

## Jégszállította dumortierites gneisz, klinohumitos márvány és szkapolitos amfibolit a Duna pleisztocén kavicsanyagában

SPRÁNITZ Tamás<sup>1</sup>, VÁCZI Benjámin<sup>1</sup>, LANGE THOMAS Pieter<sup>1</sup>, JÓZSA Sándor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Kőzettan-Geokémiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C  
spratom.elte@gmail.com, vbeni9305@gmail.com, lange606@hotmail.com, sandor.jozsa@geology.elte.hu

---

*Dumortierite-bearing gneiss, clinohumite-bearing marble and scapolite-bearing amphibolite, transported by ice floes in the Pleistocene alluvium of the Danube, Hungary*

### Abstract

In the Pleistocene alluvium of the Danube, near the surface of the whole section along the river above Dunaujváros, some big (even more than 1 m in diameter) blocks were detected during fieldwork carried out in the area. These blocks are of wide-ranging composition and shape, and are embedded irregularly in the varied compositional gravels. The main occurrences of this assemblage can be found in the Little Hungarian Plain and the South Pest Plain, with the best known localities being the gravel pits around Dunavarsány and Délegyháza. The origin of the blocks has been the subject of investigations for a long time, but up to now no accurate source has been identified. Consequently, the means of their transportation remains a matter of debate. In an attempt to finally solve the question of the origin of the blocks, a petrographic study was made of different exotic metamorphic rocks, each of which contains a rare, unique mineral. These rocks were found in the gravel pit of the company Aqua Ltd. (Dunavarsány) and demonstrate a composition of dumortierite-bearing gneiss, clinohumite-bearing marble and scapolite-bearing amphibolite. The diagnostic dumortierite-bearing cordierite-tourmaline-andalusite-sillimanite-garnet gneiss, the clinohumite-bearing olivine-spinell-apatite-tremolite-chlorite-phlogopite dolomitic marble, and the scapolite-bearing prehnite-actinolite-diopside amphibolite are present in outcrops in the Austrian part of the Bohemian Massif. These localities are on the steep banks of the Danube and are close to each other. According to field observations, comparative polarising and scanning electron microscopic analyses, Raman-spectroscopy and literary analogies, the place of origin of the blocks can be clearly located. Furthermore, given the composition, the size and the shape of the blocks, a "river ice" mechanism during the Pleistocene is the most likely factor in the process of the transportation of the blocks.

*Keywords: Dunavarsány, Pleistocene, dumortierite, clinohumite, scapolite, petrography, ice rafting, potamopagetolite*

---

### Összefoglalás

A Duna Dunaujváros fölötti teljes szakaszán a felszín közelében megjelenő pleisztocén hordalékában a változatos összetételű kavicsanyagba ágyazottan, szabálytalan elrendezésben, kis mennyiségben, akár több mint 1 méteres átmérőjű, változatos összetételű, különböző mértékben koptatott kőzettömböket is lehet találni. Legfőbb előfordulásaik a Kisalföld és a Dél-pesti-síkság, legismertebb lelőhelyei a Dunavarsány–Délegyháza környéki kavicsbányák. Eredetüket régóta kutatják, de forrásuk pontos helyének meghatározása eddig még nem történt meg, így szállítódásuk módja máig is vitatott. A kérdés megoldását a tömbök között talált ritka ásványtartalmú egzotikus metamorf kőzetek petrográfiai vizsgálata tette lehetővé. A Dunavarsányi Aqua kft. kavicsbányájában talált diagnosztikus, dumortieritet tartalmazó cordierit-turmalin-sillimanit gneisz, a klinohumitot tartalmazó olivin-spinell-apatit-tremolit-klorit-flogopit dolomárvány és a szkapolitot tartalmazó prehnit-aktinolit-diopszid amfibolit szálfeltárásai a Cseh-masszívum ausztriai részén, egymáshoz közeli, meredek Duna-parti lelőhelyeken megtalálhatók. A terepi megfigyelések, az összehasonlító polarizációs és pásztázó elektronmikroszkópos elemzés, a fázisanalízist segítő Raman-spektroszkópia, valamint az irodalmi analógiák alapján a jellegzetes ásványokkal bíró kőzettömbök forrásterülete jól behatárolható. A tömbök összetétele, mérete és alakja alapján a szállítást leginkább meghatározó tényező a pleisztocén folyóvízi jég lehetett.

*Kulcsszavak: Dunavarsány, pleisztocén, dumortierit, klinohumit, szkapolit, petrográfia, folyóvízi jég, potamopagetolit*

## Bevezetés

A Pannon-medencét átszelő Duna a pleisztocénben széles sávban és helyenként akár 100 métert is meghaladó vastagságban rakta le hordalékát a pannóniai üledékekre Dévénytől Budapesten át egészen a Vaskapuig (PÉCSI 1959, JASKÓ & KORDOS 1990, GÁBRIS & NÁDOR 2007). Ezt a durvatörmelékben gazdag összletet két fő területen, a Kisalföldön és a Dél-pesti-síkságon számos kavicsbánya tárja fel. Régóta ismert, hogy az itt található, jól koptatott, változatos kőzetösszetételű kavicsba ágyazottan kis mennyiségben elszórtan, általában kevésbé koptatott hömpölyök és kőtömbök jelennek meg (JÁMBOR 2010). Méretük akár az egy métert is meghaladhatja.

A változatos kőzetanyag megismerése és oktatásban való felhasználása céljából az ELTE Kőzettan–Geokémiai Tanszékén régóta zajlanak hallgatói terepgyakorlatok és petrográfiai kutatások. Ezek során, kőzettani kutatásunk indítékaként, bennünk is megfogalmazódott az a kérdés: Hogyan kerülhettek ide, erre a bizonyára a pleisztocénben is nagy kiterjedésű sík területre ekkora szögletes egzotikus kőzettömbök? A kérdésre korábban többféle megoldási javaslat is született: Dunán fenékjéggel, folyóárral vagy úszójéggel, Felvidékről jég- vagy folyóárral, vagy úszó jégtáblákkal, illetve helyben kiálló sziklatornyok lepusztulásával (SZABÓ 1872, 1888; LŐRENTHEY 1906; HORUSITZKY 1917; SCHAFARZIK 1918; KRIVÁN 1973; ZSEMLE et al. 2001; KÁZMÉR 2007 stb.). Bizonyíték híján azonban a kérdés eldöntetlen maradt. A lehetséges szállítási mechanizmus feltáráshoz az elsődleges cél az egzotikus kőzettömbök forrásának pontos meghatározása.

Anyaguk alapján a kőzetek egy részét (pl. andezit, mészkő) egyértelműen a jól ismert közeli területekről (pl. Visegrádi-hegység, Börzsöny, Budai-hg.) lehetett származtatni (PÉCSI 1959, BODA 1982, MÁTÉ 2005, MOGYORÓSI 2013 stb.). Az olyan egzotikus kőzetfajtákat azonban, mint például a granulit, gneisz, gránit, szferolitos riolit vagy amfibolit, az eddigi munkák csak nagy vonalakban vázolt lelőhelyekhez kapcsolták (Alpok, Cseh-masszívum, Felvidék egyes tájegységei), pontos forrásukat összehasonlító vizsgálattal nem azonosították (HORUSITZKY 1917, SCHAFARZIK 1918, BÓDI 1938, LEMBERKOVICS 1998, ZSEMLE et al. 2001, VARGA 2010, VÍGH 2010, BENEI-TÓTH 2010, CSÖLLEY 2014 stb.).

Az egzotikus kőzettömbök származási helyének pontos meghatározása érdekében olyan kőzettömböket kerestünk, amelyek eredeti lelőhelye ritka és kis kiterjedésű. Vizsgálatainkhoz elsősorban az Aqua Kft. dunavarsányi kavicsbányájából több mint egy évtizeden át gyűjtött, az ELTE Kőzettan–Geokémiai Tanszékének gyűjteményét képező kőzettömböket, valamint saját, frissen gyűjtött kőzetanyagot használtunk.

A polarizációs mikroszkópi vizsgálatok során több esetben előkerült egy-egy olyan egzotikus, a Kárpát-medencén belül nem ismert, de nem ritka kőzetpéldány is, amely különleges, ritka ásványt tartalmazott. Ezek közül jelen munkában hármat mutatunk be: a klinohumitos márványt, a

dumortierites gneizset és a szkapolitos amfibolitot. Ezután már csak a hasonló összetételű kőzetek előfordulásait kellett a lehetséges forrásterületeken felkutatnunk, a helyszíneket felkeresnünk, a kőzeteket megmintáznunk és a petrográfiai, petrológiai összehasonlítást, azonosítást elvégeznünk. A lehetséges szállítási mód meghatározásával csak ezután foglalkoztunk.

Célunk tehát a dunavarsányi egzotikus kőzettömbök forrásrégiójának pontos azonosítása és szállítási módjukra való következtetés mellett annak bemutatása, hogyan lehet egyszerű petrográfiai eszközökkel földtani, őskörnyezeti, paleoklimatológiai kérdések megoldását segíteni.

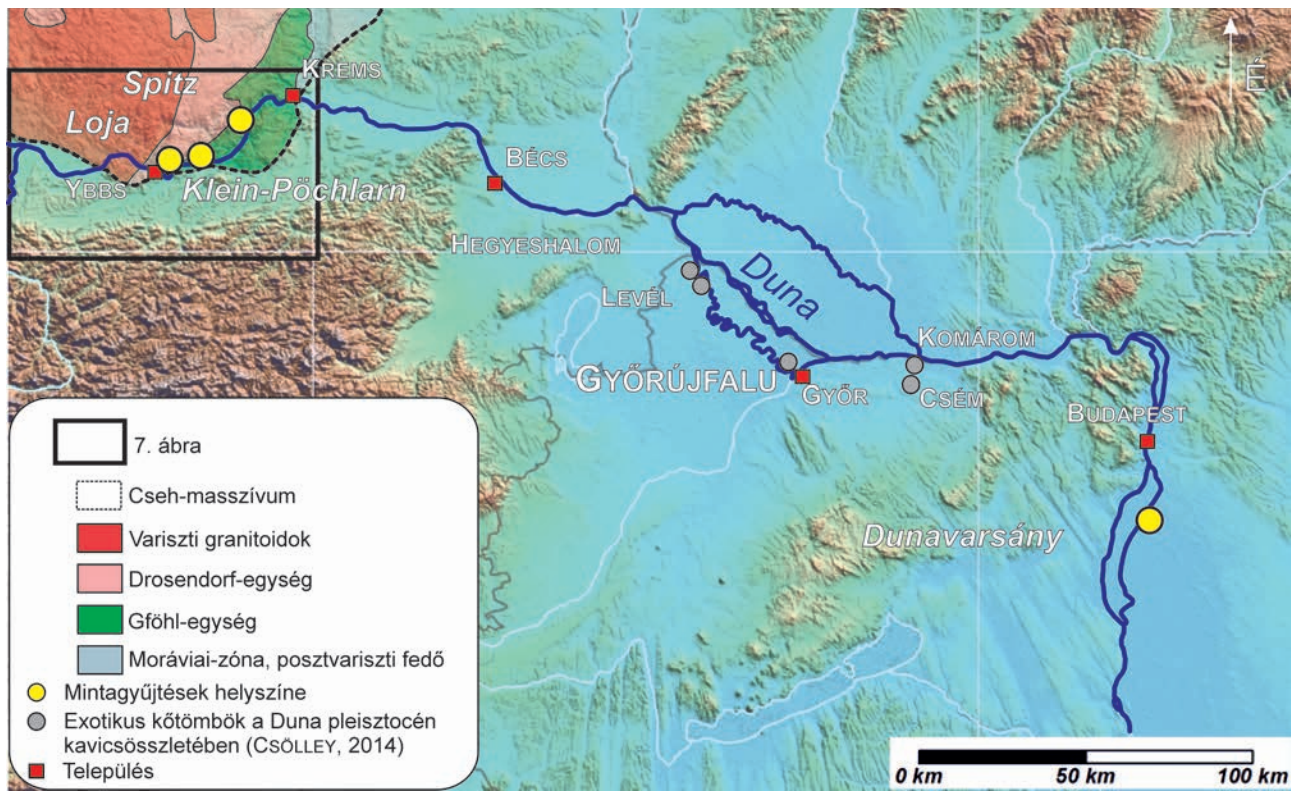
## Földtani háttér

### Dél-pesti-síkság

A pleisztocén Duna hordaléka a Dél-pesti-síkságon (Pestvidéki Kavics Formáció) nagyobb részben kavicsból és kavicsos homokból, kisebb részben homokból, kőzetlisztből és agyagból áll (JASKÓ & KORDOS 1990; BURJÁN 2002, 2003). A két felső tagozat kavicsrétegeibe ágyazódva jelennek meg a legfeljebb néhány tömeg %-ot kitevő, vizsgálataink tárgyát képező kőzettömbök, vagy hömpölyök (JÁMBOR 2010). A formáció átlagos összvastagsága kb. 90 méter, fektüje pannóniai, tavi, folyóvízi és mocsári finomszemcsés törmelékes és agyagos üledék, fedője eolikus futóhomok, lösz és löszös homok (HAHN 1975, RÓNAI 1985). JASKÓ & KORDOS (1990) a Pestvidéki Kavics Formációt három tagozatra osztották. Az alsó két tagozatot (Gödöllői és Pestlőrinci Tagozat) gerinces maradványok alapján kora-középső-pleiocén korúnak határozták meg, közöttük rétegtani hiányt nem tudtak kimutatni. A felső, Csepeli Tagozat szerintük legalább 3 millió éves üledékhiánnyal a késő-pleisztocén elején ülepedett rájuk. Ezt a tagozatot tárják fel a Dél-pesti-síkságon telepített kavicsbányák, így Dunavarsányban az Aqua Kft. jelenleg nem működő kavicsbányája is, ahonnan a mintáink zöme származik (1. ábra).

