

Csiszolt kőeszközök



Szakmány György

Archeometria – 2019. március 22.

Kőeszközök típusai, idő

Kőeszközök

- Pattintott – kovás vagy üveges
- **Csiszolt** – változatos kőzettípusok
- Szerszámkövek (őrlő-csiszoló stb.) – szűkebb kőzettani változatosság

Idő

Csiszolt kőeszköz: uralkodóan **neolitikum** – **rézkor** (paleolitikum vége – bronzkor)

Késő paleolitikum - kora neolitikum: könnyen megközelíthető, közeli nyersanyagforrások

Neolit vége – rézkor közepe: távolabbi területekről is, kiterjedt ipar és kereskedelmi hálózat

Bronzkor: újra helyi-közeli nyersanyagforrások

Kőeszközök - funkció

Funkció

- **Munkaeszköz** – elsősorban favágás és megmunkálás

Kemény, szívós, rugalmas, nem rideg nyersanyag, lehetőleg közel azonos és finom szemcseméret, ásványok szorosan kapcsolódva egymáshoz (kontakt kőzetek, zöldpala-amfibolit, eklogit, bazalt, telér- vagy szubvulkáni kőzetek,)

Leletanyagban jelentős mennyiség, zömében helyi-közeli nyersanyag, de egyes különösen alkalmas nyersanyagokból készült eszközök nagy területeken elterjedtek (kontakt metabázit, hornfels)

- **Szimbolikus balták**, uralmi-méltóság jelvény, szertartási balták – elsősorban zöldes árnyalatú, jól polírozható nyersanyag: jadeitit, nefrit, szerpentin, márvány – leletanyagban ritkább, távolsági nyersanyag, nagy területen elterjedt, ép
szertartási balták: gyakran vörösre festették

- **Sírbalta** – puha, könnyen faragható kőzetből, általában helyi nyersanyag, ép, nem használt: pl. mészkő, márga, agyag

Nyersanyag lelőhelyek

Nyersanyag eredete

- **feltárások, felszíni törmelékek** → **bányák kőzetanyaga** - közeli nyersanyaglelőhely
 - későbbi korok bányászkodása nagyrészt megsemmisíti
 - *de*: Szamárhegy (Mecsek), Krknoše-Jizera Kristályos Egység (É-Cseh-masszívum) megmaradt
- (közeli) **vízfolyások** vagy konglomerátum, kavicsösszet kibukkanások **durvatörmelékes anyaga**
 - előzetes, természet által történt kiválasztódás
 - alkalmas kavicsok kiválogatása
 - *feltételezés*: elsősorban korai és késői stádiumban
 - *de!*: Appenninek É-i lába (Észak-Olaszország): nagynyomású metaofiolit anyagú kőeszközök nyersanyaga elsősorban oligocén konglomerátum kavicsanyagából



Szamárhegy –
Mecsek hegység,
fonolit



Velké Hamry –
Cseh masszívum,
kontakt metabázit



Voltri (É-
Olaszország) –
oligocén
konglomerátum

Nyersanyag lelőhelyek meghatározása

Régészeti lelőhely és a feltételezett nyersanyag lelőhely távolsága

- *helyi* (<30 km – egynapi járóföld) – gyakori (ha van), jelentős részarány a leletegyüttesben – általában jól azonosítható a nyersanyagforrás
- *közeli (regionális)* (30-200 km) – több-kevesebb biztonsággal azonosítható nyersanyagforrás függ: tágabb terület geológiájától, közettípus elterjedtségétől
- *távoli* (>200 km) – általában ritka, nehezen azonosítható, de egyes kiemelkedően jó minőségű és nagy területeken elterjedt nyersanyag esetén gyakori és jól azonosítható
 - jadeitit – Ny-Alpok, ÉNy Appenninek előtere → Ny- és É-Európa (K-, D- Európa)
 - kontakt metabázit („zöldpala”) – Cseh masszívum északi része → Közép és Ny-Európa keleti rész
 - mész-szilikát szaruszirt (hornfels) : Ruzska-havas, Erdélyi-khg. déli része → Kárpát-medence és környezete



A *kőeszközök mérete* (használati eszköz) *nyersanyaglelőhelytől távolodva* általában **csökken**.

Cserekereskedelem

- *Cserekereskedelem* – nagy távolságokra eljut (>1000 km) főleg középső és késő neolitik, rézkor
 - elsősorban szimbolikus balták (pl. jadeitit) vagy különösen jó nyersanyagú munkaeszközök (pl. kontakt metabázit)



Nyersanyag lelőhelyek meghatározásának lehetőségei – 1.

A szóbajöhető nyersanyag **forrásterületének azonosítása kőzettípus** és annak **elterjedtsége** függvényében:

1) **Általánosan elterjedt** kőzettípus – pl. kvarcit, bazalt, andezit, mészkő

kevésbé jól azonosítható



bazalt

2) **Egymástól távoli** területeken, de egy **adott körzetben** viszonylag **szűk** vagy jellegzetes **elterjedés** – pl. „zöldpala” változatok (pl. kontakt metabázit), kékpala

megfelelő biztonsággal

azonosítható (de: kőzettípus függő)



zöldpala –
Felsőcsatár típus



kontakt metabázit –
Železný Brod típus

3) Ritka, **egy-egy helyre jellemző** pontszerű előfordulás – pl. fonolit

jól azonosítható



fonolit - Szamárhegy

A nyersanyaglelőhely és a régészeti lelőhely **távolságának növekedésével** az azonosítás **pontossága általában csökken, kivéve egyes kiemelkedően jó és elterjedt nyersanyagokat**

Nyersanyag lelőhelyek meghatározásának lehetőségei -2.

Egyéb, az azonosítást befolyásoló tényezők:

Az **adott kőzettípus** egy területre vonatkozó **feldolgozottsági szintje** országoként (területenként) és kőzettípusokként igen erősen változó

- **Petrográfia:**
 - régi irodalmak
 - összehasonlító anyag gyűjtése (Litotéka gyűjtemény)
- **Kémiai és ásványkémiai adatok**
 - újabb irodalmak, de ha van, a régi pontos elemzések is jól használhatók
 - összehasonlító mérések
- **Nyersanyagelsterjedési térkép(sorozat)** – pl. Őskori nyersanyagok atlasza www.ace.hu/atlas
- **Nemzetközi együttműködések** - Pl. IGCP-442 („Raw materials of the Neolithic/Aeneolithic polished stone artefacts: their migration paths in Europe” 1999-2002)

Az elmúlt 25 évben jelentős új eredmények

Technológia 1.

