

NEFRIT KŐESZKÖZÖK KÖZETTANI VIZSGÁLATA RONCSOLÁSMENTES MÓDSZEREKKEL:  
TÍPUSOK, LEHETSÉGES NYERSANYAG-FORRÁSOK AZONOSÍTÁSA (ELŐZETES EREDMÉNYEK)

Péterdi Bálint<sup>1\*</sup>, Szakmány György<sup>2</sup>, Bendő Zsolt<sup>2</sup>, Kasztovszky Zsolt<sup>3</sup>,  
T. Biró Katalin<sup>4</sup>, Grzegorz Gil<sup>5</sup>, Harsányi Ildikó<sup>3</sup>, Mile Viktória<sup>3</sup>, Szilágyi Szandra<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

\*e-mail: peterdi.balint@gmail.com

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Közöttan-Geokémiai Tanszék,  
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

<sup>3</sup> Magyar Tudományos Akadémia, Energiatudományi Kutatóközpont, 1121, Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29-33.

<sup>4</sup> Magyar Nemzeti Múzeum

<sup>5</sup> University of Wrocław, Institute of Geological Sciences, Pl. Maksa Borna 9, 50-205 Wrocław, Poland

**Abstract** *Nephrite is mainly known in prehistoric context as raw material for polished stone tools. It is present among archaeological finds in Hungary only in a few numbers. They are known mostly from Transdanubian archaeological sites. The general aim of our investigations is the detailed petrographic and geochemical examination of the nephrite artefacts found on Hungarian sites, and locating the origin of the raw materials. The material was basically investigated by non-destructive methods (PGAA, non-destructive SEM-EDX) to avoid invasive analyses on the complete artefacts. In this study, preliminary results are presented. Based on their chemical composition, most of the artefacts measured so far belong to the S-type (serpentine-related) nephrite deposits. On the basis of their microscopic and mineralchemical features, the artefacts investigated so far can be divided into five raw material types: (1) Almost pure tremolite-nephrite with only a few fine grained magnetite or ilmenite grains and some pseudomorphs after pyroxenes. (2) almost pure actinolite-nephrite with only a few very fine grained magnetite or ilmenite grains. (3) almost pure tremolite-nephrite with a few chlorite and some pseudomorphs after pyroxenes. (4) actinolite-nephrite, with chlorite, relict clinopyroxenes (diopside), pseudomorphs after pyroxenes, spinels and garnets. Magnetite, limonite, apatite and titanite also occur. There is a typical association of chromite spinel and grossular garnet in this type. (5) actinolite-nephrite – sometimes also tremolite - with chlorite, relict clinopyroxenes and spinel (chromite), but garnet is missing. We have already built a database of the possible nephrite raw material sources of Europe - descriptions and survey data: mineral-, textural- and chemical composition. On the basis of our investigations the most probable raw-material sources are the following: type (1) and (3) belongs to Jordanów, Poland. The provenance of the other types are not so clear, but we have candidates from the Swiss Alps. There is a nephrite type in Jordanów, that looks very similar to type (4), but the main amphibole type is tremolite in all Jordanów samples, while actinolite in the type four artefacts.*

**Kivonat** *Magyarországi régészeti leletanyagban – főként csiszolt kőeszközök nyersanyagaként - nefritet csak kis számban és főként dunántúli lelőhelyekről ismerünk. Munkánk célja a nefrit kőeszközök részletes közettani és geokémiai vizsgálata; nyersanyaguk szerinti csoportosítása, illetve a nyersanyagok származási helyére vonatkozó következtetések levonása. A kőeszközök épségének megőrzése érdekében csak roncsolásmentes vizsgálatokat alkalmaztunk (PGAA, roncsolásmentes SEM-EDX). Cikkünkben előzetes eredményeket közlünk. Teljes közet kémiai összetételük alapján a már megvizsgált nefrit kőeszközök nagy része S-típusú (szerpentinesedett utrabázisos kőzetes-típusú) nefrit-lelőhelyekhez köthető. Eredményeink alapján az eddig megvizsgált kőeszközök – nyersanyaguk mikroszkópos és ásványkémiai jellemzői alapján – öt csoportba sorolhatók: (1) Szinte “tisza” tremolit-nefrit, csak apró magnetit, ritkán ilmenit szemcséket tartalmaz, valamint piroxének utáni pszeudomorfózákat. (2) Szinte “tisza” aktinolit-nefrit, csak apró magnetit, ritkán ilmenit szemcséket tartalmaz. (3) Szinte “tisza” tremolit-nefrit, kevés klorittal és piroxén utáni pszeudomorfózával. (4) Aktinolit-nefrit, klorittal, relikl klinopiroxénnel (diopsziddal), piroxén utáni pszeudomorfózákkal, spinellekkel és gránátokkal. Magnetit, limonit, apatit és titanit szintén megtalálható ebben a típusban. Nagyon jellegzetes képet mutat a spinellek (krómit) és gránátok (grosszulár) együttes megjelenése. (5) Aktinolit-nefrit – de néhány esetben tremolit is megtalálható – klorittal, relikl klinopiroxénnel és spinellekkel (krómittal), de a gránátok ebből a típusból hiányoznak. Az európai nefritlelőhelyek nyersanyag típusairól – irodalmi adatok és általunk vizsgált minták alapján –*

általunk készített adatbázist (Péterdi et al. 2014) használtuk a lehetséges nyersanyagforrások azonosításához. Az eddig megvizsgált nefrit kőeszközök makroszkópos megjelenése, ásványos összetétele, szövete, valamint teljes közet kémiai összetétele alapján a legvalószínűbb nyersanyag forrásterületek a következők: Az (1) és (3) típus nyersanyagának forrása Jordanów (Alsó-Szilézia, Lengyelország). A többi típus nyersanyag-eredete még nem tisztázott, de egyes svájci lelőhelyek jellemzői nagy hasonlóságot mutatnak ezekkel a típusokkal. Az egyik jordanói nefrit-típus nagyon hasonlít a (4) típusra, de a fő közetalkotó amfibol Jordanówban a tremolit, míg a 4. típusba tartozó régészeti leletek esetében aktonolit.

**Kulcsszavak** nefrit, csiszolt kőeszköz, proveniencia-vizsgálatok

**Key words** nephrite, polished stone tool, provenience studies

---

### Bevezetés, régészeti háttér, a kutatás célja

Magyarországi régészeti leletanyagban nefritet csak kis számban és főként dunántúli lelőhelyekről ismerünk, elsősorban a Mihálydy-gyűjtemény (Szakmány et al. 2001) és az Ebenhöch-gyűjtemény anyagában (Friedel 2008; Friedel et al. 2008, 2011). Ezen gyűjteményekben őrzött régészeti leletek korok és kultúrák szerint már nem azonosíthatók a leletek szórvány jellege (Ebenhöch-gyűjtemény), illetve a hiányzó lelőhely-információk miatt (Mihálydy-gyűjtemény) (Horváth 2001).

Jelenleg is folyó kutatásaink – kapcsolódva modern ásatásokhoz és nemzetközi archeometriai programokhoz (pl. JADE 2) – néhány pontos lelőhellyel, egyes esetekben pontos régészeti kontextussal rendelkező nefrit kőeszköz azonosítását és vizsgálatát is lehetővé tették (1. táblázat, 1. ábra).

Mivel a Kárpát-medencében és közvetlen környezetében nem ismerünk nefrit-lelőhelyet, így a nefrit nyersanyagok (vagy a kész kőeszközök) biztosan nagy távolságról érkeztek a régészeti lelőhelyekre.

Munkánk célja a nefrit kőeszközök részletes közettani és geokémiai vizsgálata; nyersanyaguk szerinti csoportosítása, illetve a nyersanyagok származási helyére vonatkozó következtetések levonása.

Cikkünkben előzetes eredményeket közlünk a Mihálydy Gyűjtemény nefrit kőeszközeinek és az eddig megvizsgált pontos lelőhellyel rendelkező nefrit kőeszközök részletes közettani és geokémiai vizsgálata alapján. A későbbiekben az Ebenhöch Gyűjtemény nefrit kőeszközeinek, illetve további pontos lelőhellyel, illetve régészeti kontextussal rendelkező nefrit kőeszközök vizsgálatát is tervezzük.

### Vizsgálati módszerek

A kőeszközök épségének megőrzése érdekében csak roncsolásmentes vizsgálatokat alkalmaztunk. Mindenekelőtt makroszkóposan (szabad szemmel és kézinagyítóval) végeztünk megfigyeléseket (szín, közetszövet). A nyersanyag jellege miatt azonban a nefritek esetében a makroszkópos csoportosítás gyakran nem kivitelezhető kellő pontossággal, mivel a nefrit típusok szabad szemmel nem, vagy csak nagyon nehezen különböztethetők meg egymástól.

A pontos közettani csoportosítás érdekében roncsolásmentes teljes közet kémiai vizsgálatokat (prompt-gamma aktivációs analízis – PGAA) és roncsolásmentes ásványkémiai vizsgálatokat (roncsolásmentes SEM-EDX, “eredeti felszín módszer”) végeztünk.