A Csepeli Tagozat a Duna mentén egy É–D-i irányban kiterjedt, dél felé fokozatosan szélesedő sávban nyomozható a felszín közelében. Ennek a sávnak a szélessége Budapestenél 8–10 km, Adony vonalában pedig már több mint 35 km (JASKÓ & KORDOS 1990). Elterjedésének Ny-i határa hozzávetőlegesen a Duna mai medrénél húzódik, K-i határa egy közel ÉÉNy–DDK-i irányban húzódó, Üllőtől kissé nyugatra eső, Dabason áthaladó vonalig követhető. Vastagsága 5 és 20 méter között változik, átlagban 10–15 méter (1. táblázat)

A Csepeli Tagozat hordalékanyagának változatos összetétele régóta ismert (SZABÓ 1879, HALAVÁTS 1895, LŐRENTHEY 1906, SCHAFARZIK 1914, HORUSITZKY 1917, BÓDI 1938 stb.), de részletes mennyiségi elemzés külön a koptatottabb kavicsokról (MICSINAI & MOLNÁR 2010) és a kavicsba ágyazottan előforduló, 20 cm fölötti átmérőjű szögletesebb kőzettömbökről (BORS & VÖRÖS 2008, 2. ábra) csak a legutóbbi időben készült.



**1. ábra.** A minták lelőhelyeül szolgáló terület (Dunavarsány) földrajzi elhelyezkedése, valamint a vizsgált dunavarsányi kőzetek azonosított forrásterületének (Cseh-masszívum) vonatkozó földtani egységei: a Gföhl- és Drosendorf-egységek. A referenciaként szolgáló CSÖLLEY (2014)-féle mintagyűjtési pontok a Kisalföld Duna menti kavicsbányáit jelölik (részletekért l. szöveg). (HORVÁTH et al. 2006, illetve a Cseh-masszívum, és földtani egységeinek határai COOKE & O'BRIAN 2001 alapján)

**Figure 1.** The location of the sampling area: Dunavarsány, Hungary. The Gföhl and the Drosendorf Unit, and their representative outcrops in the identified source region (Bohemian Massif). Grey dots show the sampling areas of CSÖLLEY (2014) as a reference for gravel pits in the Small Hungarian Plain by the Danube (for details see text). (after HORVÁTH et al. (2006), and COOKE & O'BRIAN (2001) -extension and units of the Bohemian Massif)

**I. táblázat.** A Pestvidéki Kavics Formáció kőzettani összetétele (JASKÓ & KORDOS 1990)

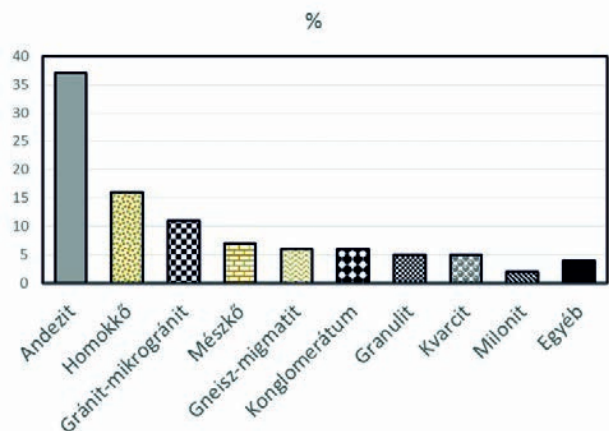
**Table 1.** The petrographic composition of the Pestvidék Gravel Formation (JASKÓ & KORDOS 1990)

Tagozat	Átlag vastagság (m)	Agyag-aleurit (%)	Homok (%)	Kavics, homokos kavics (%)	Görgeteg (%)
Csepeli	13	13	28	55	4
Pestlőrinci	21	10	23	64	3
Gödöllői	50	24	23	53	–

*Cseh-masszívum*

A Duna pleisztocén hordalékában előforduló nagyméretű egzotikus kőzettömbök által képviselt kőzettípusok (granulit, gránit, amfibolit, gneisz, márvány stb.) együtt, nagy tömegben legközelebb a Cseh-masszívum déli részét alkotó úgynevezett Moldanubiai-zónában fordulnak elő felszínen (FRANKE 1989). Ennek az uralkodóan nagyfokú metamorfózison, továbbá részleges olvadáson is átesett kőzeteket tartalmazó területnek a déli szegmense átnyúlik Ausztriába, ahol ezt az övet a Duna közel 100 km hosszan vágja keresztül. A Moldanubiai-zóna felső szerkezeti egysége a Gföhl-egység, alatta a két kőzetsorozatból (Bunten [= tarka] és Monotone [= egyveretű]) álló Drosendorf-egység húzódik (1. ábra).

A Gföhl-egység túlnyomóan nagy nyomáson és hőmérsékleten (HP–HT) képződött főleg leukokrata granulitokból és felzikus polideformált gránit gneiszekből áll, de kisebb mennyiségben amfibolitok, paragneiszek, peridotitok és



**2. ábra.** A Dunavarsányi Aqua Kft. kavicsbányájában előforduló legfontosabb hőmpölyök kőzetösszetétele 126 darab kőzetpéldány meghatározása alapján (BORS & VÖRÖS 2008 után módosítva). Egyéb (1% alatt): amfibolit, csillámpala, metakonglomerátum, metavulkanit, márvány stb.

**Figure 2.** Petrographic composition of the main cobbles in the gravel pit of Aqua Ltd., Dunavarsány based on 126 samples (after BORS & VÖRÖS 2008). Other (final column - below 1%): amphibolite, micaschist, metaconglomerate, metavulcanite, marble etc.



eklogitok is előfordulnak benne (COOKE & O'BRIAN 2001). A Drosendorf-egységet (RACEK et al. 2006, ZAYDAN & SCHARBERT 1983) kis–közepes nyomású metamorf kőzetegyüttes jellemzi (COOKE & O'BRIAN 2001). Uralkodóan különböző gneiszféleségek (paragneisz, cordierit gneisz) alkotják, de ezek mellett található még amfibolit, csillámpala, és márvány is. Hozzájuk olyan különféle wollastonit-, gránát- és diopszidtartalmú mészsilikát kőzetek társulnak, amelyek márgás összetételű üledékek regionális metamorfózisával alakultak ki.

### Vizsgálati módszerek

A Dunavarsány határában működött Aqua Kft. kavicsbányája (GPS koordináták: 47.275041, 19.052232) — ahonnan a három vizsgált kőzetfajta származik (II. táblázat) — a Duna pleisztocén hordalékának Csepeli Tagozatát tárja fel. A kavicsbányákban a kavicsos hordalékot víz alatti kotrással emelték felszínre és depózták, majd rostálták, szitálták. A nagyobb méretű kőzettömböket a szitarendszer beöntő tölcserénél külön válogatták, a többi méretfrakciót pedig rostálás, szitálás után külön kupacokba rendezték, tehát a kőzettömbökből innen nyílt lehetőségünk mintát venni (3. ábra).

**II. táblázat.** A vizsgált dunavarsányi kőzetek paraméterei (és az elvégzett vizsgálatok). Az esetünkben alkalmazott terepi koptatottsági skála 5 fokozatú. Az 1-es szám jelöli az éles, durva felszínű, nem gömbölyített kőzetpéldányt, a 2-es a gyengén, a 3-as a közepesen, a 4-es a jól koptatott, míg az 5-ös a teljesen koptatott, sík felszínnel nem rendelkező kavicsot jellemzi.)

**Table II.** Parameters (and applied methods) of the studied rock samples from Dunavarsány. (The applied 5 graded scale for the roundness is based on field observations. 1 means totally sharp, 2 means slightly rounded, abraded, 3 means moderately, 4 means well-abraded, 5 means completely rounded.)

Mintaszám	Kőzettípus	Méret	Koptatottság	Csiszolatok	SEM-EDX	Raman
DVT-939	dumortierites gneisz	30×20×10 cm	4	5	x	x
DVT-853	dumortierites gneisz	50×30×20 cm	2	7	x	x
DVTM	klinohumitos márvány	átmérő: 80 cm	3	5	x	x
DVT-98	szkapolitos amfibolit	átmérő: ~30 cm	1	4	x	x
DVT-705	szkapolitos amfibolit	30×30×5 cm	2	2	x	
DVT-914	szkapolitos amfibolit	30×30×20 cm	1,5	2	x	
DVT-952	szkapolitos amfibolit	40×20×10 cm	1	2	x	
DVT-945	szkapolitos amfibolit	átmérő: ~30 cm	2	2		



**3. ábra.** A mintagyűjtés helyszíne: dunavarsányi Aqua Kft. kavicsbányájának egykori depója, a rostáról félredobált kőzettömbökkel

**Figure 3.** The sampling area: the former depot of the gravel pit of Aqua Ltd., Dunavarsány with big blocks discarded from the sieve

Az összehasonlító mintákat a különleges összetételű kőzetek lehetséges forrásterületeiről gyűjtöttük be, amelyeket az adott kőzetek szakirodalmi Duna menti előfordulási helyei alapján jelöltünk ki. Ilyen lelőhelyek együttes, egymáshoz közeli megjelenése csak a Cseh-masszívum legdélebbi sarkánál, a Duna Ybbs és Krems közötti szakaszán ismert. Mintáink három itteni lelőhelyről származnak. A gneiszeket a Klein-Pöchlarn–Ebersdorfi kőbányában, a márványokat a Loja melletti kőfejtőben, az amfibolitokat egy Spitz melletti feltárásban gyűjtöttük (1. ábra).

A vizsgálatok tárgyát képező kőzetmintákból a Kőzetan–Geokémiai Tanszék mikrotechnikai laboratóriumában petrográfiai vékonycsiszolatokat készítettünk. A 30 µm vastagságú fedett és polírozott vékonycsiszolatokat Nikon OptiPhot2-pol polarizációs mikroszkóppal vizsgáltuk, a vékonycsiszolati fényképek Nikon CoolPix DS-Fi1 típusú kamerarendszerrel készültek. A pásztázó elektronmikroszkópos analízist az ELTE Kőzetan–Geokémiai Tanszékén végeztük el. A használt műszer egy AMRAY 1830 típusú volfrámkatódos, EDAX PV9800 típusú energiadisziperzív spektrométerrel felszerelt elektronmikroszkóp. A vizsgálatok során alkalmazott gyorsítófeszültség 20 keV, a sugáráram 1 nA, a sugárátmérő megegyezik a fókuszált elektron-sugár átmérőjével (~50 nm), a munkatávolság 24 mm. Az

ásványkémiai elemzések kiértékelése nemzetközi sztenderdek és ZAF korrekció segítségével történt. A Raman-spektroszkópiás mérések az ELTE TTK FFI laboratóriumában egy HORIBA JobinYvon LabRAM HR típusú műszerrel készültek. A méréseket 532 nm lézergenerátorral végeztük, 600 vonal/mm-es optikai rács, 50 µm-es konfokális apertúra beállításokkal, 100×/NA0,9-es objektívvel.

### Anyagvizsgálati eredmények

A három különböző, ritka ásványt tartalmazó kőzetet (dumortierites gneisz, klinohumitos márvány és szkapolitos amfibolit) külön alfejezetenként tárgyaljuk. A Délpesti-síkság hordalékában talált példányokat a lehetséges forrásterületeken, a Duna felső szakaszán gyűjtött hasonló példányok összehasonlító leírása követi.

*Dumortierites gneisz*

## Dunavarsány

A két, dumortieritet tartalmazó dunavarsányi gneisz mindegyike 20 cm-nél nagyobb méretű, egyikük jól koptatott hömpöly, másikuk gyengén koptatott tömb (*II. táblázat*). Bár a két gneisz szöveti jellegét tekintve nem teljes mértékben azonos, ásványos összetételük nem mutat nagy eltérést.