Egykori feltételezett nyersanyaglelőhelyek, bányák

- pl. Mecsek Szamárhegy, Železný Brod
(Krkonoše-Jizera Kristályos Egység)

- megfelelő kőzet kiválasztása (pl hanghatás: csengő hang → nincs repedés)
- méret, formák durva kialakítása ütőkővel

Egykori műhelyek – pl. Aszód, Zengővárkony

- végső forma kialakítása
 - Csiszolás-polírozás → végső forma kialakítása külön a testet, külön a vágó (ütő) felületet - csiszolókövek (egyre finomabb szemcsés homokkő-aleurolit)
 - Nyéllyuk kialakítás (ha van) – nád/bodza+nedves homok; kezdés problémás
 - Fűrészelés – falap+nedves homok

Másodlagos átalakítás – használat közbeni elkopott, eltört eszközök

- gyakori az eszköz funkcióváltása
- méret csökken

Etnoarcheológiai megfigyelések; pl. Bíró Lajos, Antoni Judit, P. Pétrequin – Új Guinea, Melanézia, Polinézia



„Félkész” kőeszközök fonolitból – Szamárhegy, Mecsek



Fűrészelés nyom – Mihály gyűjtemény

Technológia 2.



Antoni J: A sziklától a kőbaltáig az erdőtől a sivatagig – c. kiállítás



Vizsgálati módszerek – előzetes, áttekintő

Általában megegyeznek a kőzettan-geokémiában elterjedt módszerekkel, de ezek nagyrészt roncsolásos vizsgálatok

Igény a roncsolásmentes vizsgálatra → **elsősorban ezek használata (is) szükséges**

Előzetes, áttekintő leírás

Minden kőszközön

- **Makroszkópos petrográfia** (+ kézi nagyító, sztereomikroszkóp)
- **Mágneses szuszceptibilitás (MS)** kőszközön és terepen (feltételezett nyersanyaglelőhelyek kőzeteinek mérése) eszköz: kappameter



Eredmény: elsődleges kőzetnév, elsődleges csoportosítás

Vizsgálati módszerek – mikroszkópos petrográfia

Részletes vizsgálatok – kiválasztott eszközökön (lehetőleg reprezentatív)

- **Mikroszkópos petrográfia**
- **polarizációs mikroszkóppal** vékonycsiszolatból – **roncsolásos** → kizárólag töredékes kőszközökön



Vizsgálati módszerek – ásványkémia

Ásványkémia (elektron-mikroszkop - SEM-EDX vagy WDX)

• petrográfia kiegészítésére

- jobb felbontás
- kőzetalkotó ásványok kémiai összetételének meghatározása

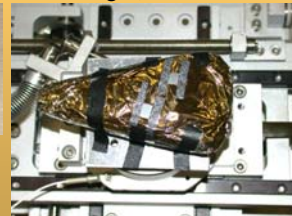
eredmény: nyersanyag genetikájának pontosabb meghatározása
→ nyersanyaglelőhelyek további szűkítése

• **Roncsolásos** – polírozott felületről – vékonycsiszolatból felületet vezetőképpé kell tenni (vékony szén vagy arany befuttatás)

- energiadiszperzív (EDX)
- hullámhosszdiszperzív (WDX) – nagyobb pontosság

• **Roncsolásmentes** – újdonság: „eredeti felszín vizsgálati módszer”

- nagyméretű mintakamra
- polírozott felületű csiszolt köeszköz
- vezetőképpesség: alufóliába csomagolás, mérendő felületnél kivágás, szénnel befuttatás



Vizsgálati módszerek – kémiai elemzés

Kőzetkémiai elemzések

• **fő- és nyomelemek, RFF**

- XRF, NAA, ICP-ICP MS, LA ICP-MS – roncsolásos (de: XRF lehet roncsolásmentes)
- **PGAA – roncsolásmentes** de: kevésbé használatos és elfogadott a geokémiai anyagvizsgálatban; mérhető: főelemek és néhány nyomelem

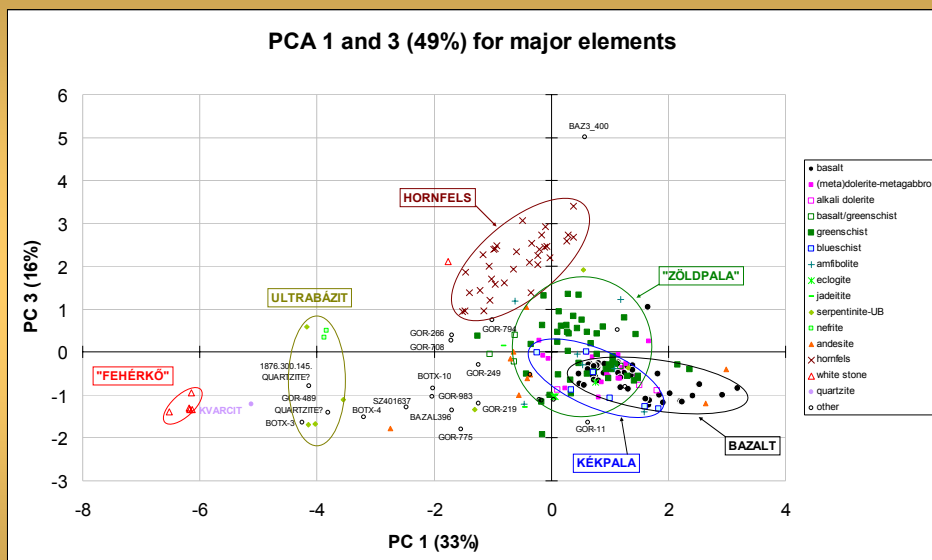
eredmény:

- azonos típusú és hasonló ásványos összetételű kőzetek elkülönítése
- kőzetgenetika pontosítása → szóba jöhető nyersanyag lelőhelyek leszűkítése

Magyarországi leletanyagban az utóbbi időben terjedőben (PGAA: ~450 köeszköz, ~50 geológiai minta → alap adatbázis a Kárpát-medencére)