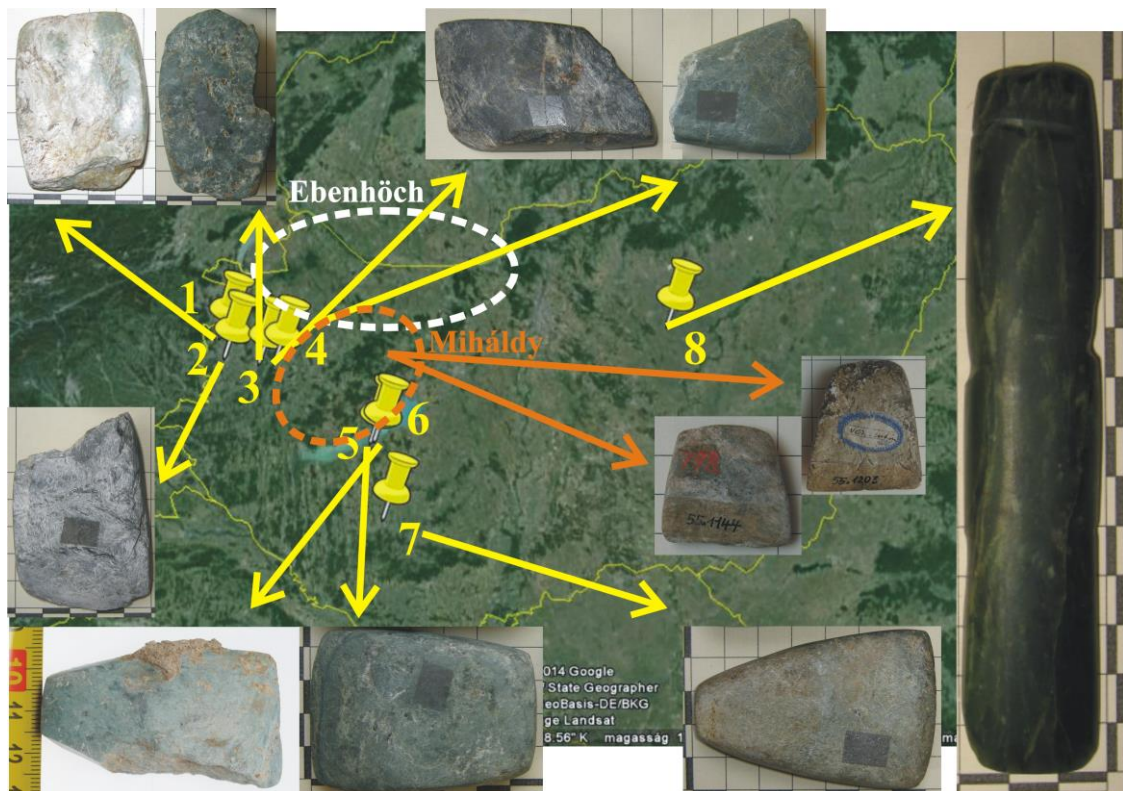
Az európai nefritlelőhelyek nyersanyagfajtajáról – irodalmi adatok és általunk vizsgált minták alapján - általunk készített adatbázist (Péterdi et al. 2014) használtuk a lehetséges nyersanyagforrások azonosításához.

A prompt-gamma aktivációs analitikai mérések a Budapesti Neutron Centrum PGAA és NIPS-NORMA mérőhelyein készültek. A mérőhelyeken a minta pozíciójában mért termikus ekvivalens neutronfluxus  $7.75 \times 10^7 \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , ill.  $2.75 \times 10^7 \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  volt. A PGAA mérőhely mintatartó kamrája maximum  $5 \text{cm} \times 5 \text{cm} \times 10 \text{cm}$ , míg a NIPS-NORMA mérőhely  $20 \text{cm} \times 20 \text{cm} \times 20 \text{cm}$  méretű tárgy befogadására alkalmas. Utóbbinál a vizsgált tárgyakat neutronokkal átvilágítva 2- ill. 3-dimenziós képeket, valamint ún. „elemtérképeket” is készíthetünk a tárgyról. Mindkét mérőhelyen a besugárzásnál alkalmazott neutronnyaláb keresztmetszete  $5 \text{mm}^2$  és  $400 \text{mm}^2$  között változtatható, és igény szerint egy nagyobb tárgy kiválasztott része is vizsgálható (Kis et al, 2015). Közetek vizsgálata során a neutronok több cm

mélységig behatolnak a mintába, így a módszer tömbi („bulk”) elemzésnek tekinthető, amelynek során a kőszköz jelentős térfogataról kapunk információt, ellentétben más roncsolásmentes kémiai elemzési módszerekkel, amelyek esetében csak a felszínről, illetve annak közvetlen közeléből kapunk kémiai összetételi adatokat. A PGAA és NIPS-NORMA berendezések aktuális jellemzőit Szentmiklósi és munkatársai írják le (Szentmiklósi et al. 2010). Az  $(n,\gamma)$  magreakcióban keletkező fotonok detektálása 16k sokcsatornás analizátorhoz kapcsolódó Canberra HPGe-BGO-detektorrendszerrel, a spektrum értékelése Hypermet PC szoftverrel történik. A főelemek és néhány nyomelem mennyiségi meghatározása standardizáló mérések alapján összeállított ún. „PGAA-könyvtár alapján” zajlik (Révay, 2009). A legtöbb geológiai (kőzet-) minta esetén valamennyi főösszetevő és néhány – nagy érzékenységgel mérhető – nyomelem (B, Cl, Sc, V, Cr, Nd, Sm, Gd) mennyiségileg meghatározható. A PGAA módszer egyedi lehetőséget nyújt pl. a kis

mennyiségű H és B roncsolásmentes meghatározására.

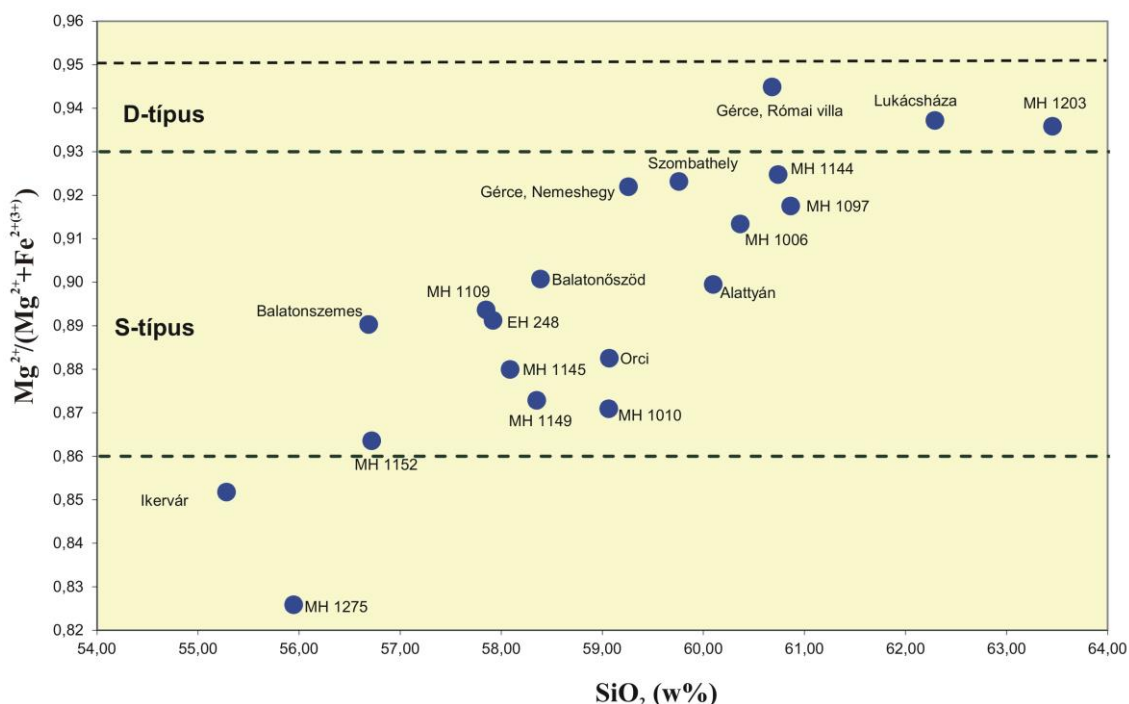
A roncsolásmentes elektron-mikroszkópos (roncsolásmentes SEM-EDX) vizsgálatok az ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézetében, a Kőzettan-Geokémiai Tanszéken készültek, a nemrég kifejlesztett „eredeti felszín módszerrel” (Bendő et al., 2012). A mérésekhez használt műszer EDAX PV9800-as energiadiszipatív spektrométerrel felszerelt AMRAY 1830 típusú pásztázó elektronmikroszkóp. A mérés és a fotózás 20 kV gyorsítófeszültségen, 1 nA mintaárammal történt, a mérési pont átmérője minden esetben megegyezett a fókuszált elektronsugár átmérőjével (~50-100 nm). A mérési idő 100 s (livetime). A mérési körülmények ideálistól eltérő volta miatt (a csiszolt kőszközök felülete nem teljesen sík) az egyes ásványfázisok összetételéről ezzel a módszerrel csak fél-quantitatív elemzést lehet készíteni, azaz az így nyert ásványkémiai adatok nagyfokú pontatlansággal terheltek, csak tájékoztató jellegűek lehetnek.



1. ábra. A vizsgált régészeti leletek és lelőhelyek (rövidítések: 1. Lukácsháza; 2. Szombathely; 3. Ikervár; 4. Gérce; 5. Balatonszemes; 6. Balatonőszöd; 7. Orci; 8. Alattyan; Ebenhöch – Ebenhöch Gyűjtemény, Magyar Nemzeti Múzeum; Mihályd - Mihályd Gyűjtemény, Laczkó Dezső Múzeum, Veszprém).

1. táblázat. Mintadarabok és elvégzett vizsgálatok. (Rövidítések: DVK – Dunántúli vonaldíszes kerámia kultúrája; EH – Ebenhöch Gyűjtemény; LDM – Laczkó Dezső Múzeum, Veszprém; MH – Mihály Gyűjtemény; MNM – Magyar Nemzeti Múzeum; PGAA - prompt-gamma aktivációs analízis; RRM – Rippl-Rónai Múzeum, Kaposvár; SEM-EDX - roncsolásmentes SEM-EDX, "eredeti felszín módszer"; SM – Savaria Múzeum, Szombathely).