A kőzetek makroszkópos szöveti jellege már kézipéldány léptékben is mutat változékonyságot (*4. ábra, a*). A gneiszek sötétebb, biotitban gazdag finomabb szemcsés részére jellemző az erős irányítottság, itt a biotiton kívül az egyes ásványszemcsék mm-nél kisebb méretűek, szabad szemmel nem ismerhetők fel. A kőzet durvább szemcsés (pegmatitos) részeire a világos, fehérsárga szín jellemző, orientáltság általában nem, vagy csak alig figyelhető meg. A szürke színű kvarc, a fehér–sárgásfehér becsillanó lapokkal rendelkező, ikresedett földpátok, a fekete pikkelyes biotit mellett halványkék–szürke tűk formájában dumortierit szemcsék (*4. ábra, b*) és fekete, tűs-oszlopos turmalin, esetenként bronzszínű cordierit és gránát figyelhető meg. Az ásványok mérete ebben a zónában gyakran meghaladja milliméteres, néha centiméteres léptéket.

A polarizációs mikroszkópi elemzés alapján a gneiszek szövete uralkodóan granoblasztos, de egyes részein inkább lepidó-, vagy fibroblasztos, gyengén irányított. Gyakran megfigyelhetők granofiros, írásgránitos, valamint mirmekites szerkezetek. A kőzet uralkodó (80–90%) ásványai az azonos mennyiségi arányban megjelenő izometrikus, alszemcsés, hullámos kioltású kvarc, a káliföldpát (gyakran pertites ortoklász és mikroklin) és a savanyú plagioklász. Méretük 0,1 és 2 mm között változik, a kvarcok a kisebb mérettartományban (kb. 250 µm) jelennek meg. A földpátok gyakran szericitesek. A biotit mérete a földpátokéval megegyezik, mennyisége átlagosan 5–7%, egyes helyeken azonban rendkívül alárendelt (<1%). Gyakran kloritosodók és vannak szemcséi, amelyek sillimanittal, muszkovittal és/vagy dumortierittel alkotnak szövédéket. A sillimanit általában vékony, hosszan elnyúló, hajladozó szálakból álló kévéket alkot, melyek néha muszkovitcsomóban végződnek. A muszkovit legtöbbször önállóan a szemcsék között, vagy a földpátok repedéseit kitöltve jelentkezik kévékbe, kötegekbe rendeződve.

A dumortierit legfeljebb 1 mm-es, zömök, vagy nyúlt, oszlopos, tűs, töredezett hipidioblasztos szemcséket alkot, melyek mindegyikén jól megfigyelhető a jellegzetes világoskék–ibolya–rózsaszínű erős pleokroizmus (*4. ábra, c, d*). Törésmutatója megközelíti az 1,7-et, interferenciaszíne rendellenes barna vagy ibolya („metálkék”). Főzónajellege negatív, kioltása egyenes. Gyakran finomszemcsés muszkovit (szericit) szegélyezi. A dumortierit megjelenhet plagioklászok között, muszkovitcsomók vagy turmalin társaságában, de néha cordierit mellett/mentén jelentkezik, annak átalakulási termékeivel együtt (klorit, muszkovit, pinit). A gránát, cirkon, apatit, rutil és andaluzit ritkán, csupán néhány szemcse formájában van jelen a kőzetekben.

A dumortierit polarizációs mikroszkópi meghatározását Raman-spektroszkópiával és SEM-EDS elemzéssel is megerősítettük. A SEM-EDS analízis alapján a különböző kőzetek dumortierit szemcséi esetén, illetve egyazon szemcsén belül is néhány százaléknyi eltérést mutat a Ti- és Mg-tartalom (*4. ábra, f*).

## Klein-Pöchlarn–Ebersdorf

Az ausztriai Duna menti Klein-Pöchlarn melletti kőbánya remek feltárást biztosít a Gföhl gneisz–granulit komplexumra (1 később a 7. ábrán). Az itt feltárolt ortogneisz (Gföhl-egység gneisze) kis léptékben is (néhány méter) szöveti képét, és az ásványos összetevők arányát tekintve is változékonnyá. A bányafalon több helyen tanulmányozhatók a gneiszben a néhány centiméter, esetleg deciméter vastagságú pegmatitos erek (JOBSTMANN 1912, FUCHS et al. 2005). A metamorf pegmatitok a felső amfibolit–granulit fáciesű nagy hőmérsékletű metamorfózis során végbemenő részleges olvadási folyamatok produktumai (CEMPÍREK & NOVÁK 2006). HLAWATSCH (1911) és FUCHS et al. (2005) leírása szerint az erekben a fő kőzetalkotó ortoklász, plagioklász és kvarc mellett muszkovit, biotit, turmalin, pinitesedett cordierit, sillimanit, andaluzit és dumortierit is megtalálható.

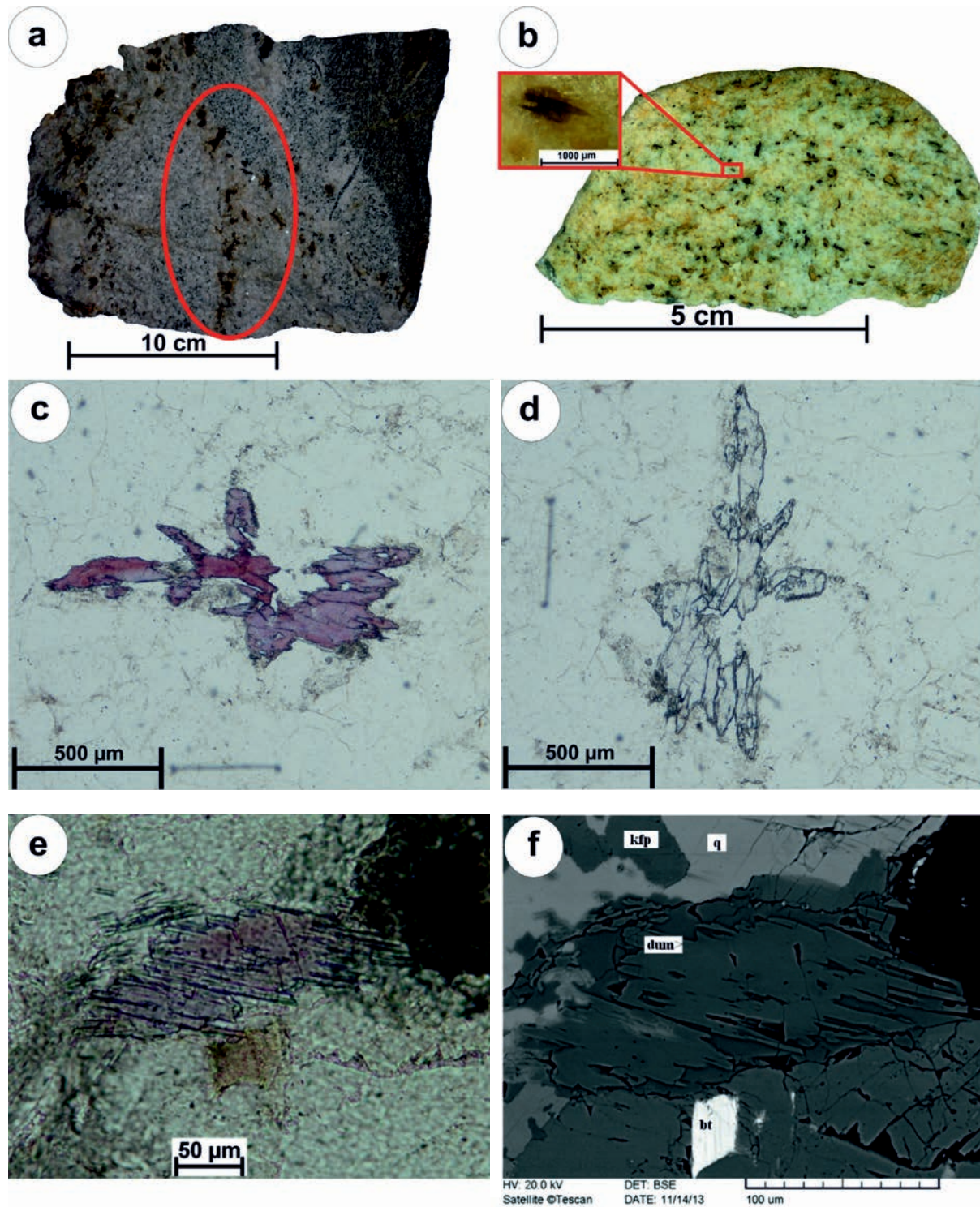
Az akcesszórius ásványtartalom alapján a metamorf pegmatitok egyik alcsoportja, az AB–BBe (bór–berillium-tartalmú) csoportot a magas B és/vagy Be-tartalmú ásványaik (turmalin, dumortierit, grandierit, krizoberill stb.) alapján jelölték ki. A Bohémiai-masszívum Gföhl-egységében előforduló dumortierit-tartalmú pegmatitok tipikus példái az AB–BBe-alcsoport metamorf pegmatitjainak (CEMPÍREK-NOVÁK 2006).

Terepi megfigyeléseink alapján a bányafalon, illetve a nagyobb kőzettömbök között különböző típusú (biotitos, gránátos, turmalinos, illetve pegmatitos erekkel rendelkező) gneiszek, granulitok is megjelennek.

A dunavarsányi kőzetekkel lényeges szöveti és ásványos összetételbeli hasonlósággal bíró kőzetekből gyűjtöttünk mintákat és a fenti vizsgálati módszereknek vetettük őket alá. Megfigyelhető ezeknél a gneiszeknél is az a szöveti jelenség, hogy a biotitban gazdag, finomszemcsés egység erős foliációt mutat, míg a színtelen ásványokban gazdag, durvaszemcsés régió alig, vagy nem mutat irányítottságot. Az utóbbi, pegmatitos zónában több mm-es szürke–áttetsző kvarc, jó hasadást mutató földpátok, helyenként fekete biotitlemezek, vékony rostokból álló turmalin és ibolyaszínű foltokban megjelenő dumortierit kristálycsomók ismerhetők fel szabad szemmel.

A kőzet szövete, a dunavarsányi mintákéhoz hasonlóan granoblasztos, a biotitban gazdagabb részekben lepidó-granoblasztos. A kőzetalkotó ásványok megjelenése, mennyisége, mérete és egymáshoz viszonyított aránya megegyezik a dunavarsányi gneiszekével. A dumortierit ugyanolyan szöveti helyzetben van jelen a kőzetben (*4. ábra, e és f*), továbbá turmalin, gránát, kianit, klorit, muszkovit, biotit, sillimanit, apatit és rutil is megfigyelhető (*III. táblázat*).





**4. ábra.** A dunavarsányi, illetve klein-pöchlarn-i gneiszek és a bennük megjelenő dumortierit. a) A DVT-853 jelű dunavarsányi gneisztömb, melyne világos, durvaszemcsés pegmatitos (bekarikázott) egységében a dumortierit turmalin, cordierit és gránát társaságában jelenik meg. b) A DVT-939 jelű dunavarsányi gneisz polírozott felületén szabad szemmel, illetve sztereomikroszkóppal is megfigyelhető a tús-rostos kékeszürke színű dumortierit. c-d) A dumortierit jellegzetes polarizációs mikroszkópi megjelenése, színe és pleokroizmusa (a polarizátor iránya a képen vízszintes, 1N). e-f) Egyazon dumortieritszemcse polarizációs 1 N-os (balra) és pásztázó elektronmikroszkópos BSE (jobbra) képe. A szemcse közepén fénymikroszkópban megfigyelhető sötétebb rózsaszínű árnyalat az EDS elemzés alapján a szegélyhez képest mért nagyobb  $\text{TiO}_2$ -tartalommal magyarázható. Rövidítések: dum - dumortierit, bt - biotit, kfp - kálicföldpát, q - kvarc

**Figure 4.** Dumortierites in the gneisses from Dunavarsány and Klein-Pöchlarn. a) Gneiss block (DVT-853) from Dunavarsány, circled area shows the coarse-grained, pegmatitic domain of the rock, where dumortierites appears with tourmaline, cordierite and garnet. b) Blueish-greyish fibrous-acicular dumortierite on the polished surface of a gneiss from Dunavarsány (DVT-939). c-d) Distinctive appearance, colour and pleochroism of dumortierite (the direction of the polarizer is horizontal on the image, 1N). e-f) Polarising 1N (left) and scanning electron microscopic BSE (right) image of the same Dumortierite grain. That part of the grain with darker pink tone in the middle (left), based on EDS analyses, contains more  $\text{TiO}_2$  than the rim. Abbreviations: dum - dumortierite, bt - biotite, kfp - K-feldspar, q - quartz

**III. táblázat.** A Dunavarsányban (Csepei Tagozat), illetve Klein-Pöchlarnban (Gföhl-egység) előforduló dumortierites gneiszek jellemző ásványainak összehasonlítása

**Table III.** Comparison of the specific minerals of the dumortierite-bearing gneisses from Dunavarsány (Csepei Member) and Klein-Pöchlarn (Gföhl Unit)

Dum. gneiszek	Bt	Ms	Dum	Tur	Crd	Grt	Sil	And	Ky
Dunavarsány	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	x
Ebersdorf	xx	xx	xx	xx	x	xx	xx	x	xx

Jelmagyarázat: Bt = biotit, Ms = muszkovit, Dum = dumortierit, Tur = turmalin, Crd = cordierit, Grt = gránát, Sil = sillimanit, And = andaluzit, Ky = kianit, X = a lelőhely hasonló kőzetekben leírt, XX = a vizsgált kőzetpéldányokban meg is jelent, - = a lelőhelyről nincs leírva.  
Abbreviations: Bt = biotite, Ms = muscovite, Dum = dumortierite, Tur = tourmaline, Crd = cordierite, Grt = garnet, Sil = sillimanite, And = andalusite, Ky = kyanite X = literary described in the similar rocks of the locality, XX = identified in the studied samples as well, - = not described from the locality

### Klinohumitos márvány

#### Dunavarsány

Dunavarsányból ezidáig egy darab nagyméretű, körülbelül 80 cm átmérőjű izometrikus klinohumit tartalmú márványtömb került elő. A márvány a gneiszekhez viszonyítva kis keménységű ásványokból áll, azonban a kőzettömb koptatottsága ötös skálán mindössze 3-as, tehát közepes. A kőzet külső felületén egy kb. 1–2 cm-es egyenletes vastagságú mállási kéreg figyelhető meg, ami két jól elkülöníthető részből áll. A külső 1 cm vastag zóna világosabb sárgászürke színű, szivacsos, morzsalékos megjelenésű, amely viszonylag éles határral érintkezik a belső, kb. szintén egy cm vastag sötétebb, barnászürke árnyalatú résszel.

