mikropórusok, illetve azok kalcitos bevonata a lágyszárú növényzet hajszálgökörei mentén képződik. Az aleurittest alakja lapos, enyhe lejtőjű völgy kitöltésére utal. A lemezes szerkezet és a kavicsosinórok időszakonkénti felületi lemosást mutatnak. Az aleuritos összlet így „lejtőlöszként” (lejtőn lerakódott löszként) értelmezhető, ahol az anyag részben hullóporként, részben lejtőle mosással érkezett, de az egész összlet helyben diagenizálódott, elsősorban a gyökerek által kiválasztott karbonát hatására.

### Ősföldrajzi viszonyok

A homokos kavicsot lerakó folyó nyomozásával információkat nyerhetünk a lerakódás idején uralkodó ősföldrajzi viszonyokról. A terület mai vízhálózatát tekintve csak néhány vízfolyás jöhet szóba mint a terasz kavics szállítója.

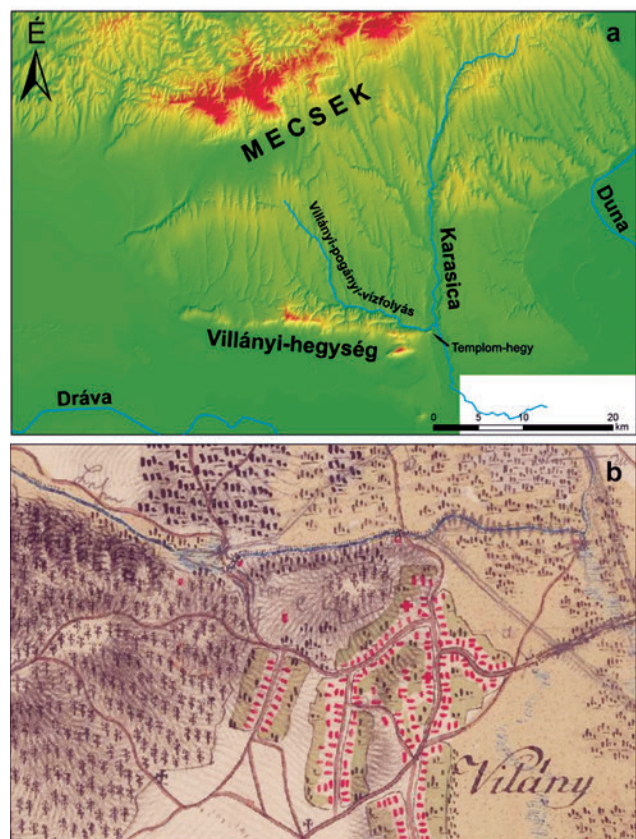
A Dráva eddigi ismereteink szerint soha nem járt a Villányi-hegység északi oldalán. Amellett, hogy egy ekkora folyónak morfológiában is megjelenő nyomokat és nagy mennyiségű üledéket kéne hátrahagynia, a Dráva jelenlétét kizárja a távoli forrásból származó kőzetanyag és a nagy mennyiségű csillám hiánya a feltárásban; a Dráva-üledékekre mindkettő jellemző.

A templom-hegyi kavicsot lerakó vízfolyás helyi anyagokat dolgozott fel, ezért távolabbi folyásának lefutásáról nem kapunk információt. Mivel azonban messzi forrásból származó kavicsot nem tartalmaz, azt tudjuk, hogy vízhozama és ezzel vízgyűjtő területe nem lehetett túl nagy. A vizsgált feltárásban azonosított kőzettípusok megtalálhatók mind a közvetlen, igen szűk környezetben, mind a Villányi-hegység északi oldalán több helyen. A kavicsot így egy északról lefutó, de egy, a hegység északi peremén nyugat felől érkező folyó is lerakhatta. Az, hogy a kavicsostest elterjedése a Templom-hegyre korlátozódik, a nyugatról érkező vízfolyás ellen szólhat, ám figyelembe kell venni azt is, hogy a meredek domborzaton kicsi egy folyóvízi kavics lerakódásának és főleg megőrződésének az esélye, ma már

nem feltétlenül találjuk meg az üledékeket a folyó teljes hossza mentén.

A Templom-hegy közvetlen környezetében két vízfolyás található, amelyek szorosan a hegység előterében húzódo völgyekben futnak: a Villányi-pogányi-vízfolyás és a Karasica (9. ábra).