Mintajel	Lelőhely	Kultúra / Kor	Azonosító / Leltári Szám	Pgaa	Sem-Edx
Alattyán	Alattyán, Vízköz	Tisza kultúra	-	+	+
Balatonőszöd	Balatonőszöd, Temetői-dűlő	Badeni kultúra IIB-III	B-991. gödör	+	+
Balatonszemes	Balatonszemes-Szemesi berek	Badeni kultúra vagy DVK	18.3/696.1 (RRM)	+	+
Ikervár	Ikervár, Péterfa major	Badeni kultúra	4.12.5/3, 217 obj. (SM)	+	+
Gérce, Nemeshegy	Gérce, Nemeshegy alja	bizonytalan (terepbejárás)	8.10.6/3 (SM)	+	+
Gérce, Római villa	Gérce, Római villa II.	bizonytalan (terepbejárás)	Gy. 2004 (SM)	+	+
Lukácsháza	Lukácsháza	ismeretlen	4150 (RRM)	+	+
Orci	Orci	ismeretlen	4004 (RRM)	+	+
Szombathely	Szombathely, Táncsics M. u. 44.	Badeni kultúra	70. gödör (SM)	+	+
MH 1006	ismeretlen	ismeretlen	55.1006 (LDM)	+	-
MH 1010	ismeretlen	ismeretlen	55.1010 (LDM)	+	-
MH 1097	ismeretlen	ismeretlen	55.1097 (LDM)	+	+
MH 1109	ismeretlen	ismeretlen	55.1109 (LDM)	+	-
MH 1144	ismeretlen	ismeretlen	55.1144 (LDM)	+	+
MH 1145	ismeretlen	ismeretlen	55.1145 (LDM)	+	-
MH 1149	ismeretlen	ismeretlen	55.1149 (LDM)	+	+
MH 1152	ismeretlen	ismeretlen	55.1152 (LDM)	+	+
MH 1203	ismeretlen	ismeretlen	55.1203 (LDM)	+	+
MH 1275	ismeretlen	ismeretlen	55.1275 (LDM)	+	-
EH 248	ismeretlen	ismeretlen	300/876.248. (MNM)	+	-



2. ábra. Teljes kőzet kémiai összetétel (PGAA-eredmények): vizsgált régészeti leletek. (Rövidítések: MH - Mihály Gyűjtemény, Laczkó Dezső Múzeum, Veszprém; EH - Ebenhöch Gyűjtemény, Magyar Nemzeti Múzeum).

### Vizsgálati eredmények – makroszkópos tulajdonságok

A vizsgált nefrit-eszközök színe változatos képet mutat: fehér, halványzöld illetve sötétebb zöld árnyalatok is előfordulnak. A fehér példányok felülete a mállás, eltemetődés hatására világos vagy sötétszürke, esetenként kékesszürke árnyalattá változhat. Egyes példányokon több alapszínváltozat is megjelenik, általában a fehér - halványzöld, halvány kékeszöld árnyalatok. Minden színváltozat felületén megjelenhetnek vörösbarna foltok, de ezek a leletek belsejében (sérült, tört felületeken) hiányoznak. A kőzetek szövetére jellemző az amfibolok szálas megjelenése, a szálak hajladozása, kéve-szerű egymásba fonódása („nefrit-szövet”) (1. ábra).

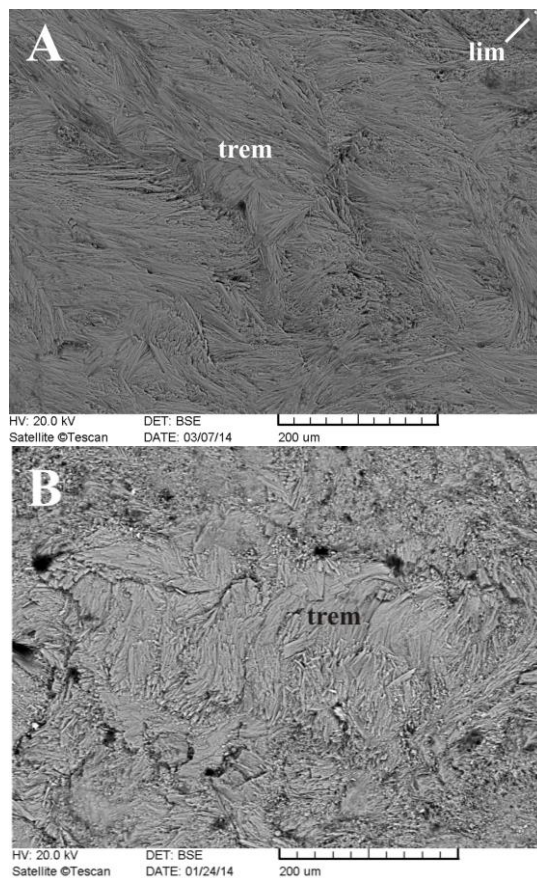
### Vizsgálati eredmények – teljes kőzet kémiai összetétel (pgaa)

Irodalmi adatok alapján a nefritek képződésük szerint két csoportba oszthatóak: az első típus kontakt metasomatózis útján jön létre intermediér-savanyú intrúziók és dolomitos márványok között (dolomitos típus, D-típus), a második típus esetében a kontakt metasomatózis a magmás test és szerpentin között megy végbe (szerpentinisedett ultrabázisos kőzetes-típus, S-típus) (Zhang et al 2011). A két típus közötti lényeges geokémiai eltérés mutatkozik a  $Mg^{2+}/(Mg^{2+}+Fe^{2+}+Fe^{3+})$  molarányban, amely D-típusú nefritek esetében 0,930-1 között van, míg S-típusú nefritek esetében 0,860-0,930 közé esik (Zhang et al 2011). A két típus közötti határ kijelölése azonban – valószínűleg – önkényesen történt, mivel a kínai geológiai minták értékei közül egy sem esik a 0,920 és 0,950 közötti tartományba. Véleményünk szerint tehát ebben a tartományban máshol is kijelölhető volna a határ.

Az eddig már megvizsgált magyarországi nefrit kőeszközök nagy része S-típusú (2. ábra), csak néhány lelet összetétele esik a D-típusba (de ezek értékei sem haladják meg a 0,950-es értéket). A fentiek alapján meg kell azonban jegyeznünk, hogy kutatásaink alapján a két típus közötti – geokémiai – határvonal nem igazán éles: a roncsolásmentes módszerek hibahatárai miatt a határvonalhoz közeli értékekkel rendelkező leletek egyedi mérlegelést – és más vizsgálatok eredményével való összevetést – igényelnek.

### Vizsgálati eredmények – mikroszkópos jellemzők (ásványos összetétel, szövet), ásványkémia (roncsolásmentes sem-edx)

A pontos lelőhellyel rendelkező nefrit kőeszközök mindegyikét, valamint a Mihály Gyűjtemény nefrit kőeszközeinek nagy részét vizsgáltuk az „eredeti felszín módszerrel”. Eredményeink alapján az eddig megvizsgált kőeszközök – nyersanyaguk mikroszkópos és ásványkémiai jellemzői alapján – öt csoportba sorolhatók:

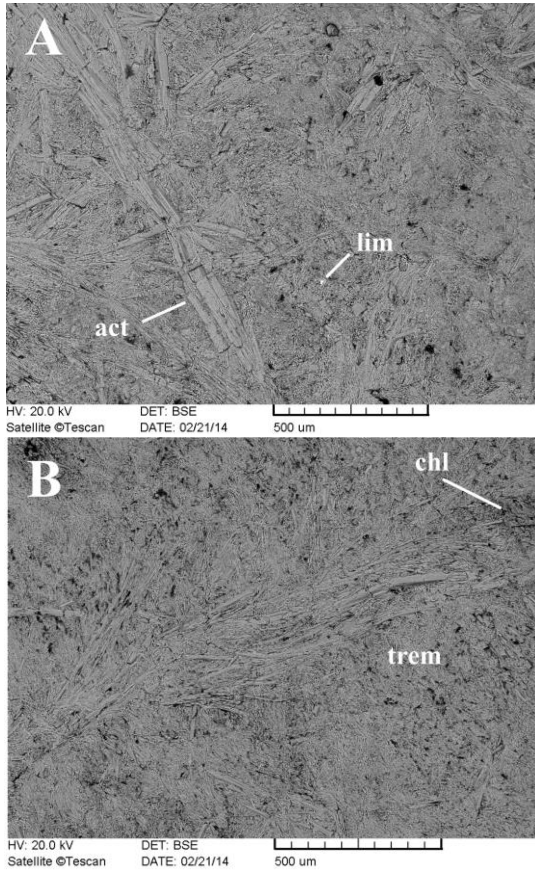


3. ábra. A-B) SEM-fotó: szöveti kép (1. típus). (Rövidítések: trem – tremolit, lim – limonit).

1. típus: szinte “tisztá” tremolit-nefrit. Csak apró magnetit (és ebből mállott limonit), valamint ritkán ilmenit szemcséket tartalmaz, de ezek teljesen hiányozhatnak is. Helyenként még felfedezhetőek az eredeti piroxének utáni pszeuromorfózák (áalakok) (3. ábra).