Szabad szemmel nézve a kőzet üde felületének nagy része sűrű színű, kissé áttetsző, durvaszemcsés (átlagos szemcseméret 2–3 mm), ekvigranuláris, irányítatlan elrendezésű, izometrikus karbonátszemcsékből áll. A kőzetnek ez a része csupán néhány százaléknyi szilikátásványt tartalmaz, elsősorban. A márványtömb egyes kisebb (max. 10 cm átmérőjű) területein a karbonátásványok mellett a szilikátásványok feldúsulnak elérve akár az 50%-os részarányt is (5. ábra, a). A klinohumit ez utóbbi zöldesszürke színű részben jelenik meg nagyobb tömegben, akár az 1 cm-t is megközelítő átmérőjű szemcsék formájában (5. ábra, b).

A szilikátásványokban gazdag rész vékonycsiszolatában granoblasztos szövetet mutat (5. ábra, e), a fő kőzetalkotó ásványok a kalcit és a dolomit, amelyek 0,2–5 mm közötti méretben, nagyjából azonos arányban figyelhetők meg. A szemcsék izometrikusak, szélük nem egyenes, hullámos, helyenként fogacsolt, bennük gyakran figyelhetőek meg deformációs lamellák, ikrek. A kőzetalkotó ásványok másik felét a szilikátok, azaz az olivin, apatit és a klinohumit, valamint a kisebb mennyiségű flogopit, klorit, szerpentin és tremolit teszik ki, továbbá spinell is megjelenik.

Az olivinek (forszterit) jellemzően xenoblasztos megjelenésűek, erősen töredezték, repedezettek, méretük 200 µm és 2000 µm között változik. A repedéshálózat mentén gyakran figyelhető meg szerpentinésedés. A spinell idioblasztos–hipidioblasztos, több — átlagosan 500 µm-es — szemcséből álló aggregátumok formájában jelenik meg.

Színe halványbarna, zárványoktól általában mentes, tiszta megjelenésű. Az apatit és a klorit gyakran kapcsolódik klinohumitához, a klorit, mint annak átalakulási terméke, az apatit pedig zárványok formájában. Ezen kívül elsősorban jelennek meg hajladozó flogopit „lemezek”, valamint kevesebb, mint 1%-nyi szintelen amfibol (tremolit).

A klinohumit szemcséi izometrikus, vagy közel izometrikus alakúak, néhány nyúltabb szemcse megfigyelhető. Saját kristálylapokkal nem rendelkező töredezett–repedezett xenoblasztos szemcsék, a nagyobb méretű kristályokon gyenge hasadás megfigyelhető (5. ábra c, d). Egy nikollal határozott narancssárga pleokroizmusa van. Törésmutatója 1,7 körüli, nagyon hasonló az olivinéhez. Keresztezett nikolok között II. és III. rendű interferenciaszínek a jellemzőek rá. Néhány szemcsén kettős ikresedés, a DVTM-0324/b csiszolatban egy poliszintetikus klinohumit iker figyelhető meg. Optikai és főzónajellege pozitív, továbbá pásztázó elektronmikroszkóppal kémiai zónásság is megfigyelhető, amely a magtól a perem felé csökkenő MgO, valamint növekvő TiO<sub>2</sub> és FeO koncentrációban nyilvánul meg (5. ábra, f).

A polarizációs mikroszkópi vizsgálatokon kívül Raman-spektroszkópiával azonosítottuk, valamint a SEM-EDS elemzéssel megerősítettük, hogy a vizsgált fázis valóban klinohumit. Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok segítségével a fő kőzetalkotó ásványokon kívül a dunavarsányi mintákban grafitot, pirrotint valamint piritet mutattunk ki.

#### Loja

A Drosendorf-egység Tarka sorozatán belül metamorf karbonátos, mészsilikátos kőzetek is előfordulnak (FRANKE 1989). Kedvező feltárást biztosít a Tarka sorozatra a Dunához közel eső Metzling mellett lévő Loja kőbánya (1. később 7. ábra). A földtani egység nevéhez hűen a bányában paragneiszek, amfibolitok, márványok, mészsilikát kőzetek és lampirofirok is tanulmányozhatók (LÖFFLER & KOLITSCH 2011).

A Loja melletti bányában feltároló márványban narancssárga, üvegfényű klinohumitszemcsék figyelhetőek meg szabad szemmel is, a környezetében pedig olivin (forszterit), spinell és flogopit a jellemző (LÖFFLER & KOLITSCH 2011). A szabad szemmel klinohumit-tartalmúnak azonosított kőzetből mintát vettünk, majd a dunavarsányi mintákkal azonos — fent említett — vizsgálati módszereknek vetettük alá.

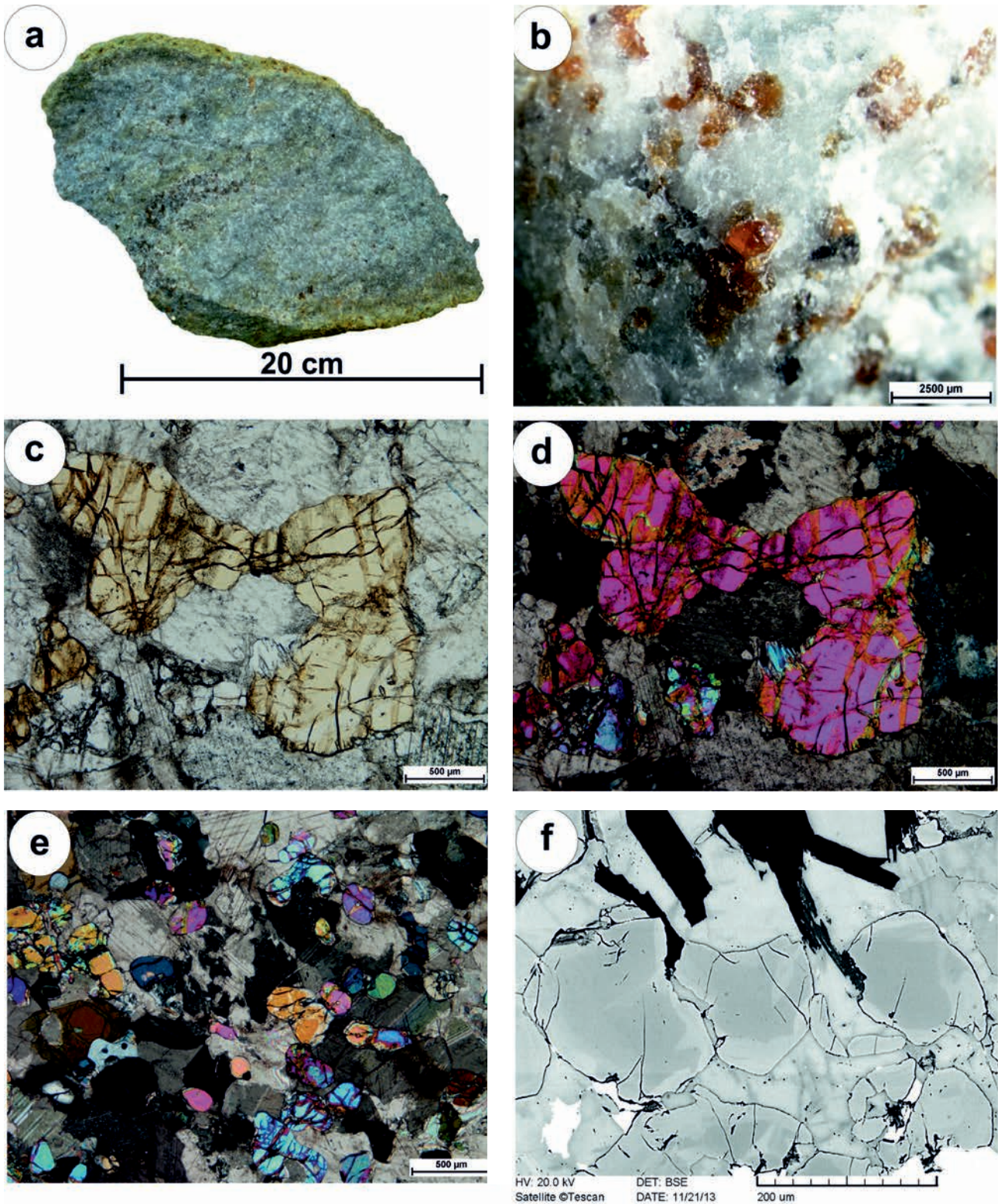
A vizsgálatok után kijelenthető, hogy az ausztriai és a dunavarsányi minták szövetileg és ásványos összetételt tekintve is nagyfokú hasonlóságot mutatnak (IV. táblázat). Az ausztriai mintákban is elkülöníthetők szilikátásványokban szegény és szilikátásványokban gazdag részek, amelyekben leggyakrabban olivin, klinohumit, apatit, klorit, flogopit, amfibol és spinell jelenik meg.

### Szkapolitos amfibolit

#### Dunavarsány

A dunavarsányi Aqua Kft. kavicsbányájából több szkapolitos amfibolit példány került elő, melyek mérete csaknem minden esetben a kőtömb tartományba esik (II. táblázat).





**5. ábra.** A dunavarsányi, illetve a lojai (Ausztria) márványok és a bennük megjelenő klinohumit. a) A DVTM jelű klinohumitos márvány tömb egy darabjának tört felszíne, amelyen jól elkülöníthető a szilikátásványokban (a középső vörösés sávban) és a karbonátásványokban gazdag rész, valamint a mállási szegély. b) A márvány tört felszínén sztereomikroszkóppal jól megfigyelhetőek a nagyjából izometrikus, narancssárga klinohumitszemcsék. c-d) A klinohumit jellegzetes polarizációs mikroszkópi megjelenése egy polárszűrővel és keresztezett polárszűrők közt. e) A klinohumitos márványok jellegzetes granoblasztos szövete képe, +N. f) A klinohumitszemcsék (chu) elektronmikroszkópos BSE képe, amelyen megfigyelhető zónásságot mutatnak a szemcsék

**Figure 5.** Clinohumites in the marbles from Dunavarsány and Loja (Austria). a) The surface of one part of the clinohumite-bearing marble block. Different zones can be macroscopically distinguished: central reddish zone, rich in silicate minerals, carbonate minerals-rich zones and weathered surface. b) In the zone, rich in silicate minerals orange and isometric clinohumite grains appear, stereomicroscope photo. c-d) Characteristic appearance of the clinohumites in polarising microscope (left: 1N, right: +N). e) Typical granoblastic texture of the clinohumite-bearing marbles, +N. f) SEM-BSE image of clinohumites with apparent and systematic zonation



IV. táblázat. A Dunavarsányban (Csepeli Tagozat), illetve Lojánál (Drosendorf-egység) előforduló klinohumitos márványok jellemző ásványainak összehasonlítása

Table IV. Comparison of the specific minerals of the clinohumite-bearing marbles from Dunavarsány (Csepel Member) and Loja (Drosendorf Unit)

Chu. márványok	OI	Chu	Spl	Ap	Chl	Phl	Amp	Py	Po	Gr
Dunavarsány	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX
Loja	XX	XX	XX	XX	XX	XX	XX	X	X	X

Jelmagyarázat: OI = olivin, Chu = klinohumit, Spl = spinell, Ap = apatit, Chl = klorit, Phl = flogopit, Amp = amfibol, Py = pirit, Po = pirrotin, Gr = grafit, X = a lelőhely hasonló kőzeteiben leirt, XX = a vizsgált kőzetpéldányokban meg is jelent, - = a lelőhelyről nincs leírva.