A Karasica a terület nagyobb vízfolyása. Vízgyűjtője felnyúlik a Kelet-Mecsekig, innen a folyó délnek tart, majd a Villányi-hegység legdélebbi részénél, a Beremendi-rőgnél fordul keletnek és a Báni-hegység északi előterében fut a Duna felé. Mintegy 1,5 km széles, határozott peremekkel rendelkező völgyébe nyugatról belenyúlik a Templom-hegy (2. és 9. ábra), azaz a folyó a széles völgy kialakításakor egyenesen nekifuthatott a Templom-hegy alaphegységi rögének. Maga a siklóbevágás és a tőle nyugat felé húzódo kavics-előfordulás ugyanakkor a Karasica mai völgyétől még nyugatabbra található (2. és 9. ábra), azaz kérdéses, hogy a Karasica elérhette-e ezt a helyet. A másik szóba jöhető vízfolyás a Villányi-pogányi-vízfolyás, amely nyugatról érkezik a Villányi-hegység északi lábát követve és a Templom-hegy után torkollik a Karasica-ba. Az első katonai felmérés térképén (<http://mapire.eu/hu>; TIMÁR et al. 2011) jól látszik, hogy a vasútépítés előtt közvetlenül a Templom-hegy alaphegységi kőzetei mellett folyt (9. ábra, B). Felté-



9. ábra. A) Főbb vízfolyások a Mecsektől délre eső területen; B) a Villány-pogányi-vízfolyás az I. katonai felmérés térképén (1763–1787) (<http://mapire.eu/hu>; TIMÁR et al. 2011)

Figure 9. A) Main watercourses south of Mecsek Mountains; B) the Villány-Pogány Stream in the map of the 1st Military Survey (1763–1787) (<http://mapire.eu/hu>; TIMÁR et al. 2011)

telezhetjük, hogy ez a negyedidőszak korábbi szakaszára is igaz lehetett, azaz valószínűleg ez a vízfolyás lehetett a kavicssterasz kialakítója. A Templom-hegytől nyugatra fekvő Somssich-hegy csúcsáról nyíló, megközelítőleg 900 ezer éves Somssich-hegy–2 lelőhelyen viszonylag sok vízhez kötött csiga és gerinces (kétéltűek, hüllők, kis-emplősök) maradványait találták meg (KROLOPP 2000, PAZONYI et al. 2013, SZENTESI 2016), ez arra utal, hogy a negyedidőszakban már régóta létezik nyugatról érkező, a hegység északi lábánál végigfutó vízfolyás. Ennek nem feltétlenül kellett egy tengerszint feletti magasságban lennie a lelőhellyel, ahogy egyes munkák feltételezték (KROLOPP 2000); a kétéltűek például több száz méterre eltávolodhatnak éves vándorlásukkor a szaporodási helyül szolgáló víztesttől (pl. KOVAR et al. 2009), és ez az eltávolodás magasságkülönbségben is jelentkezhet.

Akár a Villány-pogányi-vízfolyás, akár a Karasica rakta le a Templom-hegy alaphegységi képződményeire a kavicsot, feltételezhetjük, hogy a vízhálózat fő vonásaiban hasonló lehetett a maihoz, nem túl nagy vízgyűjtőjű, északias irányból érkező vizekkel.