PGAA eredmények statisztikai kiértékelése

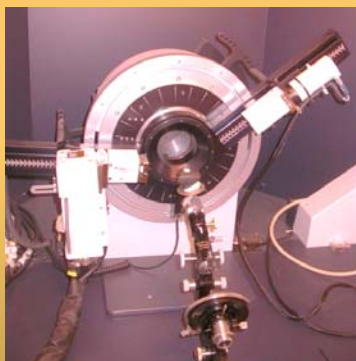


A fő közetcsoportok elkülöníthetők, azon belül további elkülönítések lehetségesek

Vizsgálati módszerek – röntgendiffrakció

Röntgendiffrakció → ásványos összetétel

- roncsolásos (porrá tört anyagból),
újabbban:
- roncsolásmentes (Göbel tükör) is: kőszelvény felszínéről



Vizsgálati módszerek – egyéb

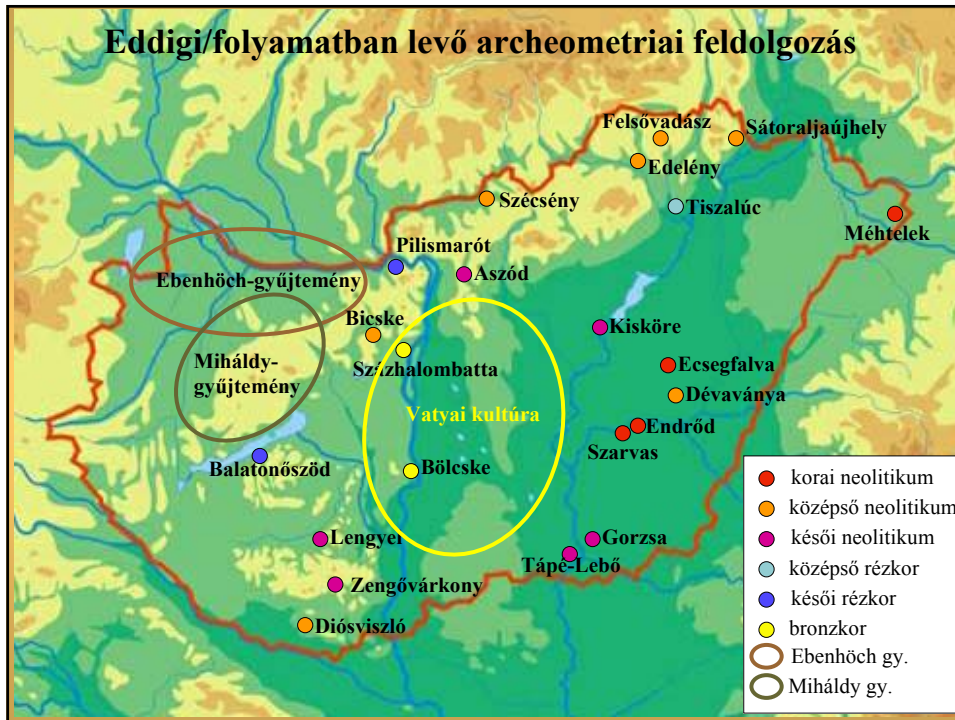
Sűrűségmérés – roncsolásmentes

- Alkalmazás: nagynyomású metamorfitokon, zöldköveken – Ny-Alpok és kapcsolódó területek: eklogit, jadeitit, omfacitit
 - piroxén +/- gránátból állnak → sűrűségük lényegesen nagyobb, mint más hasonló megjelenésű, de földpátot és/vagy kvarcot tartalmazó kőzeteké
- Nálunk csiszolt kőeszközön még nem alkalmazták

Vizsgálati módszerek – összefoglaló

- 1) Általános áttekintés a teljes kőzetanyagról roncsolásmentes, olcsó, egyszerű módszerekkel
 - makroszkópos petrográfia (+sztereomikroszkóp)
 - mágneses szuszeptibilitás, sűrűségmérés stb.

Eredmény: elsődleges kőzetnév, elsődleges csoportosítás
- 2) Kiválasztott, reprezentatív mintasorozaton részletesebb, műszeres vizsgálatok; ép eszközök: roncsolásmentes (esetleg fűréssal mintavétel → ha restaurálható); törött eszközökből lehet roncsolásos is
 - Polarizációs mikroszkópos petrográfia
 - SEM-EDX
 - Kémiai elemzések: PGAA (roncsolásmentes), XRF (roncsolásos vagy roncsolásmentes, NAA, ICP-OES+ICP-MS (roncsolásos, LA-ICP-MS (gyakorlatilag roncsolásmentes is lehet)
 - XRD (roncsolásos, de létezik roncsolásmentes is)
 - Egyéb vizsgálatok (közettípusától függően)



A csiszolt kőeszközök legfontosabb nyersanyagtypusai

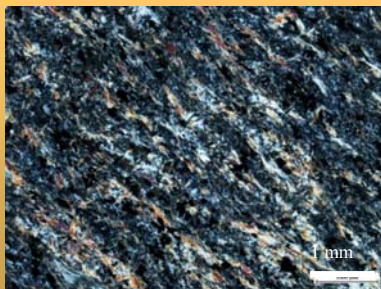
„Zöldpala”: zöld és palás:
**Kontakt metabázit – zöldpala –
amfibolit**

Kontakt metabázit kőszköz – petrográfia, MS

1. típus



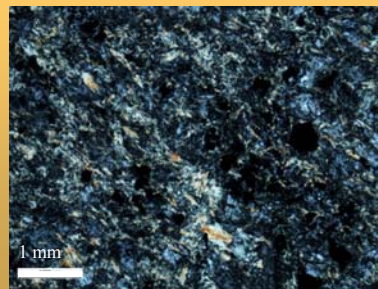
MS: kicsi: $<1 \times 10^{-3}$ SI



2. típus



MS: nagy: $>10 \times 10^{-3}$ SI



Kontakt metabázis kőeszköz – petrográfia, MS

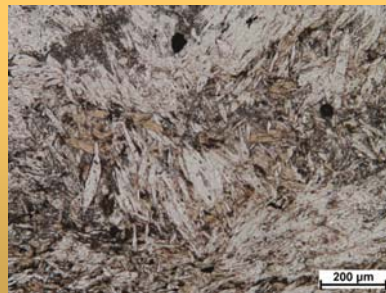
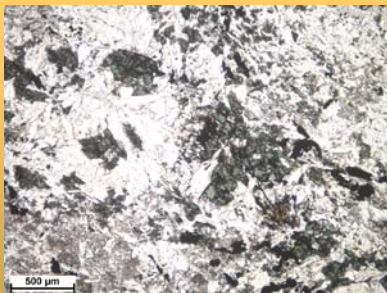
3. típus