Abbreviations: OI = olivine, Chu = clinohumite, Spl = spinel, Ap = apatite, Chl = chlorite, Phl = phlogopite, Amp = amphibole, Py = pyrite, Po = pyrrhotite, Gr = graphite X = literary described in the similar rocks of the locality, XX = identified in the studied samples as well, - = not described from the locality

A fent felsorolt amfibolitok alapvetően irányított, ekvigranuláris szövettel rendelkező és általában több mint 70–80%-ban fekete, jól hasadó hornblendéből álló monomineralikus, vagy gránátban is gazdag kőzetek (6. ábra, a, b). Ezekben eltérő ásványos összetételű, fehér és zöld színű, összefogazódó sávok mutatkoznak, melyek átmérője 1–4 cm. Ezekben a világos sávok jellemzően diopszidban és szkapolitban gazdagok.

Polarizációs mikroszkópban a kőzet szövete granoblasztos, irányított. Az amfibolgazdag részben az izometrikus, xenomorf, zöld pleokroos hornblende mellett változó mennyiségű (kb. 5–30%), neutrális-bázisos plagioklász, kis mennyiségben apró, sajátalakú titanit jelenik meg. A zöld-fehér sávban 2 féle ásványtársulás különíthető el: A fehér részek (1) általában izometrikus, közel azonos méretű, xenoblasztos–hipidioblasztos, gyakran szabálytalan zónás-ságot mutató plagioklászból és kvarcból állnak. A zöld sávok (2) színét a nagy mennyiségben megjelenő, átlagban 0,5 mm-es, izometrikus, idioblasztos diopszidszemcsék okozzák. Közöttük még viszonylag nagyobb mennyiségben megjelenik a szintén izometrikus, xenomorf, uralkodóan neutrális-bázisos plagioklász, amit még kevesebb fehér csillám, apatit, ritkán epidot és zoisit, illetve maradék térkitöltőként kalcit kísér. A kalcitos részben ritkán prehnit és piroxén, vagy amfibol átalakulásából eredően vékony tűs aktinolit is megjelenik. A piroxénekhez hasonló méretben és alakban megjelenő szkapolitok (6. ábra, e, f) a fehér sávokban elszórtan, vagy a diopszidszemcsék közötti térben tömegesen, egyensúlyi kristályosodást mutatva, nagyobb monomineralikus halmazokat alkotva jelennek meg. A szkapolit 0,5–1,0 mm-es szemcséi 1 nikkal színtelenek, halvány piszkosszürke zárványosság jellemzi, derékszögű hasadása jól megfigyelhető. Keresztezett nikolok között interferencia színe a harmadrendű kékig elmegy (6. ábra, e, f), amely szín a plagioklászok és kalcitok irányában csökken. Kioltásuk a hasadásukhoz viszonyítva egyenes. A magas interferencia szín és a pásztázó elektronmikroszkóppal mért összetétel (Ca/(Ca+Na) 0,81) alapján az ásvány a szkapolit csoporton belül a mejonit taghoz tartozik (6. ábra, d).

### Spitz

A Gföhl-egységhez tartozó Raab-egység amfibolitjai több feltárásban is tanulmányozhatók a Duna mentén (pl. 7.

ábra). Az amfibolit testeken messziről is megfigyelhető, hogy fehér színű erekkel gazdagon átjártak. Megállapítható, hogy a szkapolit az amfibolit világos színű ereihez kötődik, bár viszonylag ritkán fordul elő a kőzetben (KIESEWETTER & KNOBLOCH 2003).

A Raab-egység szubdukálódott óceáni kéregdarab, mely elsősorban amfibolitból (metabazalt, metagabbro, metamorfizálódott piroklastikum), orto-, és paragneiszből, szerpentinitből áll, mely a Gföhl- és a Drosendorf-egység közé ékeződött be (a Gföhl-egységben a granulit masszívumok, illetve a gneisz alatt húzódik), tehát egy szaturavonalat jelöl ki (COOKE & O'BRIAN 2001). A Raab-egység egy része a felette lévő granulitokkal együtt metamorfizálódott és exhumálódott (COOKE & O'BRIAN 2001). Az amfibolitot retrográd metamorfózis is érte; a sávos amfibolit testeket világos színű, fluidumokból kivált ásványok alkotta erek járják át (COOKE & O'BRIAN 2001). A retrográd, világos színű erekben megjelenő ásványparagenezis tagja a szkapolit is (KIESEWETTER-KNOBLOCH 2003, NEUMAYER 1980).

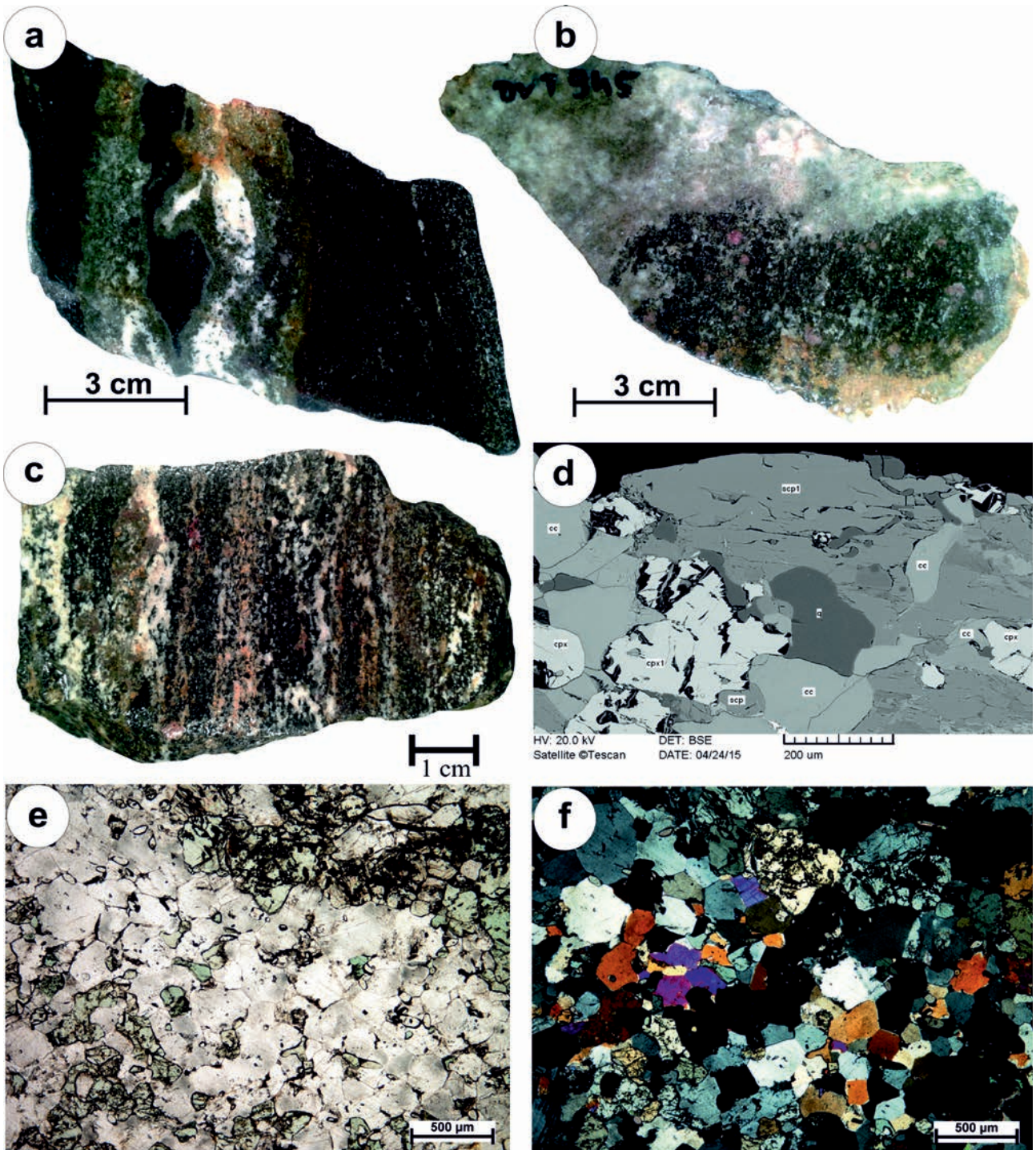
A terepi bejárás során az amfibolit, gránátos amfibolit világos színű ereket, sávokat nagy mennyiségben tartalmazó részeiből gyűjtöttünk mintákat, melyeket a fent megismert vizsgálati módszereknek vetettünk alá. A Spitz környékéről származó mintákon már makroszkóposan is jól megfigyelhető, hogy a fekete színű, uralkodóan amfibolból álló, bizonyos esetekben gránátot is tartalmazó térrészt több, főleg fehér színű, akár centiméteres vastagságú sávok járják át (6. ábra).

A vizsgálati eredmények alapján kijelenthető, hogy a dunavarsányi és a Spitz környékéről származó amfibolitok makroszkópos, illetve mikroszkópos tulajdonságai is nagy hasonlóságot mutatnak (V. táblázat). Az ausztriai minták amfibolokban gazdag részében az irányított szövetet adó hornblendén kívül megjelenik a neutrális-bázisos plagioklász, illetve a saját alakú gránát és titanit. Az ásványok granoblasztos ekvigranuláris szövetet alkotnak. Ezeket a területek átszelő sávokban gyakori a plagioklász, kvarc, piroxén, illetve megjelenik a zoisit, epidot, ritkán muszkovit, biotit, klorit, aktinolit és prehnit. Annak ellenére, hogy a szkapolit az általunk gyűjtött kőzetek ásványai között nem jelenik meg, KIESEWETTER & KNOBLOCH (2003) azonosították az ásványt a spitz feljárás amfibolitjának világos színű ereiben (az ásvány megjelenését megerősíti továbbá KNOBLOCH G. szóbeli közlése [2015] is).

### Petrográfiai következtetések

Megállapítható, hogy a vizsgálatok tárgyát képező három különleges kőzettípus (dumortierites gneisz, klinohumitos márvány és szkapolitos amfibolit) a Cseh-masszívum Drosendorf- és Gföhl-egységeiben mutatható ki ritka különlegességként és a Duna vízgyűjtő területén belül együttesen csak egyetlen szűk területen fordulnak elő szalkőzetként (HLAWATSCH 1911, KIESEWETTER & KNOBLOCH 2003, FUCHS et al. 2005 és LÖFFLER & KOLITSCH 2011). Ez a terület a Duna magas hegyek közé beszorított, a Bécsi- és Pannon-





**6. ábra.** A dunavarsányi, illetve a spitz-i amfibolitok és a bennük megjelenő szkapolit. a–b) a dunavarsányi amfibolitok jellegzetes makroszkópos szöveti megjelenése a kőzetek polírozott felületén: a sötét, amfibolban gazdag, esetenként gránátos egységek között világos, fehér, zöldesfehér árnyalatú sávok. Ezekben a sávokban jellemző a retrográd paragenézis részeként előforduló szkapolit. c) az ausztriai Spitz környékén előforduló gránátos amfibolit polírozott felülete; a makroszkópos szöveti bélyegei (sötét és világosabb sávok) megegyeznek a Dunavarsányi amfibolitokéval. d) a dunavarsányi amfibolitban megjelenő szkapolit SEM-BSE képe. A szkapolitok mellett klinopiroxén (diopszid), kalcit és kvarc van jelen. e–f) a vizsgált amfibolitok világos egységeinek jellegzetes ásványtársulása: szintelen, zárványos, egyensúlyi szövetű, elsőrendű szürke-másodrendű kék interferenciászínű szkapolitok, halványzöld, lekerekített diopszidok és kisebb, rombusz alakú titanitok (pl.: bal fölül). Polarizációs mikroszkópi felvétel, balra: 1 N, Jobbra: +N  
Rövidítések: scp = szkapolit, cpx = klinopiroxén, cc = kalcit, q = kvarc

**Figure 6.** Scapolites in the amphibolites from Dunavarsány and Spitz. a–b) Typical macroscopic textural appearance on polished surfaces of the amphibolites from Dunavarsány. Lighter whitish-greenish zones with scapolite, as part of the retrograde paragenesis, in the darker unit, rich in amphibole and sometimes garnet. c) Polished surface of a garnet-bearing amphibolite from Spitz; macroscopic textural features (darker and lighter zones) coincide with the amphibolites from Dunavarsány. d) SEM-BSE image of scapolites in amphibolite from Dunavarsány. Besides scapolite clinopyroxene (diopside), calcite and quartz can be observed as well. e–f) Distinctive mineral paragenesis of the studied amphibolites in the above mentioned lighter zone: scapolites (colourless, inclusion-rich, equilibrium texture, interference colour from first order grey to second order blue), diopsides (pale green, rounded) and titanites (smaller rhomb shaped, e.g. left on the top)  
Abbreviations: scp = scapolite, cpx = clinopyroxene, cc = calcite, q = quartz



**V. táblázat.** A Dunavarsányban (Csepeli Tagozat), illetve Spitznél (Gföhl-egység; Raab-egység) előforduló szkapolitos amfibolitok jellemző ásványainak összehasonlítása

**Table V.** Comparison of the specific minerals of the scapolite-bearing amphibolites from Dunavarsány (Csepel Member) and Spitz (Gföhl Unit)

Scp. amfibolitok	Bt	Ms	Di	Act	Sep	Ep	Zo	Chl	Cal	Prh
Dunavarsány	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
Spitz	xx	xx	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx	x

Jelmagyarázat: Bt = biotit, Ms = muszkovit, Di = diopszid, Act = aktinolit, Scp = szkapolit, Ep = epidot, Zo = zoisit, Chl = klorit, Cal = kalcit, Prh = prehnit, X = a lelőhely hasonló kőzeteiben leirt, XX = a vizsgált kőzetpéldányokban meg is jelent, - = a lelőhelyről nincs leírva.