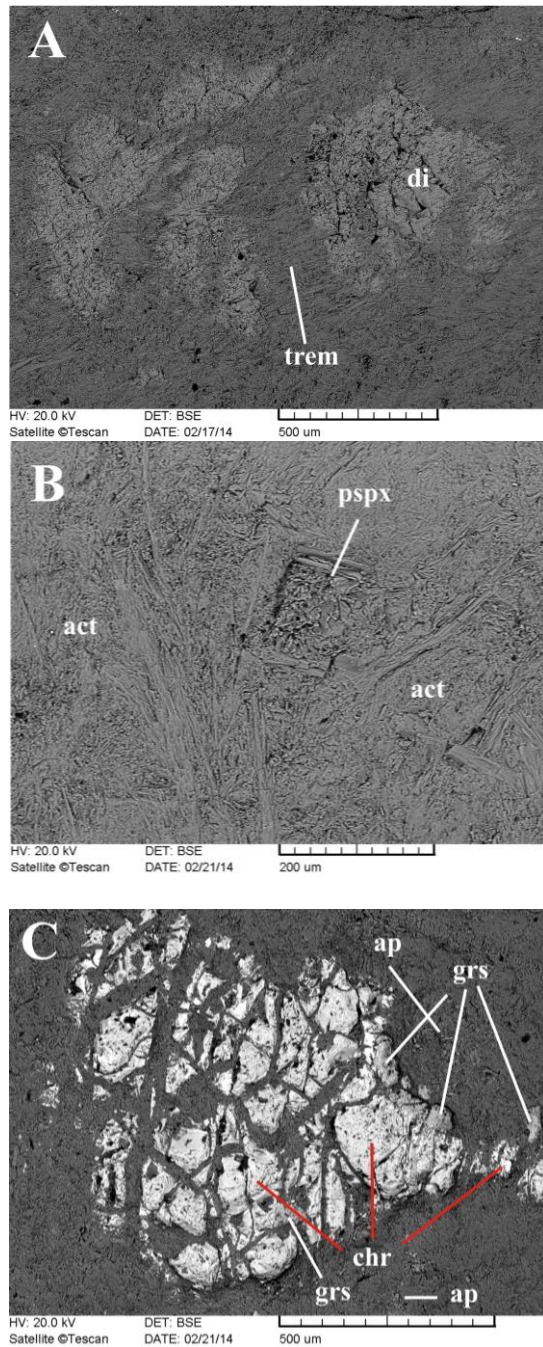
2. típus: szinte “tisztá” aktinolit-nefrit. Csak apró magnetit (és ebből mállott limonit), valamint ritkán ilmenit szemcséket tartalmaz (4.A. ábra).

3. típus: szinte “tisztá” tremolit-nefrit, kevés klorittal és piroxén utáni pszeudomorfózával (4.B. ábra).

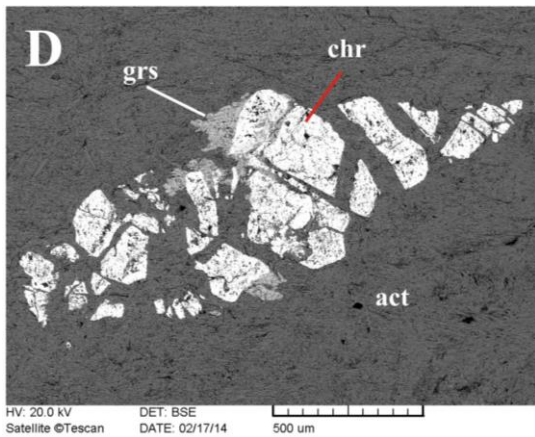


4. ábra. A) SEM-fotó: szöveti kép (2. típus). (Rövidítések: act – aktinolit, lim – limonit), B) SEM-fotó: szöveti kép (3. típus). (Rövidítések: trem – tremolit, chl – klorit).

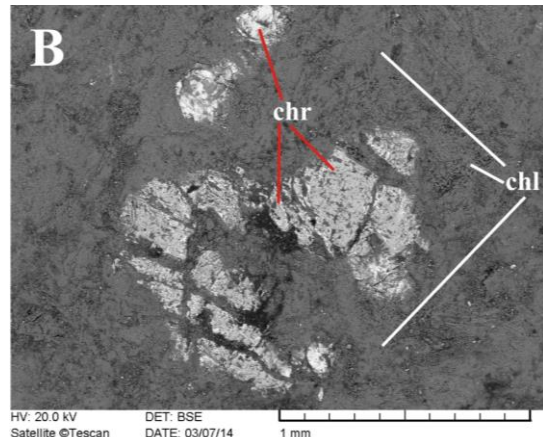
4. típus: aktinolit-nefrit, klorittal, reliktné diopszidokkal (diopsziddal), piroxén utáni pszeudomorfózásokkal és viszonylag nagyméretű kísérő-ásványokkal: spinellekkel és gránátokkal (5. ábra). A reliktné diopszidokban az amfibol helyenként erek formájában jelenik meg (5.A. ábra: az ábrán megjelenő amfibol összetétele alapján a tremolit/aktinolit határon helyezkedik el). Magnetit, limonit, apatit és titanit szintén megtalálható ebben a típusban, járulékos elegyrészként. Nagyon jellegzetes képet mutat a spinellek (krómit) és gránátok (grosszular, illetve az ugrandit sorba tartozó egyéb gránátok) együttes megjelenése (5.C-D. ábra).



5. ábra. A) SEM-fotó: szöveti kép (4. típus). (Rövidítések: trem – tremolit (a tremolit/aktinolit határon elhelyezkedő összetételű), di – diopszid), B) SEM-fotó: szöveti kép (4. típus). (Rövidítések: act – aktinolit, pspx – piroxén utáni pszeudomorfóza), C) SEM-fotó: szöveti kép (4. típus). (Rövidítések: grs – gránát, chr – krómit, ap – apatit)



5. ábra. D) SEM-fotó: szöveti kép (4. típus). (Rövidítések: grs – gránát, chr – krómit, act – aktinolit)

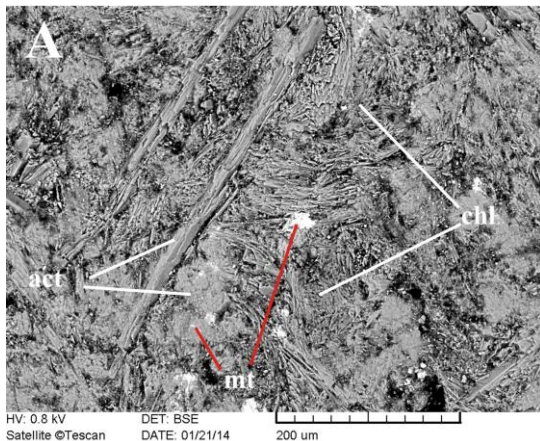


6. ábra. B) SEM-fotó: szöveti kép (5. típus). (Rövidítések: chr – krómit, chl – klorit)

A nefritképződés fő átalakulási folyamata (tremolit/aktinolit képződése diopszidból) mellett a gránátok átalakulása spinellé és kloritá is jellemző (Gil et al. in press) Ebben a típusban tehát még megtalálhatók az eredeti gránátok reliktumai.

5. típus: aktinolit-nefrit – néhány esetben tremolit is található a mintákban – klorittal, reliktklinopiroxénnel és spinellekkel (krómittal), de a gránátok ebből a típusból hiányoznak. (6. ábra). Ebben a típusban tehát már nem található reliktkrónát, de spinell és klorit együttese igen.

Összességében elmondható, hogy a nefrit fő kőzetalkotó amfibol típusa (tremolit vagy aktinolit) változó, előfordulnak kevert minták is (7. ábra).



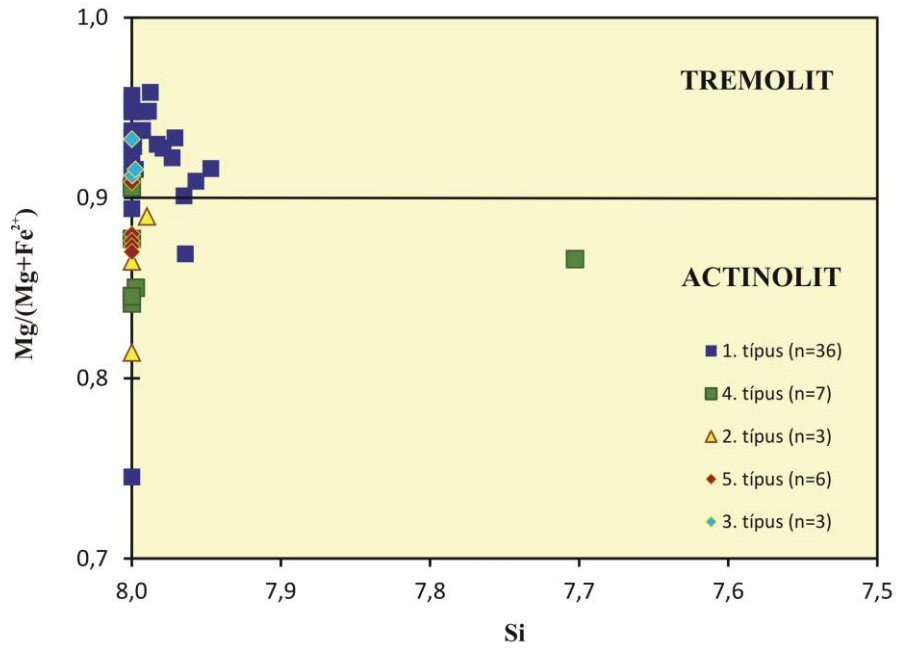
6. ábra. A) SEM-fotó: szöveti kép (5. típus). (Rövidítések: act – aktinolit, chl – klorit, mt – magnetit),