4. típus



MS: kicsi: $<1,2 \times 10^{-3}$ SI



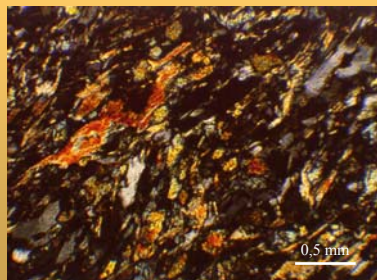
Zöldpala, zöldpala-amfibolit átmenet - kőeszköz

több típus: *MS*: általában kicsi: $<1 \times 10^{-3}$ SI

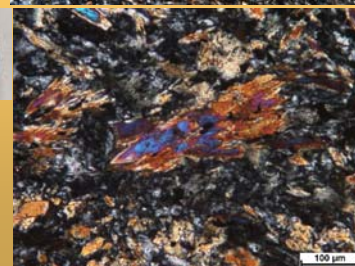
zöldpala



zöldpala

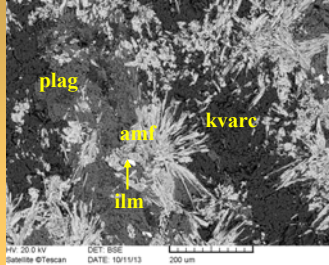


zöldpala -
amfibolit

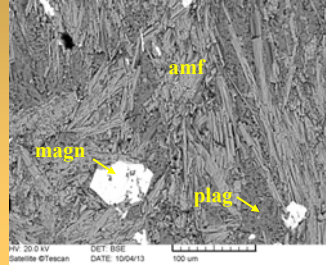


Kontakt metabázit – zöldpala – zöldpala-amfibolit

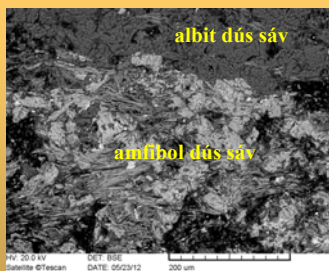
Roncsolásmentes SEM-EDX:



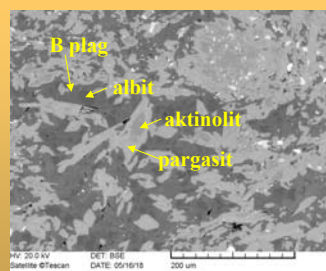
Kontakt metabázit – 1. (Železný Brod) típus



Kontakt metabázit – 2. (Želešice) típus



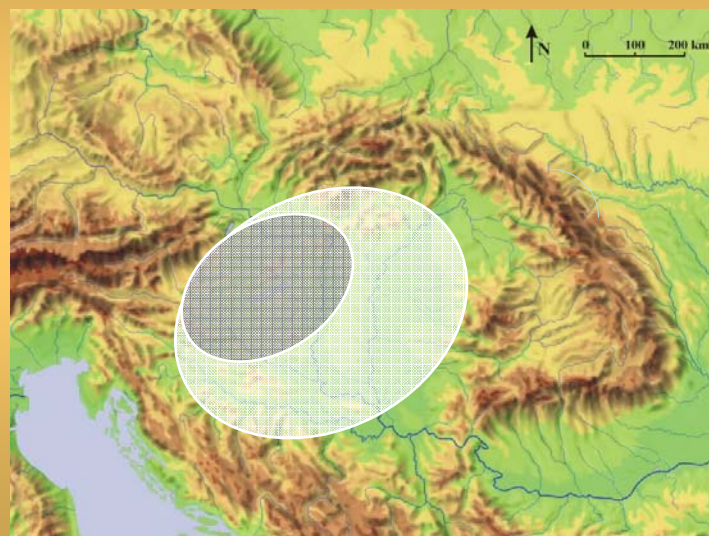
Zöldpala – Felsőcsatár típus



Zöldpala - amfibolit – ? eredet

Kontakt metabázit, zöldpala, amfibolit – kőeszközök előfordulása

- Egész Kárpát-medencében előfordul; mennyisége ÉNy felé növekszik; jelentős mennyiségben az É-Dunántúlon.



Terepi előfordulások - amit ismerünk: kontakt metabázit

Cseh-masszívum két területéről ismert - Prichystal (2000, 2013); Šída & Kachlik (2009); Buriánek (2005):

Krkonoše-Jizera Kristályos Egység (Železný Brod)



MS: kicsi

Želešice



MS: nagy



Paleozós gránit és zöldpala
fáciesű metabázit kontaktusán



Gránit és proterozós amfibolit
fáciesű metabázit kontaktusán,
amelyet variszkuszi zöldpala
fáciesű metamorfózis követett.



Terepi előfordulás - amit ismerünk: zöldpala – Felsőcsatár

Egykori Pennini-óceán (mezozós) óceáni aljzatát alkotó bázisos kőzeteinek kisméretű metamorfózisával:

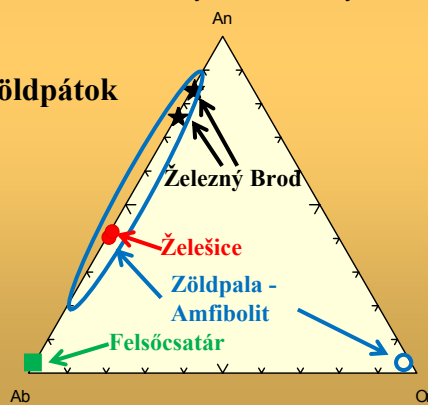


Kontakt metabázit – zöldpala – amfibolit

Roncsolásmentes SEM-EDX: szövet + ásványos összetétel + ásványkémia együtt

- Zöldpala (**Felsőcsatár**): jól azonosítható: albit, aktinolit, (epidot, klorit)
- A kontakt metabázitok (**Železný Brod, Želešice**): szövete egymáshoz nagyon hasonló, a plagioklász alapján elkülöníthető, az amfibolok típusa csak részben hasonló
- **Zöldpala-amfibolit**: változatos - ásványkémia + ásványok szöveti helyzet alapján típusok elkülöníthetők