Abbreviations: Bt = biotite, Ms = muscovite, Di = diopside, Act = actinolite, Scp = scapolite, Ep = epidote, Zo = zoisite, Chl = chlorite, Cal = calcite, Prh = prehnite, X = literary described in the similar rocks of the locality, XX = identified in the studied samples as well, - = not described from the locality

medence előtti utolsó szűk, kanyargós szakasza (7. ábra, 8. ábra). Itt harántolja a Duna a ritka kőzettípusokat tartalmazó Gföhl- és Drosendorf-egységeket, az összehasonlító mintákat innen gyűjtöttük (7. ábra).

Vizsgálatainkkal a dunavarsányi kavicsbányából származó három ritka ásványtartalmú kőzet és az alsó-ausztriai Ybbs és Krems közötti Duna-szakasz partközeli lelőhelyeinek összehasonlító kőzetei között nagyfokú petrográfiai hasonlóságot állapítottunk meg. Szöveti bélyegeik és ásványparageneziseik ilyen mértékű azonossága (III. IV. és V. táblázat) alapján kijelenthető, hogy a vizsgált dunavarsányi minták a Gföhl- és a Drosendorf-egység (Cseh-masszívum) kőzeteinek feleltethetők meg. A három vizsgált dunavarsá-



**8. ábra.** Jellegzetes látkép a Cseh-masszívum hegyei közé szorított kanyargó Duna-szakasról az ausztriai Spitz melletti feltárásnál (a szkapolitos amfibolit vizsgált lelőhelye); a kép forrása: <http://static.panoramio.com/photos/original/19598823.jpg> (2016)

**Figure 8.** Representative view of the curving Danube constricted into the hills of the Bohemian Massif near Spitz (outcrop of the studied scapolite-bearing amphibolite); source of the photo: <http://static.panoramio.com/photos/original/19598823.jpg> (2016)

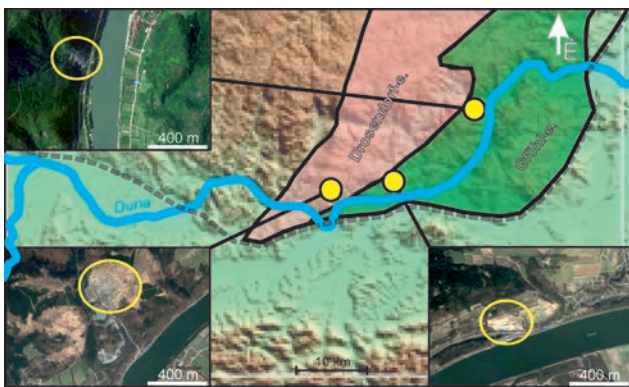
ny kőzettípusra vonatkozóan, mai szálkőzetként való együttes előfordulásuk alapján az is kijelenthető, hogy azok nagy valószínűséggel a Duna Ybbs és Krems közötti szakaszán gyakor feltarult kőzettestekből származnak.

## Diskusszió

A vizsgált kőzetek forrásterületének ismeretében a következő kérdés a kőzettömbök lehetséges szállítódásának megállapítása. Figyelembe véve azt, hogy a diagnosztikus ásványokat tartalmazó kőttömbök alig koptatottak, és méretük általában egy nagyságrenddel meghaladja a Dél-pesti-síkság kavicsösszletében uralkodó durvakavics mérettartományát a szállítódási mechanizmus speciális magyarázatot igényel. A fent említett méreti és alaki sajátosságok, továbbá a folyó szakasza mentén való több mint 400 km-es távolság a forrás-régiótól kizárják a tömbök klasszikus folyóvízi szállítódásának lehetőségét, hiszen ilyen távú görgetve szállítás esetén az ilyen nagyméretű hömpölyök mozgathatásához szükséges óriási vízsebesség mellett a vizsgált hordalék megmunkáltsága, koptatottsága nagy fokú lenne (pl. KRUMBEIN 1941, LINDSEY et al. 2007, ATTAL & LAVÉ 2009, MILLER et al. 2014).

A Dél-pesti-síkság területén előforduló kőttömbökkel kapcsolatos ismeretek az alábbiak.

1. A kőttömbök *elhelyezkedése* azt mutatja, hogy azok csak a durva, kavicsban gazdagabb, de vékonyabb kifejlődésű Pestlőrinci és Csepeli (legfőlső, Dunavarsányban is feltárt) Tagozatokban figyelhetők meg, az agyagban jóval gazdagabb és vastagabb Gödöllői Tagozatból hiányoznak (JASKÓ & KORDOS 1990, I. 1. táblázat). A kőttömbök eloszlása a kavicsos rétegekben, a kitermelés során tapasztaltak alapján rendezetlennek bizonyul, szabálytalan, mennyiségük a kavics tömegéhez képest kicsi (5% alatti), de a kőttömb/kavics arány is szabálytalanul változik (SIMON Zoltán szóbeli közlései).



**7. ábra.** A vizsgált dunavarsányi kőzetek azonosított forrásterületének (Cseh-masszívum) vonatkozó földtani egységei: a Gföhl- és Drosendorf-egységek, illetve a jellegzetes feltáráások a Duna medréhez való távolságuk szemléltetésével. GPS koordináták: 48.223622, 15.245842 Klein-Pöchlarn-Ebersdorfi bányá (dumortierites gneiss vizsgált lelőhelye); 48.210159, 15.106971 Loja melletti bányá (klinohumites márvány vizsgált lelőhelye); 48.350156, 15.403690 Spitz melletti feltárá (szkapolitos amfibolit vizsgált lelőhelye) (HORVÁTH et al. 2006), illetve a Cseh-masszívum, és a földtani egységeinek határai COOKE & O'BRIAN (2001) alapján; a műholdas képek forrása: [maps.google.com](http://maps.google.com))

**Figure 7.** The Gföhl and the Drosendorf Unit, and their representative outcrops in the identified source region (Bohemian Massif) of the rock samples from Dunavarsány. Satellite images show the distances of the outcrops from the bend of Danube. GPS coordinates: 48.223622, 15.245842 Klein-Pöchlarn-Ebersdorfi quarry (studied outcrop of dumortierite-bearing gneiss); 48.210159, 15.106971 Loja quarry (studied outcrop of the clinohumite-bearing marble); 48.350156, 15.403690 outcrop near Spitz (studied outcrop of the scapolite-bearing amphibolite) (after HORVÁTH et al. (2006), and COOKE & O'BRIAN (2001) - extension and units of the Bohemian Massif; a source of the satellite images: [maps.google.com](http://maps.google.com))

2. A kőtömbök *anyaga* változatos, a jól ismert közelebbi forrásterületről származó (pl. Visegrádi-hg., Budai-hg.) (pl. miocén andezit és mészkő) és az egzotikus (pl. kristályos) kőzetfajták teljesen keverten, vegyesen mutatkoznak (saját megfigyelés, JÁMBOR 2010).

3. A kőtömbök *mérete* változatos, átlagméretük egy-egy lelőhelyen független a kőzetfajtától, tehát a származási hely távolságától is. A ritkán előforduló 1 méter körüli átmérőjűek között is vegyesen vannak igen távoli és közeli eredetűek. A jóval Bécs fölött, Bergern mellett működő kavicsbányából előkerült kőtömbök között azonban nagy számban figyeltünk meg 1 méter átmérőt jóval meghaladókat is (saját megfigyelés, JÁMBOR 2010).

4. A kőtömbök *alakja* általában közepesen vagy gyengén koptatott, gyakran teljesen koptatatlan, és ez az erősen mállékony egzotikus kőzetek egy részére is igaz. Az ismert származási területtel rendelkező egyes kőzetfajták koptatottságának mértéke nem függ a forrásuktól való távolságtól. Ezek mellett viszont előfordulnak jól és nagyon jól koptatott hömpölyök is, amelyek anyaga általában nem a puhább egzotikus (pl. mállott gránit, csillámpala) és közeli forrású (pl. mállott andezit, morzsalékony miocén meszes homokkő) kőzetekből, hanem inkább néhány nagyon kemény kőzetváltozathoz (pl. kvarcit, egyes gránitok) kerülnek ki (saját megfigyelés és JÁMBOR 2010).

5. A kőtömbök *eredete* számos kőzetfajtnál már ismert. Eddig csak olyan forráshelyeket sikerült azonosítani, ahol a vizsgált kőzetek analógiái a mai Duna medrének közvetlen közelében lévő meredek hegyoldalakon, a hegyszorosok mentén tárulnak fel (ZSEMLE et al. 2001, MÁTÉ 2005, VARGA 2010, VÍGH 2010, MOGYORÓSI 2013, CSÖLLEY 2014).

6. Egyes kőtömbök *felülete* különösen a legkeményebb kőzetanyagú tömböké (mind a távoli, mind a közeli forrásúaké és különböző mértékben koptatottaké is) sokszor mutat kiterjedt szélérozóiós nyomokat. Ezeket a tömböket szinte minden oldalról érintetlen, teljesen ép, fényes, barázdált felületek borítják (saját megfigyelés, BORS & VÖRÖS 2008). A kőtömböket beagyazó jól koptatott kavicsok között nagyon sok fényes, ritkán éles kavics látható (saját megfigyelés, MICSINAI & MOLNÁR 2010). Néhány kavicson jégkarcok is láthatók (T. BIRÓ et al. 2013)

Mindezek alapján arra lehet következtetni, hogy a szóban forgó hömpölyök és kőtömbök kevéssé koptatott jelentősebb hányada, beleértve az általunk kiválasztott három kőzetpéldányt is, méretüknél és alakjuknál fogva egyáltalán nem vagy csak nagyon kis mértékben szenvedett folyóvízi szállítást. Sőt, a gyorsan hömpölygő vízben görgő kavicsoknak sem volt idejük őket lekoptatni. Tehát a kavicságyba kerülésük után vagy gyorsan betemetődtek üledékkel, vagy kikerültek a folyóhordalék koptató hatása alól, azaz a medren kívül rakódhattak le.

Ha tehát a tömbök folyóvízi hordalékban jelennek meg, de nem folyóvízzel szállítottak, a következő lehetőségek merülhetnek fel: vagy helyben lévő forrásból (A), vagy távolabbról gravitációs tömegmozgással (B), vagy jég általi szállítással (C) kerültek jelenlegi helyükre.

A helyben lévő forrás (A) jellegére kétféle lehetőség is

fölmerült az eddigi szakirodalomban. ZSEMLE et al. (2001) a vizsgált granulitok eredetét a Pannon-medence riftesedésével egyidejűleg keletkezett alsó-miocén konglomerátum áthalmazódásával magyarázzák, KÁZMÉR (2007) pedig e mellett felveti azt az elgondolást, hogy a kevéssé koptatott tömbök a Közép-Magyarországi-öv mentén a pleisztocénben még kiálló és akkor a Duna által ostromolt éles hegygerincek helyi kőzetanyagát képviselik. Mindkét felvetést cáfolják VÍGH (2010) és CSÖLLEY (2014) kutatási eredményei. Diplomamunkáikban ugyanis külön-külön egy-egy egzotikus kőzetfajtról kimutatták, hogy nemcsak a Dél-pesti-síkság kavicsbányáiban, hanem számos más Duna menti kavicsbányában (pl. a Kisalföld Duna menti kavicsbányáiban: Hegyeshalom, Győrújfalú, Levél, Győr, Csém, Komárom) is előfordulnak azonos megjelenéssel. Sőt, CSÖLLEY (nem publikált adat) a levéli kavicsbányában a Gföhl-egység kőzetének jellegzetes bélyegeit viselő dumortierites gneiszt is talált. Mindezen adatok összhangban vannak a JÁMBOR (2010) által ismertetett összesített szakirodalmi adatokkal és saját terepi megfigyeléseinkkel is. Mindezek alapján belátható, hogy a folyó alsóbb szakaszán lévő feltételezett forrásból a felső szakasz tömbjei (például a Kisalföldön) nem származhatnak. Forrásuk, ahogy ezt jelen munkában három kőzetfajta esetén be is mutattuk, minden bizonnyal följebb lehetett.