### Tektonikai következtetések

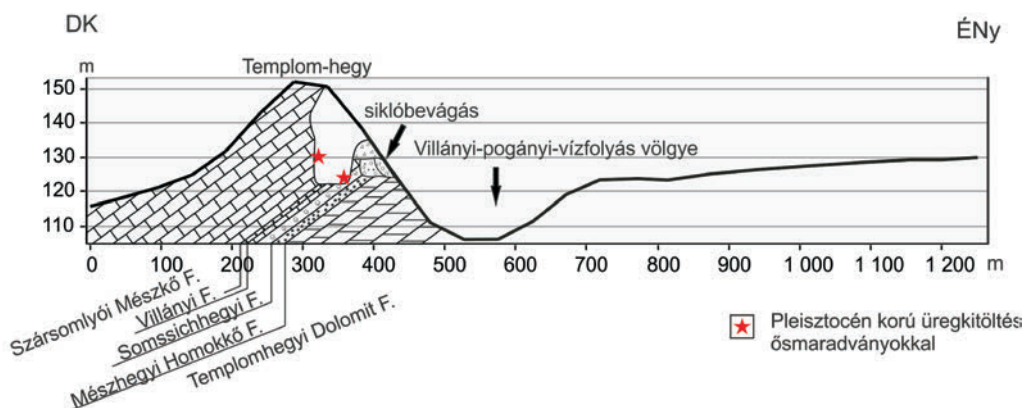
A mai völgytalpához képest magasabb helyzetben lévő kvarter folyóvízi üledék a hegység fiatal emelkedéséről szolgáltat információt. A korábbi kutatások teljes egyetértésben vannak a tekintetben, hogy a Villányi-hegység jelenleg emelkedő mozgást végez. Mikrotektonikai mérések és szeizmikus szelvények vizsgálata alapján CSONTOS et al. (2002) szerint a Villányi-hegység a késő-miocén óta ÉNy–DK-i kompresszió hatására egy jobbos eltolódási zónában emelkedik. Ez összhangban van BADA et al. (2007) azon eredményeivel, hogy a területen GPS-adatok és feszültségmérések alapján jelenleg eltolódásos-transzpressziós feszültségtér uralkodik. PETRIK (2009) a Villányi-hegység mezozoos képződményeinek mikrotektonikai vizsgálata során pliocén-kvarter ÉK–DNy-i transzpressziós feszültségtérrel azonosított. A Villányi-hegység HORVÁTH &

CLOETINGH (1996) szerint is emelkedik. Az idézett következtetéseket jórészt mezozoos képződményeken végzett mérések és felső-miocénél nem fiatalabb üledékeket leképező szeizmikus szelvények alapján vonták le. A vizsgált kvarter üledék segítségével ezt a képet pontosíthatjuk.

Az egykori völgytalpat jelző folyóvízi kavicsostestnek a mai vízfolyáshoz viszonyított magasságából és korából megbecsülhető az adott időszakra a terület átlagos emelkedési üteme. A kavicsostest homoklencséje a lumineszcens kormeghatározás szerint több mint 400 ezer éves. A feltárás a mai völgytalpnál körülbelül 20 méterrel magasabban található (10. ábra). Ebből kiszámítható, hogy az átlagos emelkedési ütem a negyedidőszak fiatalabb részében legfeljebb ~0,05 mm/év lehetett. Amennyiben a terasz kavics jelentősen idősebb 400 ezer évnél, ez a ráta akár jóval alacsonyabb is lehet. Ezek a számok a hegység viszonylag lassú kvarter emelkedésére mutatnak, hasonlóan a hosszabb távra, az utolsó 3 millió évre őslénytani alapon korolt lelőhelyek tengerszint feletti magassága alapján számolt, 0,016 mm/éves átlagos emelkedési ütemhez (SEBE et al. 2014).

### Következtetések

A vizsgált durvakavicsos üledék nem értelmezhető antropogén felhalmozódásként, lejtőtörmelékként és tavi vagy tengeri abrázációs kavicsként sem. A kőzetanyag alapján a kavicsok a közvetlen közelből származnak, a forrásközetek nagy része azonosítható a Villányi-hegység északi részén található, főleg alaphegységi, kis részben fiatalabb kőzettípusokkal (Templomhegyi Dolomit, Mészhegyi Homokkő, Somssichhegyi Mészke Formáció, üregkitöltő vörösiszap és kalcit). A rövid szállítási távolságot támasztja alá a kavicsok vegyes, gyenge-jó koptatottsága és a kavicsba települő homok nehézanyag-összetétele is; utóbbi leginkább a közvetlen fekvő felső-triász Mészhegyi Formációval és alsó-jura Somssichhegyi Formációval rokonítható. Az összlet, a környéken pleisztocén korú üregkitöltő kalcit



10. ábra. A Templom-hegy és a Villányi-pogányi-vízfolyás völgyének domborzati keresztmetszete. Az alaphegység felépítése VÖRÖS (2010) művéből átvéve. A szelvény lefutását l. a 2. ábrán

Figure 10. Cross-section of Templom Hill and valley of Villány-Pogány stream. Structure of basement from VÖRÖS (2010). For the location of the cross-section see Figure 2

és vörösgyag anyagú kavicsok alapján, pleisztocénnél nem idősebb; a homok lumineszcens módszerrel mért kora legalább 400 ezer év. A fentiek alapján a kavicsösszetlet egy, a késő-pleisztocénnél korábban már létező vízfolyás üledékeként, folyóvízi teraszként értelmezhetjük. Ez a folyóvíz a mai Villány-pogányi-vízfolyás őse lehetett, amely a hegység északi előterében, végig szorosan annak lábánál haladva érinti a meghatározott forrásközeteket.