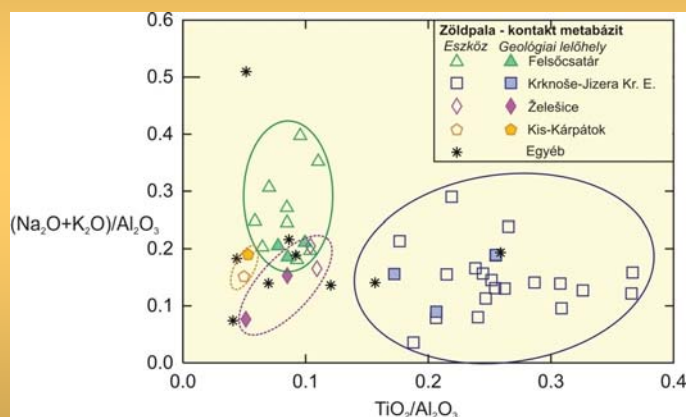
példa: földpátok



kontakt metabázit - zöldpala – amfibolit

PGAA – kémiai összetétel:

Felsőcsatár és Cseh-masszívum (Krkonose-Jizera (Železný Brod) valamint Želešice) egymástól elkülöníthető.



A „zöldpalák” elkülönítéséhez több módszer kombinációja szükséges

„Zöldpala” változatok ismert és feltételezett nyersanyag lelőhelyei



Bazalt

Dolerit–metadolerit – metagabbró

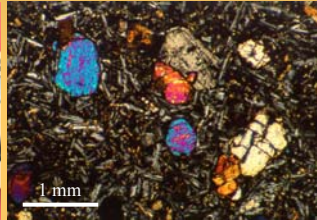
Alkáli gabbró-tefrit-fonolit

Bazalt

Egész Kárpát-medencében gyakori használati eszköz

Típusok és nyersanyaglelőhelyek → elterjedés

1, *Plio-, pleisztocén*: Kisalföld és Balatonfelvidék (1a),
Karancs-Medves (1b) → Dunántúl, É-Magyarország



2, *Alsó kréta*: Mecsek →
Dél-Magyarország
(Dunántúl, Tiszántúl)



3, *Jura*: Szarvaskő? (feltételezés - ha igen csak helyi → É-Magyarország)

4, *Jura*: Maros völgye - ofiolit öv? (erősen valószínűsíthető)

Dolerit-metadolerit, metagabbró

Sok helyen, változatos, Tiszántúl, É-Magyarország: jelentős (metadolerit), Dunántúl: kevés (metagabbró)

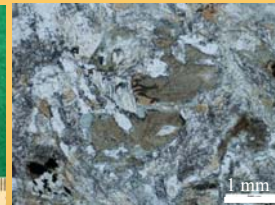
Munkaeszköz, néha szimbolikus



Feltételezett nyersanyaglelőhelyek:

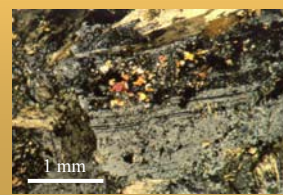
Dolerit-metadolerit

- 1, Szarvaskő és környéke
- 2, Maros völgye
- 3, Vardar-öv
- 4, Medvednica?



Metagabbró

- 5, K-Alpok - Penninikum



Alkáli mikrogabbró – tefrit - fonolit

Dél-Dunántúlon és Dél-Tiszántúlon elsősorban – helyi és regionális

Nyersanyaglelőhely: Mecsek; fonolit (pontszerű elterjedés): Szamárhegy és Hosszúhetény – Kövestető)

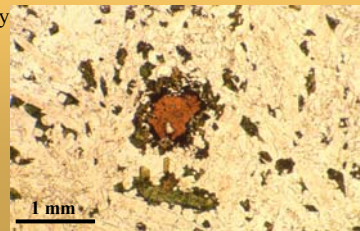
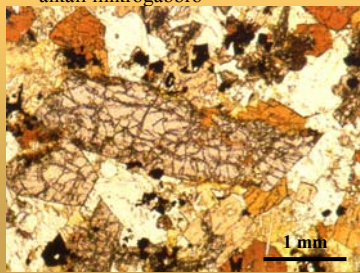
Jól azonosíthatók!



alkáli mikrogabbró



Fonolit (Szamárhegy típus)



**Mész-szilikát szaruszirt
(hornfels)**

Hornfels kőeszközök – megjelenés

- Finomszemcsés kontakt kőzetek → nagyon alkalmasak csiszolt kőeszköz nyersanyagnak
- Körös kultúrától előfordul
- Használati eszköz és szimbolikus balták (halványzöld, áttetsző)
- Elsősorban lapos vésőbaltá, kaptafa alakú baltá



Petrográfia – makroszkópos; MS

Nagyon finomszemcsés, tömött, masszív, rugalmas

Szín: halvány zöldtől a középszürkéig folyamatos átmenet



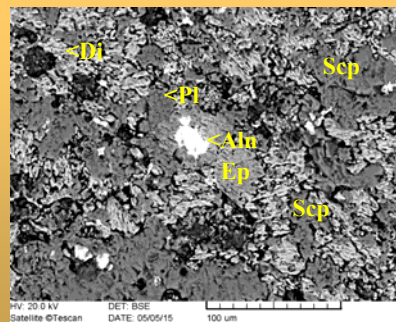
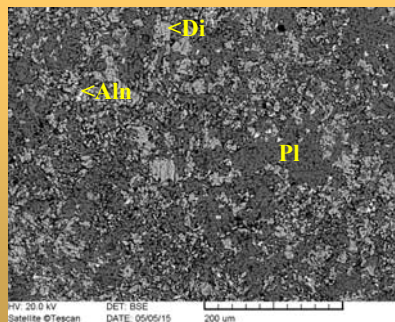
Mágneses szuszceptibilitás:

- Kőeszköz viszonylag szűk, jellemzően $0,2-0,4 \times 10^{-3}$ SI

Petrográfia – kőeszköz mikroszkópos és SEM-EDX

Jellemzők:

- Nagyon finomszemcsés; szorosan összekapcsolódó szemcsék; nem, vagy csak gyengén sávos
- Ásványos összetevők: **diopszid**, **bázisos plagioklász**, +/- káliföldpát, +/- szkapolit, +/- biotit, akcesszóriák (apatit, titanit, cirkon, allanit, +/-pirrhotin, +/-epidot)



Kőeszköz - mágneses szuszceptibilitás, kőzetkémia (PGAA)

Mágneses szuszceptibilitás:

- kicsi, és szűk tartományba esik: $0,2-0,4 \times 10^{-3}$ SI

Kémiai összetétel:

- Jelentős **Ca**- és viszonylag jelentős **Al**-tartalom
- Többi elem: viszonylag egyenletes, esetleg kisebb-közepes mértékű ingadozások előfordulnak

elem	tömeg %
SiO ₂	47-54
TiO ₂	0,6-0,8
Al ₂ O ₃	13-16
Fe ₂ O ₃ ^t	4,5-10,0
MnO	0-0,28
MgO	3,6-8,7
CaO	13-23
Na ₂ O	0,5-3,2
K ₂ O	0-5,0
H ₂ O	0,1-1,3

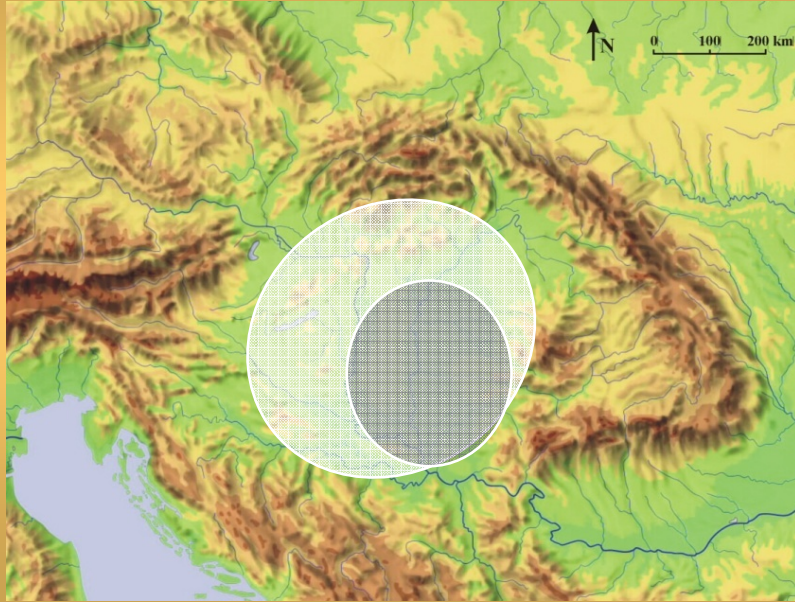
Petrográfia és kémiai összetétel alapján:

→ Nagy hőmérsékletű kontaktus

→ A jelentős Ca- és Al-tartalom alapján meszes, meszes-agyagos (márgás?) mellékkőzet

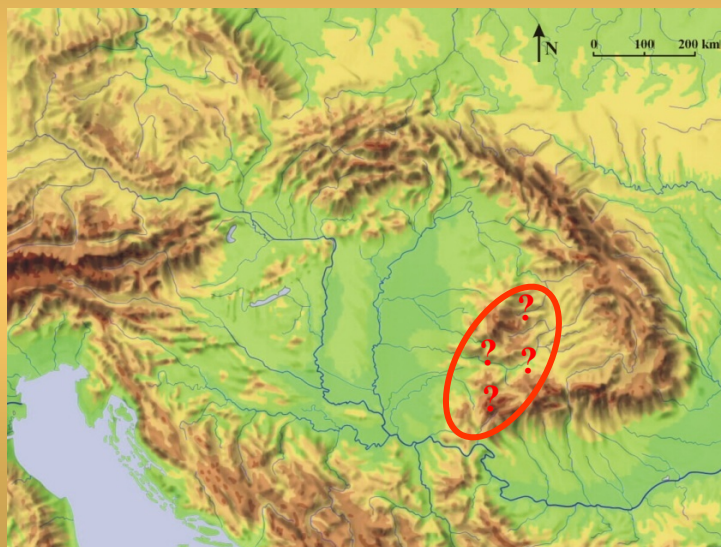
Hornfels kőszközők – előfordulás

Egész Kárpát-medencében, DK felé növekvő mennyiséggel



Honnan származhat a nyersanyag?

Nyersanyag eredet (feltételezés): DK Kárpátok/Erdélyi khg





Hornfels, nyersanyag származási hely felderítése – irodalom, geológiai térkép

Kontaktusok, kontakt kőzetek – számtalan lehetőség, de az irodalom nem említi hasonló összetételű és szövettű kontakt kőzeteket

Geológiai térkép: számos lehetőség kontakt kőzetek kialakulására



Hornfels nyersanyag származás – terepbejárás stratégiája

Terepbejárás: először fő folyóvölgyek (Fehér-Körös, Maros, Temes és mellékfolyói – törmelékei, majd a terület leszűkítése



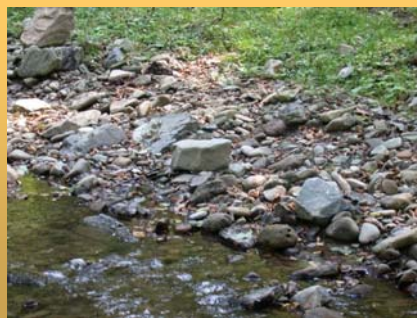
**Hornfels kőszközők nyersanyaga – az első biztató kőzetek:
Ruszká havasok Bisztra folyó kavicsanyaga**



Terep: Ruszka havasok DNy-i rész: Novákfalva környéke



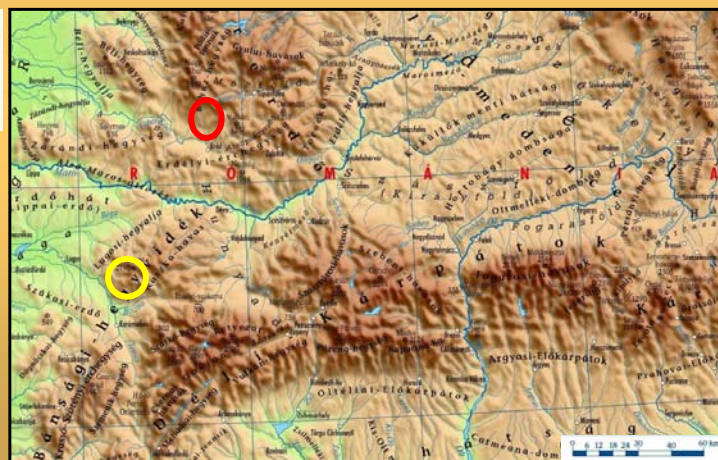
Terep: Erdélyi-khg. déli rész, Obersiától északra