Továbbá lehetőségként merül fel a kőtömbök gravitációs tömegmozgással (törmelékfolyással) (B) történő szállítása. A kérdéses nagyméretű, akár az 1 méter átmérőt is meghaladó kőzetdarabok (hömpölyök és tömbök) egyenként, alárendelt számban, ritkán, elszórtan, rendezetlenül jelennek meg az uralkodó mennyiségben jelen lévő, főleg jól koptatott kavicsból álló folyóvízi hordalékban. Ez a megjelenési mód nem csak a Dél-pesti-síkság, hanem az afölötti több száz km-es folyószakasz menti többi kavicsbányában is jellemző. A már ismert forrásterülettel rendelkező kőzet-típusok a forrásuktól lefelé végig megtalálhatók a folyóvízi hordalékban, tehát elterjedésük a folyó mentén a forrásuktól lefelé folyamatos, koptatottságuk viszont a forrástól való távolság arányában nem javul. Habár időszakos csapadékhoz, hóolvadáshoz kötődő nagy árvízzel kialakuló törmelékfolyással is magyarázható lehet a kőtömbök szállítása, azonban a fentebb részletezett fizikai paramétereinek, elhelyezkedésének és Dunaszakasz menti elterjedésének együttes ismeretében ezt kevéssé tartjuk valószínűsíthetőnek.

A harmadik lehetőség (C) a jég általi szállítás. A gleccserek és belföldi jégtakaró kialakulásához a Pannon-medencében a pleisztocén folyamán uralkodó klíma és domborzat nem volt alkalmas (pl. SÜMEGI 2001), így ezeknek a szállítási módoknak a lehetősége kiesik. Potenciális lehetőség maradt a folyóvízi úszójéggel való szállítás. A Duna hordalékában talált hömpölyök és kőtömbök szállítási módjára HORUSITZKY (1917) és KRIVÁN (1973), valamint az ELTE dunavarsányi kőtömbök kőzettani leírását végzett hallgatói (MÁTÉ 2005, BORS & VÖRÖS 2008, VÍGH 2010 stb.) tanulmányaikban szintén ezt a szállítási módot valószínűsítik. NAGY (2002) és SZEBERÉNYI (2010) más területeken valószínűsíti ugyanezt a szállítási módot. KRIVÁN (1973) a



folyóvízi jég által szállított kőzettömböt „potamopagetolitiként” említi. Recens analógiaként számos észak-amerikai példa emelhető ki, mint például a Szent Lőrinc folyó (DIONNE 1968), az Albany folyó (MARTINI et al. 1993), a Laramie folyó (KEMPEN & ETTEMA, 2011 és hivatkozásaik) továbbá az Észak-Saskatchewan és Peace folyó (KALKE et al. 2015) folyóvízi jég általi üledékszállítása.

Esetünkben, a C pontban, harmadik lehetőségként megfogalmazott elképzelést több megfigyelés és megfontolás is erősíti.

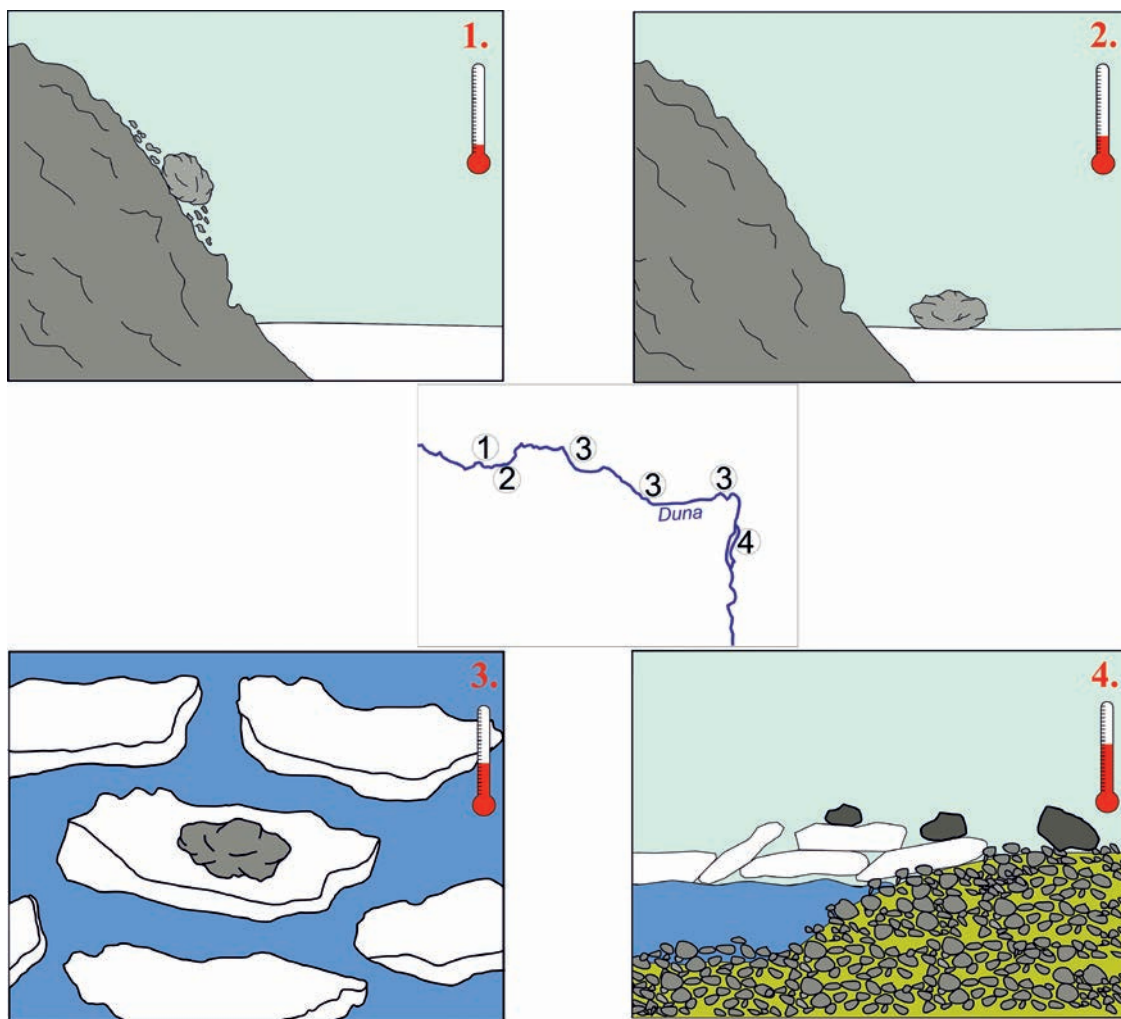
1. A kőtömbök a forrásterületük alatti Dunaszakasz pleisztocén hordalékában végig megtalálhatók úgy, hogy az ugyanonnan származó azonos kőzetfajták koptatottsága 100 km-eken át történő szállítás után sem változik, a jól koptatott kavicsanyagba ágyazva gyakran teljesen szögletes, kere-

kítetlen kőtömbök fordulnak elő. Szállítódásuk során minimális koptatódást kellett, hogy szenvedjenek.

2. A kőtömbök szabálytalanul szétszórtan, egyesével jelennek meg a Duna pleisztocén kavicságyában, így bekerülésük is inkább egyenként mehetett végbe, nem lehetett tömeges.

3. A jégkarc nyomokat hordozó kavics jelenléte (T. BIRÓ et al. 2013) Dunavarsányban szintén nagyon hosszú, koptatás nélküli szállításra enged következtetni.

Megfigyeléseink, valamint a fenti megfontolások (pl. KRIVÁN, 1973) alapján tehát arra következtethetünk, hogy a Dél-pesti-síkság pleisztocén kavicságyában található hömpölyök és kőzettömbök potamopagetolitikok, magyarul folyami tutajkövek, vagyis folyóvízi jégtáblákon pihelve, vagy jégtáblákba fagyva, úszva szállított „fluvio-glaciális” törmelékek (9. ábra).



**9. ábra.** Folyamatábra a folyóvízi jég által szállított kőzettömbök (tutajkövek, vagy potamopagetolitikok) valószínűsített szállítástörténeti epizódjairól: a Duna völgyét szegélyező hegyekből, sziklákról, magasabb topográfiai szintekről leguruló, lehulló, szolifluktáló kőzetdarabok (melyek e tevékenység során/előtt valamilyen szinten kerekíthettek és koptatódhattak!), tömbök a folyó jegére kerültek (1., 2.), majd „utaztak” (3.) és olvadtak ki a később, a Duna alsóbb területein (a folyó partjára/árterébe kitorlódtott jégtáblák segítségével kerülhettek a medertől valamivel távolabb eső térszínre) (4.)

**Figure 9.** Illustration for the „river-ice” mechanism: the most probable mean of transportation for the studied boulders (floating rocks or potamopagetolites). In this progress the rocks fall, roll and/or solifluctate from the cliffs onto the river ice (1, 2) and raft even hundreds of kilometres (3) along to the lower reach of the river where the climate is appropriate for the ice floes to melt (the ice floes congested and pushed out to the flood area) (4)

## Hipotézisek a folyóvízi jég általi üledékszállításról

Mindezek alapján a vizsgált képződmények szállítódás-története a következőképpen alakulhatott.

1. Adva volt egy folyó, a Duna, melynek hordalékágyát a kőtömböktől mentes Gödöllői Tagozat anyaga alkotta, a jó-részt agyagból, homokból és kavicsból álló hordalékot a folyó szállította, lerakta. A folyó télen akár tartósan be is fagyhatott, de hosszú éveken át tartó folyamatos befagyott állapot nem valószínű, hogy fennállt. Így ekkor jelentős jég-zajlás, ami a kőtömböket szállíthatta volna valószínűsítően nem történt.

2. Ezután hosszan tartó hideg időszak következik, amelynek során a Duna befagy, rajta a jég tartósan beáll, vastagra hízik.

3. Ebben a hideg időszakban, a naposabb, melegebb napokon, hetekben a fagyás-olvadás hatására a gyér növényzetű sziklás felszínen a kőzetek megrepedeznek, kisebb nagyobb tömbök kissé kimozdulnak a helyükből, majd újra befagynak.

4. Ezekben a rövid ideig tartó enyhébb időkben a hegy-szorosok közé szorított Duna part menti szikláiról kis mennyiségben folyamatosan hullanak, gurulnak a folyó vastag jegére a korábban meglazult kövek (Spitz környéke, Dévény, Gerecse, Börzsöny, Visegrádi-hg., Budai-hg.).

5. Ezután egy erőteljesebb, tartósabb enyhülés következtében a felszíni fagyott állapot kezdett megszűnni és nagyobb tömegű kőomlások is kialakulhattak.

6. A tartós enyhe állapot hatására nagyobb víztömegek és/vagy törmelékfolyások indulnak el a hegyekből, így kissé távolabbról akár eleve jobban/jól koptatott hömpölyök és kavicsok is rákerülhetnek a még álló folyóvízi jégre. Jégkarcos kavicsok is eljuthatnak továbbá idáig a Dunához legközelebbi gleccserek morénájából. Eközben a folyóvízi jég is kezd feltöredezni és az áradás nagy mennyiségű jég-

tablával a hátán megindul lefelé. A jégtáblák belsejében és tetején rengeteg kő- és egyéb törmelék úszik lefelé az árral.

7. A folyóvízi jég akár egybeállva lassan, akár széttöredezve, összetorlódva gyors ütemben is haladhatott lefelé a folyó teljes szélességében. Egy-egy torlódás és újra megindulás során a jégtáblák egy része kitolódhatott a pillanatnyi medertől kissé távolabbra eső területekre is a bennük, rajtuk lévő kőtömbökkel együtt. Egyes kőtömbök eközben jégtáblájukról leesve a folyó fenekére is hullhattak.

8. Ha tartósan enyhe időszak következett, a kőtömböknek csak egy része, főleg a folyó partja közelében fekvők maradtak tartósabban betemetetlenül a nagy jeges áradás után, többségüket, főleg a folyómeder belsejéhez közeliakat a folyó hordaléka lassan betemette.

9. Ha csak pillanatnyi volt a felmelegedés és a jeges ár után újabb hideg periódus következett, a víz mennyisége újra erősen lecsökkent, a Duna vize egy keskenyebb sávba húzódott vissza és befagyott, az egykori mederben, parton és ártéren elszórtan heverő kőtömböket, és persze a kisebb kavicsokat is a szabadon száguldó szél barázdásra marta és fényesre csiszolta.

Ez a folyamatsor többször is megismétlődhetett a végleges enyhülésig és betemetődésig.

## Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatási munka az ELTE TTK Közöttan–Geokémiai Tanszékén, illetve Tudományos Diákköri tevékenység során készült. Köszönettel tartozunk BENDŐ Zsoltnak és ORMÁNDI Szilviának a pásztázó elektronmikroszkópos, VÁCZI Tamásnak a Raman-spektroszkópiás vizsgálatokban nyújtott segítségért. Köszönjük a közreműködést a Közöttan–Geokémiai Tanszék dolgozóinak és munkatársainak, továbbá SIMON Zoltánnak, az Aqua Kft. munkatársának.