### Lehetséges forrásterületek

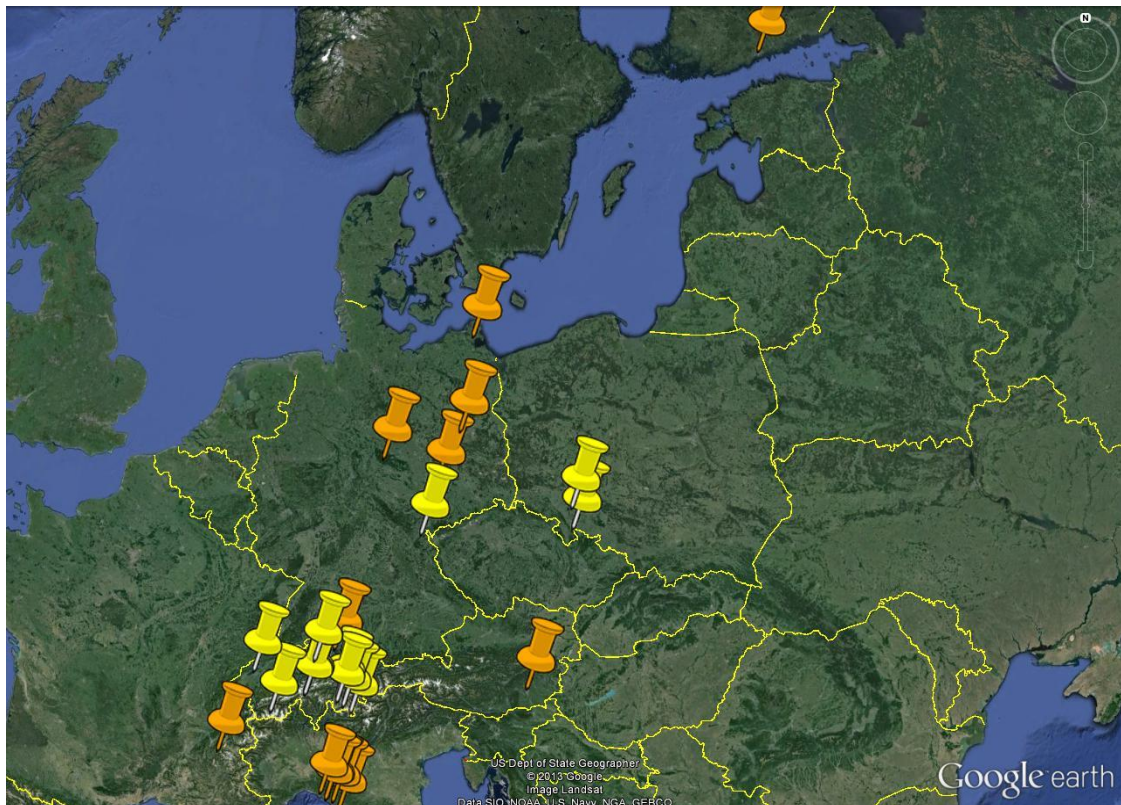
Esztétikus megjelenése és az egymást átszövő vékony amfibol szálakból álló, tömött szövet biztosította szívóssága kiváló csiszolt kőeszköz nyersanyaggá teszi a nefritet, ezért széles körben elterjedt nyersanyag volt Európában a neolitikumban és a rézkorban, bár a nefrit-testek kis mérete miatt nagy tömegben nem használták.

A lelőhelyek azonosítását megnehezíti, hogy a közelebbi és távolabbi múltban igen sokféle zöld színű kőzetet neveztek nefritnek (amelyek zöme nem felel meg a mai – közettani – értelemben vett nefrit-fogalomnak), és a nefritet alkotó amfibolfajták nevezéktana is változott az idők során (azaz nem feltétlenül tremolitot, vagy aktinolitot kell keresnünk a régebbi irodalmakban, hanem pl. „grammatitot”, sőt hornblendét). Segíthet azonban – az ásványos összetétel és szövet összehasonlítása mellett – a néhány lelőhelyről rendelkezésre álló kémiai elemzési eredmények összevetése a vizsgált leletek elemzési adataival.

Európában a nefrit geológiai lelőhelyeinek száma kevés: az Alpokban (Svájc, Olaszország, Franciaország, Németország és Ausztria területén is), az Appennineken, a Harz-hegységben, Skandináviában, valamint a Cseh-masszívum peremterületein vannak ismert előfordulásai. A Skandináviából az eljegesedési fázisokban jég által szállított vándorkövek között is előfordulnak nefrit anyagúak (Rügen-sziget, Potsdam és Lipcse környéke) (Gunia 2000) (8. ábra).



7. ábra. A fő kőzetalkotó amfibol típusa (roncsolásmentes SEM-EDX eredmények): régészeti leletek. (Amfibol-besorolás Leake et a. 1997 alapján.)



8. ábra. Ismert nefrit nyersanyag-források Európában (sárga jelzés – nefrit lelőhelyek részletes leírásokkal és elemzési adatokkal; narancs jelzés - nefrit lelőhelyek részletes adatok nélkül).

Említést érdemelnek az úgynevezett „Mur Nockerl”-ek, a Mura folyó hordalékából (Leoben és Graz közötti szakasz) származó nefrit-kavicsok, görgetegek. A Drávába ömlő folyócska közelebb esik a Kárpát-medencéhez, mint a többi ismert lelőhely. Annak ellenére, hogy felső folyása mentén (mielőtt áttörne a Glein Alm-on) több szerpentinisedett kőzettest is található, a nefrit-kavicsok anyakőzete nem ismert (Giess 2005). A „Mur Nockerl”-ek tremolit-nefritek (Giess 2005), de részletes leírások illetve elemzési adatok nem állnak rendelkezésre.

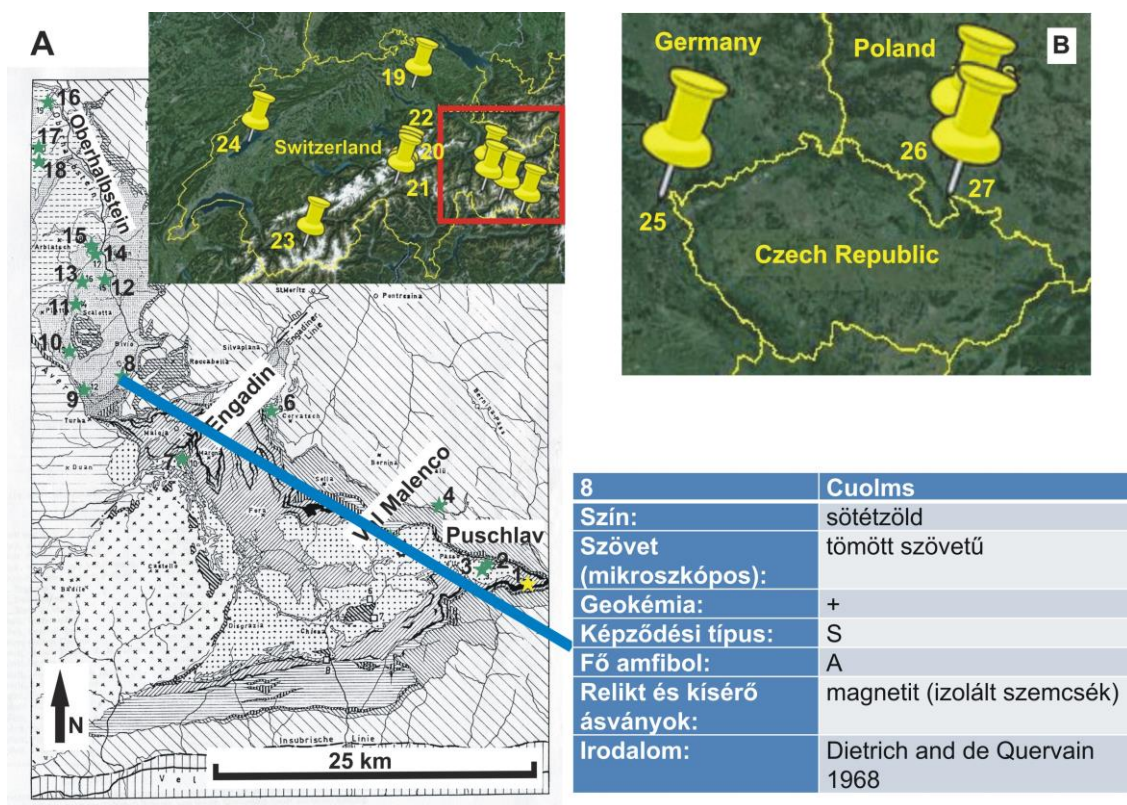
A Balkán-félszigeten előkerült nefrit-anyagú csiszolt kőeszközök jelentős száma miatt régészek feltételeznek egy nefrit nyersanyagforrást a Balkán-félszigeten is, de ezidáig még nem sikerült ezt a geológiai lelőhelyet megtalálni (Kostov 2005).