Hornfels kőeszközök – terepbejárás eredménye

Két perspektivikus terület, mindkettő banatit (savanyú szubvulkáni kőzet) testek és Gosau típusú üledékek kontaktusán

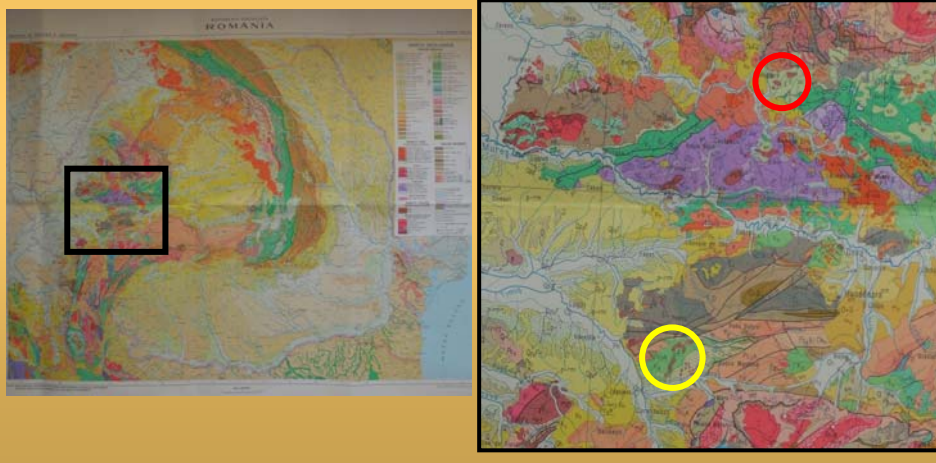
- Ruzska-havasok DNy, Bisztra folyó völgye – Novácfalvától ÉÉNy-ra
- Erdélyi középhegység D-i rész (Fehér-Körös forrásvidéke) – Obersiától É-ra



Hornfels kőszközők – terepbejárás eredménye

Két perspektivikus terület, mindkettő banatit (savanyú szubvulkáni kőzet) testek és Gosau típusú üledékek kontaktusán

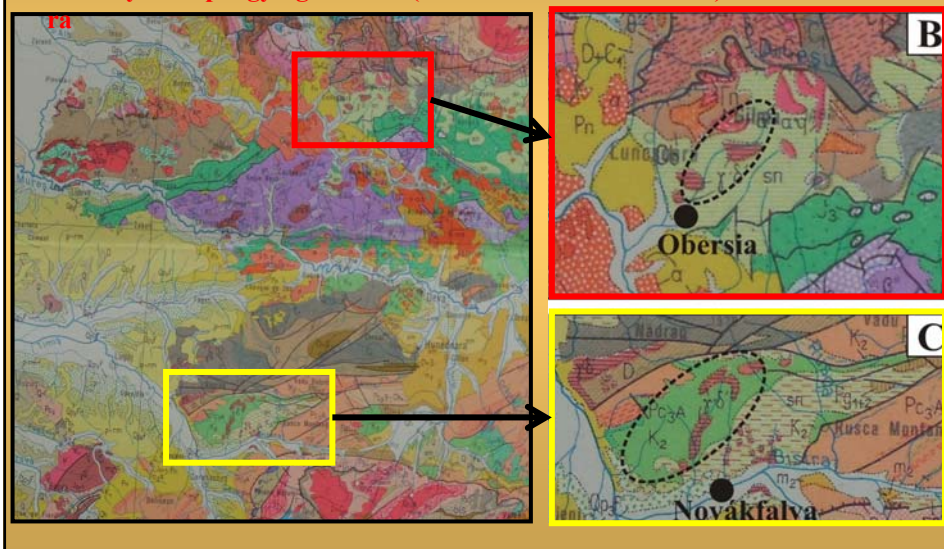
- Ruzska-havasok DNy, Bisztra folyó völgye – Novácfalvától ÉÉNy-ra
- Erdélyi középhegység D-i rész (Fehér-Körös forrásvidéke) – Obersiától É-ra



Hornfels – geológiai helyzet

Felső kréta korú banatit intrúziók és Gosau típusú üledékek kontaktusán

- Ruzska-havasok DNy, Bisztra folyó völgye – Novácfalvától ÉÉNy-ra
- Erdélyi középhegység D-i rész (Fehér-Körös forrásvidéke) – Obersiától É-ra



Mágneses szuszeptibilitás terepi minták-kőeszközök

MS (terepi minták): $0,2-0,8 \times 10^{-3}$ SI

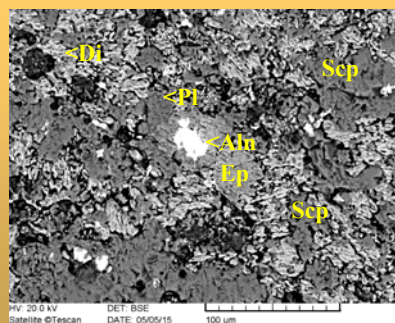
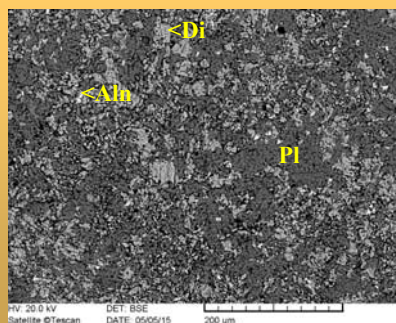
MS (kőeszközök): $0,2-0,4 \times 10^{-3}$ SI

A terepi mintáké szélesebb tartomány, de van átfedés

Petrográfia – kőeszköz mikroszkópos és SEM-EDX (emlékeztető)