## Irodalom —References

- ATTAL, M. & LAVÉ, J. 2009: Pebble abrasion during fluvial transport: Experimental results and implications for the evolution of the sediment load along rivers. — *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* **114/F4**. <http://doi.org/10.1029/2009JF001328>
- BENEI B. & TÓTH K. 2010: A dunavarsányi pleisztocén kavicsösszetétel riolitkavicsainak petrográfiai jellemzése. — *Kézirat*, Tudományos Diákköri Dolgozat, ELTE TTK, Budapest 54 p
- BODA J. 1982: Adatok a Duna pleisztocén kori eróziójához Dél-Buda területén. — *Földtani Közöny* **112**, 455–458.
- BÓDI B. 1938: A Budapest-környéki harmadkori kavicsok közettani vizsgálata, különös tekintettel a levantei kavicsképződményekre. (Petrographische Untersuchung der tertiären Schotterablegerungen aus der Umgebung von Budapest.). — *Földtani Közöny* **68**, 180–207.
- BORS V. & VÖRÖS A. 2008: A Dunavarsány környéki pleisztocén kavicsösszetétel közettömbjeinek előzetes közettani vizsgálati eredményei. — *Kézirat*, Tudományos Diákköri Dolgozat, ELTE TTK, Budapest, 54 p.
- BURJÁN B. 2002: A Pesti-síkság kavicsos üledékeinek szemcseeloszlási vizsgálata. — *Földtani Közöny* **132**, 161–173.
- BURJÁN B. 2003: Budapest-környéki idős Duna-teraszok nehézsávsány-tartalmának cluster-analízis alapú statisztikai vizsgálata. — *Földrajzi Értesítő* **52/3–4**, 171–185.
- CEMPÍREK, J. & NOVÁK, M. 2006: Mineralogy of dumortierite-bearing abyssal pegmatites at Starkoč and Běstvína, Kutná Hora Crystalline Complex. — *Journal of the Czech Geological Society* **51/3–4**, 259–270. <https://doi.org/10.3190/jcgs.998>
- COOKE, R. A. & O'BRIEN, P. J. 2001: Resolving the relationship between high P–T rocks and gneisses in collisional terranes: an example from the Gföhl gneiss-granulite association in the Moldanubian Zone, Austria. — *Lithos* **58**, 33–54. [https://doi.org/10.1016/S0024-4937\(01\)00049-4](https://doi.org/10.1016/S0024-4937(01)00049-4)



- CSÖLLEY E. V. 2014: A dunavarsányi pleisztocén kavicsösszlet exotikus vulkáni tömbjeinek petrográfiai vizsgálati eredményei. — *Kézirat*, Diplomamunka ELTE TTK Kőzettan-Geokémiai Tanszék 167 p.
- DIONNE, J.-C. 1968: Morphologie et sedimentologie glacielle litoral sud du Saint-Laurent. — *Zeitschrift Für Geomorphologie, Supplementband 7*, 56–84.
- FRANKE, W. 1989: Tectonostratigraphic units in the Variscan belt of Central Europe. — *Geological Society of America Special Papers* **230**, 67–90. <https://doi.org/10.1130/spe230-p67>
- FUCHS, Y., ERTL, A., HUGHES, M. J., PROWATKE, S., BRANDSTÄTTER, F. & SCHUSTER, R. 2005: Dumortierite from Gföhl unit, Lower Austria: chemistry, structure and infra-red spectroscopy. — *European Journal of Mineralogy* **17**, 173–183. <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2005/0017-0173>
- GÁBRIS, G., & NÁDOR, A. 2007: Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary: a review and new synthesis. — *Quaternary Science Reviews* **26/22**, 2758–2782. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.06.030>
- HAHN Gy. 1975: A magyarországi hegységelőteri, dombvidéki és medencebeli löszök és löszszerű üledékek morfológiája és kronológiája. — *Kézirat*, Kandidátusi értekezés.
- HALAVÁTS Gy. 1895: Az Alföld Duna–Tisza közötti részének földtani viszonyai. — *MÁFI Évkönyve* **11**.
- HLAWATSCH, C. 1911: Über einige Mineralien der Pegmatit-gänge im Gneise von Ebersdorf bei Pöchlarn, Niederösterreich. — *Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt* **11**, 259 p.
- HORUSITZKY H. 1917: A győri ipar- és hajózási csatorna geológiai szelvénye. — *Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1916-ról*. Budapest. 619–626.
- HORVÁTH F., BADA G., WINDHOFFER G., CSONTOS L., DOMBRÁDI E., DÖVÉNYI P., FODOR L., GRENERCZY Gy., SÍKHEGYI F., SZAFIÁN P., SZÉKELY B., TIMÁR G., TÓTH L., TÓTH T. 2006: A Pannon-medence jelenkori geodinamikájának atlasza: Euro-konform térképsorozat és magyararázó. A Pannon-medence és környezete digitális terepmodellje. — *Magyar Geofizika* **47/4**, 133–137.
- JÁMBOR Á. 2010: Hömpölyök — óriás kavicsok — előfordulása a hazai pleisztocén folyóvízi képződményekben. — *Földrajzi Közlemények* **134/2**, 159–171.
- JASKÓ S. & KORDOS L. 1990: A Budapest–Adony–Örkény közötti terület kavics formációja. — *MÁFI Évi Jelentése 1988-ról*, 153–167.
- JOBSTMANN, B. 1912: Auffindung von Dumortierit im anstehenden Pegmatit bei Ebersdorf (bei Pöchlarn). — *Tschermaks Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 1912*, p.120.
- KALKE, H., LOEWEN, M., MCFARLANE, V., & JASEK, M. 2015: Observation of anchor ice formation and rafting of sediments. — In 18th Workshop on the Hydraulics of Ice Covered Rivers. Quebec City, QC, Canada.
- KIESEWETTER, L. & KNOBLOCH, G. 2003: Die Minerale des Raumes Spitz/Donau. — *MEFOS* **14/26**, 4–22.
- KÁZMÉR, M. 2007: Paleogén ősföldrajz az alpi-kárpáti régióban. — *Kézirat*, MTA Doktori értekezés. 129 p.
- KEMPEMA, E. W. & ETTEMA, R. 2011: Anchor ice rafting: observations from the Laramie River. — *River research and applications*, **27/9**, 1126–1135. <https://doi.org/10.1002/tra.1450>
- KRIVÁN P. 1973: A periglaciális Dunai-üledékek közelhegységi törmelékanyagának eredete a Dunakanyartól a Pesti Síksáig. — *Földtani Közlemény* **103**, 136–144.
- KRUMBEIN, W. C. 1941: Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. — *Journal of Sedimentary Petrology* **11**, 64–72. <https://doi.org/10.1306/d42690f3-2b26-11d7-8648000102c1865d>
- LEMBERKOVICS V. 1998: Gránát – turmalin tartalmú granitoid kőzetek a Délegyháza környéki pleisztocén kavicssteraszról. — *Kézirat*, Tudományos Diákköri Dolgozat, ELTE TTK Kőzettan-Geokémiai Tanszék 49 p.
- LINDSEY, D. A., LANGER, W. H. & VAN GOSEN, B. S. 2007: Using pebble lithology and roundness to interpret gravel provenance in piedmont fluvial systems of the Rocky Mountains, USA. — *Sedimentary Geology* **199/3–4**, 223–232. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2007.02.006>
- LÖFFLER, E. & KOLITSCH, U. 2011: Die Mineralien der Loja bei Persenbeug, Niederösterreich (II). — *Mineralien-Welt* **22/4**, 51–62.
- LÖRENTHEY I. 1906: Budapest pannóniai és levantei korú rétegei és ezek faunája. — *Matematikai és Természettudományi Értesítő* **24**, 298–342.
- MARTINI, I. P., KWONG, J. K., & SADURA, S. 1993: Sediment Ice Rafting and Cold Climate Fluvial Deposits: Albany River, Ontario, Canada. — *Alluvial Sedimentation (Special Publication of the IAS)*, **17**, 63–76. <http://doi.org/10.1002/9781444303995.ch6>
- MÁTÉ L. 2005: A dunavarsányi Aqua Kft. kavicsbányájában termelt felsőpleisztocén folyóvízi eredetű kavicsos összlet andezitkavicsainak statisztikai és kőzettani vizsgálata. — *Kézirat*, Diplomamunka ELTE TTK Kőzettan-Geokémiai Tanszék 136 p.
- MICSINAI D. & MOLNÁR M. 2010: Dél-Pesti síkság pleisztocén kavicsösszletének vizsgálata Dunavarsányban. — *Kézirat*, Tudományos Diákköri Dolgozat, ELTE TTK Kőzettan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 45 p.
- MILLER, K. L., SZABÓ, T., JEROLMACK, D. J., & DOMOKOS, G. 2014: Quantifying the Significance of Abrasion and Selective Transport for Downstream Fluvial Grain Size Evolution. — *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* **119/11**, 2412–2429. <https://doi.org/10.1002/2014JF003156>
- MOGYORÓSI T. 2013: A dunavarsányi pleisztocén üledékes összlet kainozoikumai, prekvarter ősmaradvány-tartalmú kavicsainak, hömpölyeinek első vizsgálata. — *Kézirat*, Diplomamunka, ELTE TTK Kőzettan-Geokémiai Tanszék 70 p.
- NAGY B. 2002: A felszínfejlődés késő-pleisztocén-holocén jellegzetességei a Sajó–Hernád hordalékkúpon. — *Földtani Közlemény* **132/különszám**, 93–100.
- NEUMAYER, R. 1980: Neue Mineralfunde aus dem Waldviertel. — *Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft* **127**, 30–32.
- PÉCSI M. 1959: A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalaklata. — *Földrajzi Monográfiák* **3**. Akadémia Kiadó, Budapest. 345 p.

- RACEK, M., ŠTÍPSKÁ, P., PITRA, P., SCHULMANN, K. & LEXA, O. 2006: Metamorphic record of burial and exhumation of orogenic lower and middle crust: a new tectonothermal model for the Drosendorf window (Bohemian Massif, Austria). — *Mineralogy and Petrology* **86/3–4**, 221–251. <https://doi.org/10.1007/s00710-005-0111-7>
- RÓNAI A. 1985: Az Alföld negyedidőszaki földtana. — *Geologica Hungarica series Geologica* **21**, 446 p.
- SCHAFARZIK F. 1914: Jegyzőkönyv az 1913. nov. 5-i szakülésről. — *Földtani Közlöny* **40**, p. 88.
- SCHAFARZIK F. 1918: A budapesti Duna paleohydrográfiája. — *Földtani Közlöny* **48**, 184–200.
- SÜMEGI P. 2001: A negyedidőszak földtanának és öskörnyezetének alapjai. — *JATE Press*, Szeged. 262 p.
- SZABÓ J. 1872: Egy morena képződmény a Mátrában. — *Földtani Közlöny* **2**, 233–241.
- SZABÓ J. 1879: Budapest geológiai tekintetben. — *Különlenyomat a Magyar Orvosok és Természetvizsgálók 1879-iki Vándorgyűlésének munkálataiból, Budapest*, 116 p. + 1 földtani térkép és 3 tábla
- SZABÓ J. 1888: A jégkorszak hatása Magyarországon. — *Földtani Közlöny* **18**, 367–371.
- SZEBERÉNYI, J. 2010: Geomorphological environment of boulders and grain-size analysis of gravel sheets in the Southern Börzsöny, Hungary. — *Hungarian Geographical Bulletin* **59/4**, 371–392.
- T. BIRÓ K., JÓZSA S., J. SZABÓ K. & M. VIRÁG Zs. 2013: Duna: A nagy szállítószalag. — *Archeometriai Műhely* **2013/X/1**, 33–49.
- VARGA M. 2010: Magyarországi andaluzitos gránit hömpölyök petrográfiája (Dunavarsány, Nyugati-Mecsek térségben). — *Kézirat*, Diplomamunka, ELTE TTK, Közettan-Geokémiai Tanszék, 125 p.
- VÍGH Cs. 2010: Granulitok a Duna pleisztocén korú kavicsanyagából. — *Kézirat*, Diplomamunka, ELTE TTK Közettan-Geokémiai Tanszék 124 p.
- ZAYDAN, A. & SCHARBERT, H. G. 1983: Petrologie und Geochemie moldanubischer metamorpher Serien im Raume Persenbeug (südwestl. Waldviertel). — *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, **126/1**, 181–199.
- ZSEMLE, F., TÖRÖK, K., JÓZSA, S. & KÁZMÉR, M. 2001: Granulite pebbles from the Upper Pleistocene terrace of the Danube at Délegyháza, Hungary. — *Földtani Közlöny* **131/3–4**, 461–474.
- webes hivatkozás: <http://static.panoramio.com/photos/original/19598823.jpg>
- Kézirat beérkezett: 2017. 02. 14.