Két lehetséges nyersanyag-forrásterületről is rendelkezésünkre állnak többé-kevésbé részletes leírások és elemzési adatok (ásványos összetétel, szövet, teljes kőzet kémiai összetétel). Ez a két

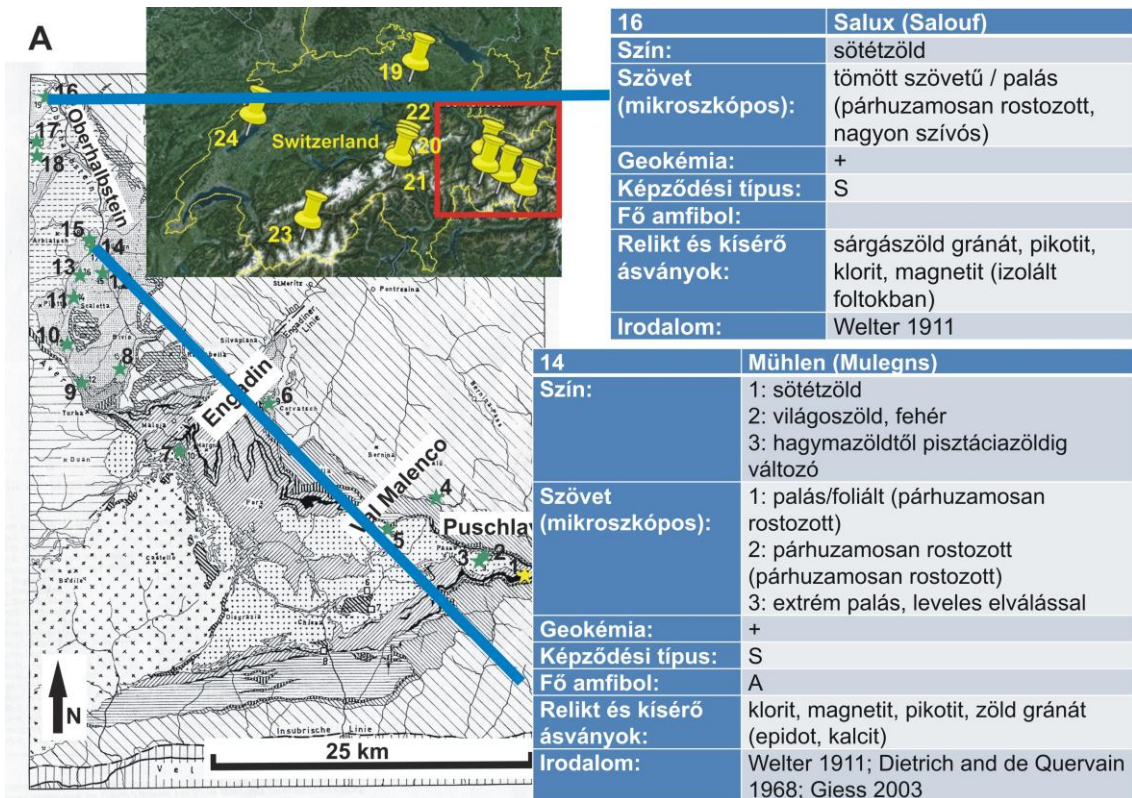
régió a Svájci Alpok (Graubünden / Grisons kanton) és a Cseh-masszívum peremterületei ((Meyer 1884; Traube 1885a, 1885b, 1887; Heierli 1902; Sachs 1902; Kalkowsky 1906; Welter 1911a, 1911b; Schneider 1912; Staub 1915, 1917; Schmidt 1917; Preiswerk 1926; Dietrich and de Quervain 1968; Gunia 2000; D’Amico et al. 2003; Giess 2003, Gil 2013, Gil et al. in press).

Jelen cikkben csak néhány nefrit-lelőhelyet mutatunk be, példaként (9-11. ábra). A teljes adatbázist és a részletes leírásokat lásd Péterdi et al. 2014.

Jordanów és Złoty Stok lelőhelyekről (Alsó-Szilézia, Lengyelország) az elmúlt néhány évben gyűjtött nefrit-minták is rendelkezésünkre állnak, ezeket modern analitikai módszerekkel (PGAA, EPMA, roncsolásmentes SEM-EDX) vizsgáltuk (Gil 2013; Gil et al. in press; Péterdi et al. 2014). Irodalmi adatok és saját vizsgálataink alapján is megállapítható, hogy sokféle nefrit-típus található ezeken a lelőhelyeken.



9. ábra. Példa a „nefrit-adatbázisból” (Péterdi et al. 2014): Cuolms.



10. ábra. Példa a „nefrit-adatbázisból” (Péterdi et al. 2014): Mühlen, Salux.

<b>26</b>	<b>Jordanów (Jordansmühi in Schlesien)</b>
<b>Szín:</b>	fehér; halvány, nagyon világos zöldtől sötétzöldig; zöldeskék, kék, rózsaszín
<b>Szövet (mikroszkópos):</b>	tömött szövetű vagy foliált vagy palás (tipikus irányítatlan szálak, rostos, párhuzamosan rostozott)
<b>Geokémia:</b>	+
<b>Képződési típus:</b>	S
<b>Fő amfibol:</b>	T
<b>Relikt és kísérő ásványok:</b>	1: „tisza” nefrit 2: piroxén utáni pseudomorfózák 3: diopszid, klorit (gyakori) 4: grosszulár, hidrogrosszulár, prehnit, antigorit, Cr-spinell, titanit, apatit, monacit, cirkon
<b>Irodalom:</b>	Traube 1885a, 1885b; Sachs 1902; Gunia 2000; Mazur et al. 2006; Gil 2013; Gil et al. 2015



11. ábra. Példa a „nefrit-adatbázisból” (Péterdi et al. 2014): Jordanów.

### Az eredmények értékelése, legvalószínűbb nyersanyag-források

A 12. ábrán a vizsgált kőeszközök teljes kőzet kémiai összetételi adatait tüntettük fel, együtt a lehetséges nyersanyagforrásokról összegyűjtött – irodalmi és saját vizsgálatokból származó - adatokkal.

A 13. ábrán mutatjuk be a vizsgált kőeszközök fő kőzetalkotó amfibol összetételi adatait, együtt a Jordanów és Złoty Stok lelőhelyekről származó általunk vizsgált nyersanyag-minták adataival.

Az eddig megvizsgált nefrit kőeszközök makroszkópos megjelenése, ásványos összetétele,

2. táblázat. Feltételezett nyersanyag-forrásterületek.

Típus	Feltételezett nyersanyag-forrás
1. típus: „tisza” tremolit + apró magnetit, limonit, ± ilmenit ± piroxén utáni pszeudomorfozák	Jordanów (Jordansmühl in Schlesien) (Alsó-Szilézia, Lengyelország)
2. típus: „tisza” aktinolit + apró magnetit, limonit ± ilmenit	Cuolms? (Oberhalbstein (Alpi di Platta), Svájc)
3. típus: tremolit + kevés klorit ± piroxén utáni pszeudomorfozák	Jordanów (Jordansmühl in Schlesien) (Alsó-Szilézia, Lengyelország)
4. típus: aktinolit + klorit, reliktnoklinoprixének (diopszid), piroxén utáni pszeudomorfozák, spinell (krómit), gránát (reliktnokrosszulár) + apró magnetit, ilmenit, ± apatit, ± titanit	Val da Faller (Faller-völgy): Mühlen (Mulegns), Forschella-csúcs, (Oberhalbstein (Alpi di Platta), Svájc) Salux? (Oberhalbstein (Alpi di Platta), Svájc) Jordanów??? (Jordansmühl in Schlesien) (Alsó-Szilézia, Lengyelország)
5. típus: aktinolit és tremolit + klorit, reliktnoklinoprixének, spinell (krómit) + apró magnetit – gránát nincs	??? (Crap Farreras?) (Oberhalbstein (Alpi di Platta), Svájc)

Az egyik jordanóvi nefrit-típus nagyon hasonlít a 4. típusra (pl. krómit-grosszulár ásványasszociáció), de a fő kőzetalkotó amfibol Jordanówban a tremolit, míg a 4. típusba tartozó régészeti leletek esetében aktinolit. Mindazonáltal a jordanóvi zöld nefrit-típusok zöld színét nem csak kis mennyiségű klorit, hanem – elsősorban ereken megjelenő – aktinolit is okozza (Gil et al. in press), ezért lehetséges, hogy ezen típus nyersanyagforrása is Jordanówban keresendő.

Jordanóvi nefritből készült kőbaltákat találtak Jordanówtól mintegy 15 km-re északra (neolitikum), Lengyelország középső területein (Gniezno közelében, ún. „Dunai kultúra”, feltehetően vonaldíszes csoportok), Felső-Sziléziában (Tölcséres szájú edények kultúrája, Zsinegdíszes edények népének kultúrája: Foltyn et al. 2000; Gunia 2000), valamint egy Szilézia csehországi részén feltárt késő neolitikumi lelőhelyen (Přichystal et al., 2012). Kulturális kapcsolatok ismeretesek a

szövege, valamint teljes kőzet kémiai összetétele alapján a legvalószínűbb nyersanyag forrásterületek a következők:

Az 1. és 3. típus nyersanyagának forrása Jordanów (Alsó-Szilézia, Lengyelország). A többi típus nyersanyag-eredete még nem tisztázott, de egyes svájci lelőhelyek jellemzői nagy hasonlóságot mutatnak ezekkel a típusokkal (2. táblázat, 14. ábra). Sajnos a Kárpát-medencéhez legközelebb eső lehetséges nyersanyagforrásról, a „Mur Nockerl”-ekről részletes leírások illetve elemzési adatok nem állnak rendelkezésre.

jordanóvi nyersanyagforrás és a Kárpát-medence között a bronzkorból (a baden kultúra idejéből) (Přichystal 2000).

Mindezek mellett a nefrit-testeket magában foglaló szerpentiniteket bizonyítottan bányászták és kőbalta-készítésre használták a neolitikumban (Wojciechowski 1995; Majerowicz et al. 2000; Skoczylas et al. 2000). A belőlük készített csiszolt kőeszközök nagy távolságra (akár 340 km-re) is eljutottak (Skoczylas et al. 2000). A Zsinegdíszes edények népének kultúrája idejében szerpentin-kitermelő és -megmunkáló központ működött a területen, amelynek legfőbb termékei az úgynevezett „Śleza-típusú” nyéllyukas balták voltak (Skoczylas et al. 2000).