A Villányi-hegység vizsgált területén a pleisztocén fejlődéstörténet a rendelkezésre álló információk alapján a következő lehetett: A Villányi-pogányi-vízfolyás a Templom-hegy északi oldalán, alaphegységi kőzeteken futott, azokat részben erodálta, részben pedig lerakta rájuk hordalékát, mielőtt a Karasica széles völgyébe futott volna. Ez a középső-pleisztocénben történhetett. A hegység lassú emelkedésével a vízfolyás bevágódott, a kavicsost szárazra került és erodálódott, kis, lapos völgy (vízmosás vagy inkább aszóvölgy, delle) vágódott bele. Ez később, a riss eljegesedés (azon belül a MIS 6 oxigénizotóp-stádium) során viszonylag rövid idő alatt kitöltődött lösszel és felületi lemosással szállítódó homok–kavics méretű törmelékekkel. A teljes összletet átjáró, a

hajszálgyökerek helyét jelző kalcithártyás mikropórusok alapján a hullóporos anyag diagenézise (a lösz képződése) lépést tudott tartani az üledékfelhalmozódással. Az anyagszállítás a mai völgy (a Villány-pogányi-vízfolyás völgye) felé történt. A terület emelkedési üteme a negyedidőszak második felében legfeljebb ~0,05 mm/év, de akár ennél jóval kisebb is lehetett.

### Köszönetnyilvánítás

A munkát támogatta az OTKA (PD 104937), valamint a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program című kiemelt projekt, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával. A feltárás letisztítását a Pécsi Tudományegyetem Földtudományok Doktori Iskolája finanszírozta. Hálásak vagyunk Vörös Attilának, aki korábbi fényképeit, megfigyeléseit és írásos anyagait rendelkezésünkre bocsájtotta. Köszönjük a lektorok, THAMÓNÉ BOZSÓ Edit és BRADÁK Balázs gondolatébresztő kritikáit.

### Irodalom — References

- ADAMIEC, G. & AITKEN, M. J. 1998: Dose-rate conversion factors: update. — *Ancient TL* **16/2**, 37–50.
- BADA, G., GRENERCZY, GY., TÓTH, L., HORVÁTH, F., STEIN, S., CLOETHING, S., WINDHOFFER, G., FODOR, L., PINTER, N. & FEJES, I. 2007: Motion of Adria and ongoing inversion of the Pannonian Basin: Seismicity, GPS velocities, and stress transfer. — In: STEIN, S. & MAZZOTTI, S. (eds): *Continental Intraplate Earthquakes: Science, Hazard, and Policy Issues. Geological Society of America Special Paper* **425**, 243–262. [http://dx.doi.org/10.1130/2007.2425\(16\)](http://dx.doi.org/10.1130/2007.2425(16))
- BANAK, A. 2012: *Rekonstrukcija klimatskih promjena u kasnom pleistocenu na temelju sedimentologije prapora te paleontološke i izotopne analize malakofaune (Baranja, istočna Hrvatska)*. (Reconstruction of Late Pleistocene climate change based on loess sedimentology, malacofaunal palaeontology and isotope analysis (Baranja, eastern Croatia).) — PhD Thesis, University of Zagreb, 155 p.
- CSONTOS, L., MÁRTON, E., WÓRUM, G. & BENKOVICS, L. 2002: Geodynamics of SW-Pannonian inselbergs (Mecsek and Villany Mts, SW Hungary): Inferences from a complex structural analysis. — *EGU Stephan Mueller Special Publication Series* **3**, 227–245. <http://dx.doi.org/10.5194/smssps-3-227-2002>
- CHIKÁN G., MARSÍ I. & BUDAI T. 2005: *Magyarország földtani térképe, Siklós (L-34-73) 1:100 000 térképlap*. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- HERMANN M. 1957: A Mecsek hegység és pereme pannóniai homokjainak mikromineralógiai vizsgálata. — *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici* **8**, 23–29.
- HORVÁTH, F. & CLOETHING, S. 1996: Stress-induced late-stage subsidence anomalies in the Pannonian basin. — *Tectonophysics* **266**, 287–300. [http://dx.doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00194-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00194-1)
- HUNTLEY, D. J. & BARIL, M. R. 1997: The K content of the K-feldspars being measured in optical dating or in thermoluminescence dating. — *Ancient TL* **15/1**, 11–13.
- KLEB B. 1968: A Mecsek-hegység déli előtere pannóniai képződményeinek üledékföldtani vizsgálata. — *Földtani Közlemények* **98/3–4**, 335–359.
- KORMOS T. 1917: A Villányi hegység preglaciális képződményei és faunájuk. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1916-ról*, 99–415.
- KOVAR, R., BRABEC, M., VITA, R. & BOCEK, R. 2009: Spring migration distances of some Central European amphibian species. — *Amphibia-Reptilia* **30**, 367–378. <http://dx.doi.org/10.1163/156853809788795236>
- KROLOPP E. 2000: Alsó-pleisztocén Mollusca-fauna a Villányi-hegységből. — *Malakológiai Tájékoztató* **18**, 51–58.
- LÓCZY L. ifj. 1912: A Villányi és Báni hegység geológiai viszonyai. — *Földtani Közlemények* **42**, 672–695.
- LÓCZY L. ifj. 1945: Igazgatói jelentés a Magyar Királyi Földtani Intézet 1943. évi működéséről. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1943/I*, 1–45.
- LOVÁSZ GY. & WEIN GY. 1974: Délkelet-Dunántúl geológiája és felszínfejlődése. — *Baranya monográfia sorozat, Baranya Megyei Tanács, Baranya Megyei Levéltár kiadványa* 215 p.
- MURRAY, A. S. & WINTLE, A. G. 2000: Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. — *Radiation Measurements* **32**, 57–73. [http://dx.doi.org/10.1016/S1350-4487\(99\)00253-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1350-4487(99)00253-X)