### Köszönetnyilvánítás

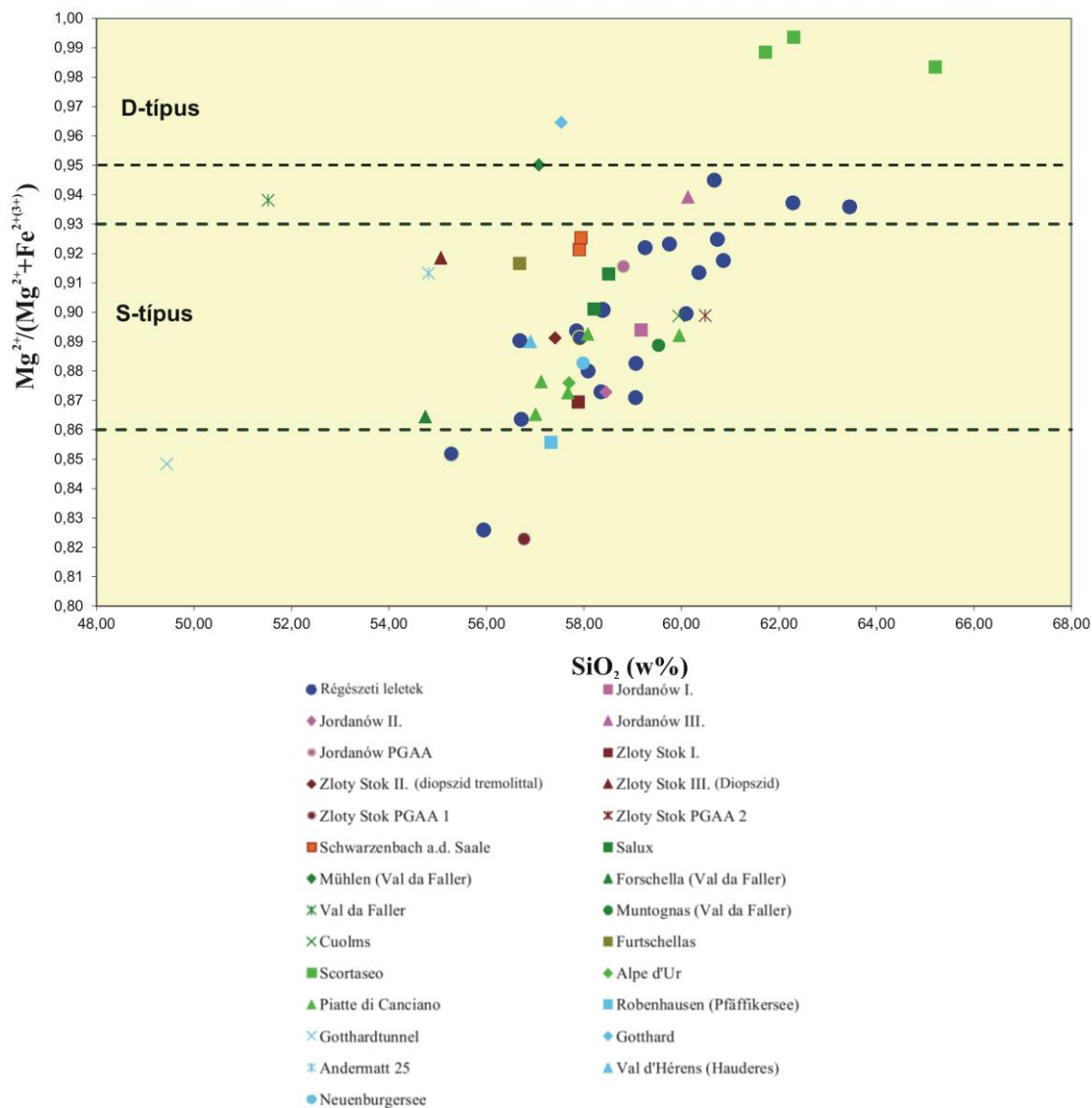
Hálásak vagyunk a kőeszközöket rendelkezésünkre bocsátó régészeknek és gyűjtőknek:

Horváth Lászlónak, Horváth Tündének, Honti Szilviának, Ilon Gábornak, Kerégyártó Gyulának, Kőszegi Ádámnak, Nagy Erzsébetnek, Nagy Marcellának, Németh Péternek, P. Barna Juditnak, Regénye Juditnak, Száraz Csillának és Wolf Ernőnek.

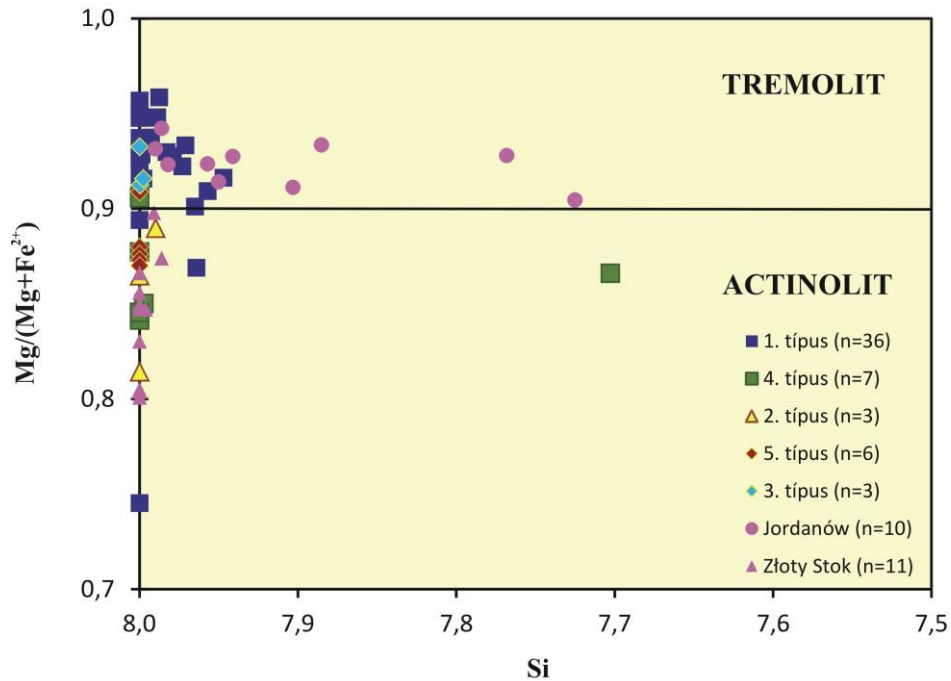
Köszönettel tartozunk a vizsgálatok elvégzésében és a munka egyéb fázisaiban segédkező

kollégáknak: Gméling Katalinnak, Lantos Zoltánnak, Maróti Boglárkának, Papp Péternek, P. Szabó Emmának, Szilágyi Veronikának és Veres Ágnesnek

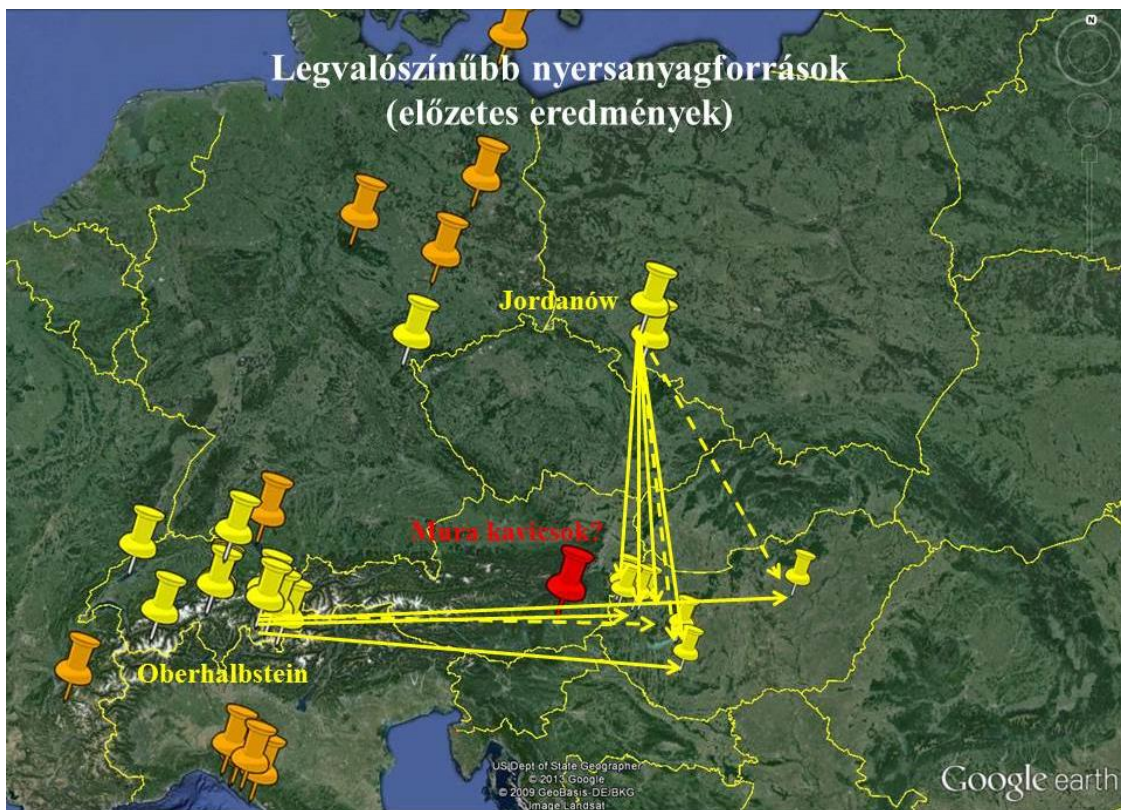
Köszönjük az anyagi támogatást az OTKA K 100385 sz. pályázatának és a JADE 2 projektnek.



12. ábra. Teljes kőzet kémiai összetétel (PGAA-eredmények): vizsgált régészeti leletek, nefrit-nyersanyagforrások (irodalmi adatok és saját PGAA-mérések, hivatkozásokat ld. a szövegben).



13. ábra. A fő kőzetalkotó amfibol típusa (roncsolásmentes SEM-EDX eredmények): régészeti leletek; nefrit-nyersanyagforrások (roncsolásos és roncsolásmentes SEM-EDX eredmények, hivatkozásokat ld. a szövegben). (Amfibol-besorolás Leake et al. 1997 alapján.)



14. ábra. Legvalószínűbb nyersanyagforrások (előzetes eredmények).

**Felhasznált irodalom**

- Bendő, Zs., Oláh, I., Péterdi, B. & Horváth, E. 2012. Case studies on a non-destructive SEM-EDX analytical method for polished stone tools and gems. In: Braekmans, D., Honings, J., Degryse, P. (Eds.), 39th International Symposium on Archaeometry: 136. Leuven.
- D'amico, C., Starnini, E., Gasparotto, G. & Ghedini, M. 2003. Eclogites, jades and other HP-metaophiolites employed for prehistoric polished stone implements in Italy and Europe. *Periodico di Mineralogia (Special Issue 3)* 73, 17–42.
- Dietrich, V., De Quervain, F. 1968. Die Nephrit-Talklagerstätte Scortaseo (Puschlav, Kanton Graubünden). Übersicht der Weiteren Nephritfunde der Schweizer Alpen Insbesondere der Vorkommen im Oberhalbstein (Graubünden). *Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie* 46.
- Foltyn, E.M., Foltyn, E., Jochemczyk, L. & Skoczył, J. 2000. Basalte und Nephrite im Neolithikum Mittel-Westpolens und der oberschlesischen Region. *Krystalinikum* 26, 67–81.
- Friedel, O. 2008. Az Ebenhöch csiszolt kőszköz gyűjtemény archeometriai vizsgálatának eredményei. (közöletlen diploma dolgozat, ELTE TTK Közvetlen-Geokémiai Tsz.)
- Friedel, O., Bradák, B., Szakmány, Gy., Szilágyi, V., T. Biró, K. 2008. Összefoglaló az Ebenhöch csiszolt kőszköz gyűjtemény archeometriai vizsgálatának eredményeiről. *Archeometriai Műhely* (<http://www.ace.hu/am>) 2008/3, 1–12.
- Friedel, O., Bradák, B., Szakmány, Gy., Szilágyi, V., T. Biró, K. 2011. Archaeometric Processing of Polished Stone Artefacts from the Ebenhöch Collection (Hungarian National Museum, Budapest, Hungary). – In: Turbanti-Memmi, I (Ed.), *Proceedings of the 37<sup>th</sup> International Symposium on Archaeometry, 12<sup>th</sup>–16<sup>th</sup> May 2008, Siena, Italy*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 211–219.
- Giess, H. 2003. Jade in Switzerland – April 2003. *Friends of Jade* (<http://www.friendsofjade.org>)
- Giess, H. 2005. Mur Nockerln – Austrian Dumplings in Nephrite Jade! *Friends of Jade* (<http://www.friendsofjade.org>).
- Gil, G. 2013. Petrographic and microprobe study of nephrites from Lower Silesia (SW Poland). *Geological Quarterly* 57/3, 395–404. + Appendixes
- Gil, G., Barnes, J. D., Boschi, C., Gunia, P., Szakmány, Gy., Bendő, Zs., Raczynski, P., Péterdi, B. in press. Origin of serpentinite-related nephrites from Gogołów–Jordanów Massif – update. *Geological Quarterly* 59/3.
- Gunia, P. 2000. Nephrite from South-Western Poland as potential raw material of the European Neolithic artefacts. *Krystalinikum* 26, 167–171.
- Heierli, J. 1902. Die Nephritfrage mit spezieller Berücksichtigung der schweizerischen Funde. *Anzeiger für Schweizerische Altertumskunde Nr 1*: 1–7.
- Horváth, T. 2001. Polished stone tools of the Mihály-collection, Laczkó Dezső Museum, Veszprém. (Archaeological investigation). In: Regénye, J. (Ed.), *Sites and stones. Lengyel Culture in Western Hungary and beyond. A review of the current research. Lengyel'99 and IGCP-442 Conference Veszprém, 1999*, Directorate of the Veszprém county Museums, Veszprém, 87–109.
- Kalkowsky, E. 1906. Der Nephrit des Bodensees. *Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft "Isis" in Dresden Heft 1*, 28–44.
- Kis, Z., Szentmiklósi, L., Belgya, T. 2015. NIPS-NORMA station – A combined facility for neutron-based nondestructive element analysis and imaging at the Budapest Neutron Centre, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 779, 116–123.
- Kostov, R. I. 2005. Gemmological Significance of the Prehistoric Balkan „Nephrite Culture” (Cases from Bulgaria). *Annual of the University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski”* 48 (Part I., Geology and Geophysics), 91–94.
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, C. M., Grice, J. D., Hawthorne, F. C., Kato, A., Kisch, H. J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J. A., Maresch, W. V., Nickel, E. H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W., Youzhi, G. 1997. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. *Canadian Mineralogist* 35: 219–246.

- Majerowicz, A., Wojcik, A., Gunia, P. & Cholewa, P. 2000. Comparative study of serpentinite textures and rock material of Neolithic artefacts from Lower Silesia (SW Poland). *Krystalinikum* 26, 111–117.
- Meyer, A. B. 1884. Ein weiterer Beitrag zur „Nephritfrage“. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* XV: 1–12.
- Péterdi, B., Szakmány, Gy., Judik, K., Dobosi, G., Kasztovszky, Zs., Szilágyi, V., Maróti, B., Bendő, Zs., Gil, G. 2014. Petrographic and geochemical investigation of a stone adze made of nephrite from the Balatonöszöd – Temetői dűlő site (Hungary), with a review of the nephrite occurrences in Europe (especially in Switzerland and in the Bohemian Massif). *Geological Quarterly* 58/1, 181–192 + Appendixes
- Preiswerk, H. 1926. Nephrit von Haudères (Wallis), Schweiz. *Mineralogische und Petrographische Mitteilungen* 6, 267–277.
- Přichystal, A. 2000. Stone raw materials of Neolithic–Aeneolithic polished artefacts in the Czech Republic: The present state of knowledge. *Krystalinikum* 26, 119–136.
- Přichystal, A., Kovář, J. J. & Kuča, M. (2012): A Nephrite Axe from the Jeseník Museum. *Časopis Slezského Zemského Muzea, Série B* 60, 153–159.
- Révay, Zs. 2009. Determining elemental composition using prompt gamma activation analysis. *Analytical Chemistry* 81, 6851–6859.
- Sachs, A. 1902. Der „Weissstein“ des Jordansmühlers Nephritvorkommens. *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrgang 1902*, 385–396.
- Schneider, A. 1912. Der Diablas–Peridotit und seine Umwandlungsprodukte auf Gigestaffel südlich Andermatt. *Diss. Univ. Zürich*: 7–68.
- Schmidt, C. 1917. Asbest und Nephrit von Poschiavo in Graubünden. *Zeitschrift für praktische Geologie*, 77–81.
- Skoczylas, J., Jochemczyk, L., Foltyn, E. & Foltyn, E. 2000. Neolithic serpentinite tools of west–central Poland and Upper Silesia. *Krystalinikum* 26: 157–166.
- Staub, R. 1915. Petrographische Untersuchungen im westlichen Berninagebirge. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 60, 55–336.
- Staub, R. 1917. Bericht über die Exkursion der Schweiz. *Geologischen Gesellschaft. Eclogae Geologicae Helveticae* 14, 509.
- Szakmány, Gy., Fűri, J., Szolgay, Zs. 2001. Outlined petrographic results of the raw materials of polished stone tools of the Mihálydy–collection, Laczkó Dezső Museum, Veszprém (Hungary). In: Regenye, J. (Ed.): *Sites and Stones: Lengyel Culture in Western Hungary and beyond*. Directorate of the Veszprém county Museums, Veszprém, 109–118.
- Szentmiklósi, L., Belgya, T., Révay, Zs., Kis, Z. 2010. Upgrade of the prompt gamma activation analysis and the neutron–induced prompt gamma spectroscopy facilities at the Budapest Research Reactor. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 286, 501–505.
- Traube, H. 1885a. Ueber den Nephrit von Jordansmühl in Schlesien. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Beilage–Band III*, 412–427.
- Traube, H. 1885b. Über den Nephrit von Jordansmühl in Schlesien. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrgang 1885. II. Band*, 91–94.
- Traube, H. 1887. Ueber einen neuen Fund von anstehendem Nephrit bei Reichenstein in Schlesien. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrgang 1887. II. Band*, 275–278.
- Welter, O. A. 1911a. Ein Beitrag zur Geologie des Nephrits in den Alpen und im Frankenwalde. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrgang 1911. II. Band*, 86–106.
- Welter, O. A. 1911b. Nachtrag zu meinem Aufsatz über Nephrit (dies. Jahrb. 1911. II). *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Jahrgang 1911. II. Band*, 163.
- Wojciechowski, W. 1995. Die neolithische Serpentin Mine vom Jańka Góra in Niederschlesien, Polen. *Veröffentlichungen des Brandenburgischen Landesmuseums für Ur– und Frühgeschichte* 29, 201–208.
- Zhang, Z.W., Gan, F.X. & Cheng, H.S. 2011. PIXE analysis of nephrite minerals from different deposits. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 269, 460–465.