- MURRAY, A. S., SCHMIDT, E. D., STEVENS, T., BUYLAERT, J.-P., MARKOVIĆ, S. B., TSUKAMOTO, S. & FRECHEN, M. 2014: Dating Middle Pleistocene loess from Stari Slankamen (Vojvodina, Serbia) — Limitations imposed by the saturation behaviour of an elevated temperature IRSL signal. — *Catena* **117**, 34–42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2013.06.029>
- NAGY E. & NAGY I. 1976: A Villányi-hegység triász képződményei. — *Geologica Hungarica series Geologica* **17**, 111–228.
- NOVOTHNY Á. & ÚJHÁZY K. 2000: A termo- és optikai lumineszcens kormeghatározás elméleti alapjai és gyakorlati kérdései a negyedidőszaki kutatásokban. — *Földrajzi Értesítő* **49/3–4**, 165–187.
- ŐSI, A., POZSGAI, E., BOTFALVAI, G., GÖTZ, A. E., PRONDAI, E., MAKÁDI, L., HAJDU, ZS., CSENGŐDI, D., CZIRJÁK, G., SEBE, K. & SZENTESI, Z. 2013: First report of Triassic vertebrate assemblages from the Villány Hills (Southern Hungary). — *Central European Geology* **56/4**, 297–335. <http://dx.doi.org/10.1556/ceugeol.56.2013.4.2>
- PAZONYI P. 2009: A Kárpát-medence felső-pliocén és kvarter emlősfajta közösségeinek paleoökológiai vizsgálata. — *Földtani Közlemények* **139/3**, 283–304.
- PAZONYI P., MÉSZÁROS L., SZENTESI Z., GASPARIK M. & VIRÁG A. 2013: A Somssich-hegy 2-es lelőhely gerinces faunájának új kutatási eredményei. — In: BOSNAKOFF M., DULAI A., VÖRÖS A. & PÁLFY J. (szerk.): *16. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Orfű. Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető*. Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 30–31.
- PETRIK A. 2009: A villányi-hegységi mezozoos képződmények mikrotektonikai méréseinek értelmezése. — *Földtani Közlemények* **139/3**, 217–236.
- PIKIJA, M., ŠIKIĆ, K., SARKOTIĆ-ŠLAT, M. & MAGAŠ, N. 1995: Geologija hrvatskog dijela Baranje [Baranya horvátországi részének földtana]. — *Proceedings of the First Croatian Geological Congress, Opatija, 18–21/10/1995, Zagreb*, 447–451.
- POZSGAI, E., JÓZSA, S., DUNKL, I., SEBE, K., THAMÓ-BOZSÓ, E., SAJÓ, I., DEZSŐ, J. & VON EYNATTEN, H. (in press): Provenance of the Upper Triassic siliciclastics of the Mecsek Mountains and Villány Hills (Pannonian Basin, Hungary): constraints to the Early Mesozoic paleogeography of the Tisza Megaunit. — *International Journal of Earth Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1007/s00531-016-1406-0>
- PRESCOTT, J. R. & HUTTON, J. T. 1994: Cosmic ray contribution to dose rates for luminescence and ESR dating: large depth and long-term time variations. — *Radiation Measurements* **23**, 497–500. [http://dx.doi.org/10.1016/1350-4487\(94\)90086-8](http://dx.doi.org/10.1016/1350-4487(94)90086-8)
- RAKUSZ GY. & STRAUZ L. 1953: A Villányi-hegység földtana. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **41/2**, 3–27.
- RÁLISCHNÉ FELGENHAUER, E. 1985: Villányi-hegység, Villány, Templomhegyi siklóbevágás. — *Magyarország geológiai alapszervevényei*. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 6 p.
- ROBERTS, H. 2007: Assessing the effectiveness of the double-SAR protocol in isolating a luminescence signal dominated by quartz. — *Radiation Measurements* **42**, 1627–1636. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2007.09.010>
- SCHMIDT, E. D., MACHALETT, B., MARKOVIĆ, S. B., TSUKAMOTO, S. & FRECHEN, M. 2010: Luminescence chronology of the upper part of the Stari Slankamen loess sequence (Vojvodina, Serbia). — *Quaternary Geochronology* **5**, 137–142. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quageo.2009.09.006>
- SEBE, K., PAZONYI, P., GASPARIK, M. & SZUJÓ, G. L. 2014: A Villányi-hegység emelkedéstörténete őslénytani adatok alapján. — *17. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Győr. Program, előadáskivonatok, kirándulásvezető*. Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, 31–32.
- SZABÓ P. 1957: *A klasszikus villányi szelvény üledékföldtani újvizsgálata*. — *Szakkoloztat*, ELTE, Budapest.
- SZENTESI, Z. 2016: Urodeles from the Lower Pleistocene Somssich Hill 2 palaeovertebrate locality (Villány Hills, Hungary). — *Földtani Közlemények* **146/1**, 37–46.
- THIEL, C., BUYLAERT, J. P., MURRAY, A., TERHORST, B., HOFER, I., TSUKAMOTO, S. & FRECHEN, M. 2011: Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria). — Testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol — *Quaternary International* **234**, 23–31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2010.05.018>
- THOMASEN, K. J., MURRAY, A. S., JAIN, M. & BØTTER-JENSEN, L. 2008: Laboratory fading rates of various luminescence signals from feldspar-rich sediment extracts. — *Radiation Measurements* **43**, 1474–1486. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2008.06.002>
- TIMÁR, G., BISZAK, S., SZÉKELY, B. & MOLNÁR, G. 2011: Digitized Maps of the Habsburg Military Surveys: Overview of the Project of ARCANUM Ltd. (Hungary). — In: JOBST, M. (ed.): *Preservation in digital cartography. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer, Berlin-Heidelberg*, 273–283. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-12733-5\\_14](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-12733-5_14)
- ÚJVÁRI, G., MOLNÁR, M., NOVOTHNY, Á., PÁLL-GERGELY, B., KOVÁCS, J. & VÁRHEGYI, A. 2014: AMS 14C and OSL/IRSL dating of the Dunaszekeső loess sequence (Hungary): chronology for 20 to 150 ka and implications for establishing reliable age-depth models for the last 40 ka. — *Quaternary Science Reviews* **106**, 140–154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.06.009>
- VADÁSZ E. 1960: *Magyarország földtana*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 646 p.
- VÖRÖS A. 1990: Villányi-hegység, Villány, Templom-hegy, felső kőfejtő. — *Magyarország geológiai alapszervevényei*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 6 p.
- VÖRÖS A. 2010: A villányi mezozoos rétegsor: visszatekintés új nézőpontból. — *Földtani Közlemények* **140/1**, 3–30.
- WINTLE, A. G. & MURRAY, A. S. 2006: A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. — *Radiation Measurements* **41/4**, 369–391. <http://dx.doi.org/10.1016/j.radmeas.2005.11.001>

Kézirat beérkezett: 2016. 06. 07.