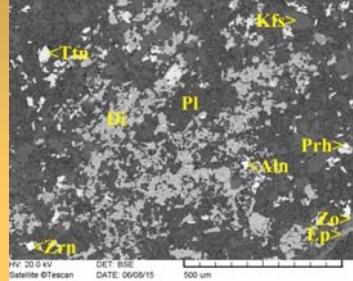
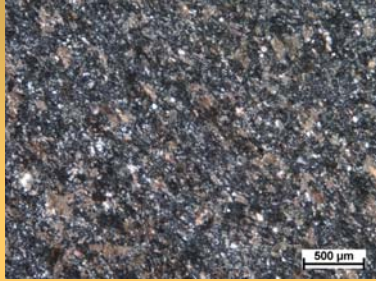
Jellemzők:

- Nagyon finomszemcsés; szorosan összekapcsolódó szemcsék; nem, vagy csak gyengén sávós
- Ásványos összetevők: **diopszid**, **bázisos plagioklász**, +/- káliföldpát, +/- szkapolit, +/- biotit, akcesszóriák (apatit, titanit, cirkon, allanit, +/-pirrhotin, +/-epidot)

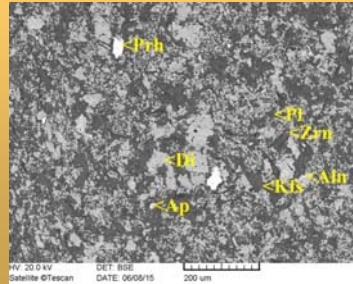
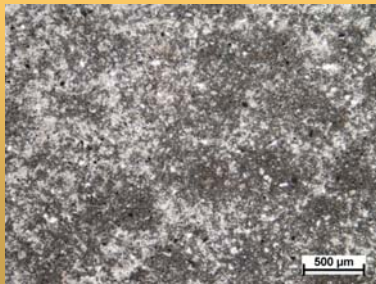


Petrográfia – terepi minták mikroszkópos és SEM-EDX

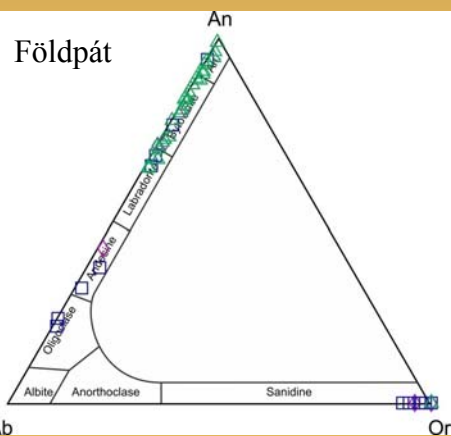
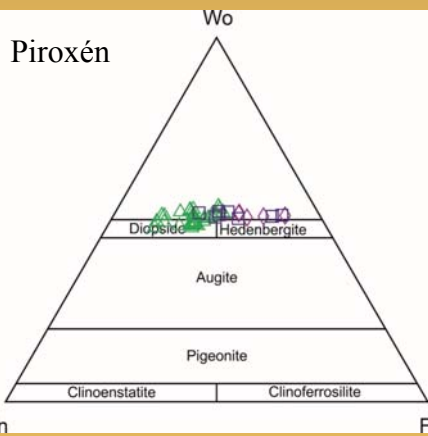
Ruszka:



Erdélyi khg:



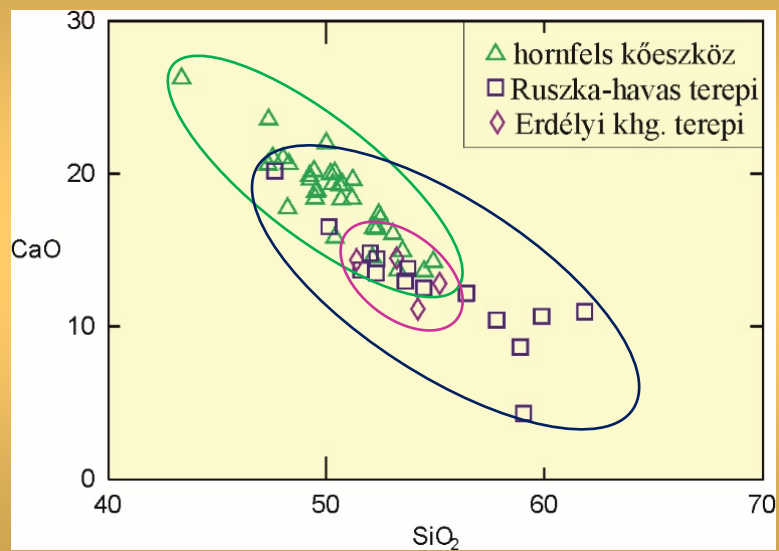
Ásványkémia



- △ hornfels kőszik
- Ruszka-havas terepi
- ◇ Erdélyi khg. terepi

Teljes kőzet kémia – terepi minták - kőeszközök

Terepi minták: ~ egyenletes kémiai összetétel; Ca jelentős (általában 10-20 t%)



A hornfels lehetséges származási területei

- Sikertült azonosítani és terepen lehatárolni a hornfels nyersanyaglelőhelyét:
 - Ruszka havas DNy-i területe – Novákfalvától (Glimboca) ÉÉNy-ra
 - Erdélyi középhegység D-i része, a Fehér-Körös forrásvidékének közelében, Obarsától (Obârsa) É-ra



Nefrit

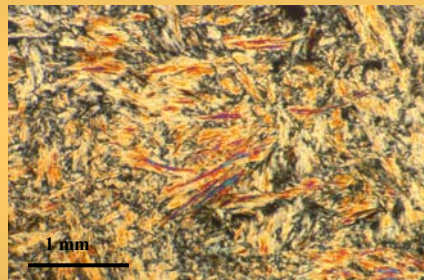
Nagynyomású metamorfit (jadeitit, eklogit)

Jadeitit ↔ nefrit:

- *Jadeitit*: uralkodóan Na-piroxén
- *Nefrit*: Monomineralikus, szálás amfibol (általában tremolit-aktinolit)

Nefrit

- Kevés, de jellegzetes, eddig szinte csak Dunántúlon
- Elsősorban szimbolikus, ritkán használati eszköz is
- Uralkodóan szálás amfibolból áll → szívós, rugalmas kőzettípus

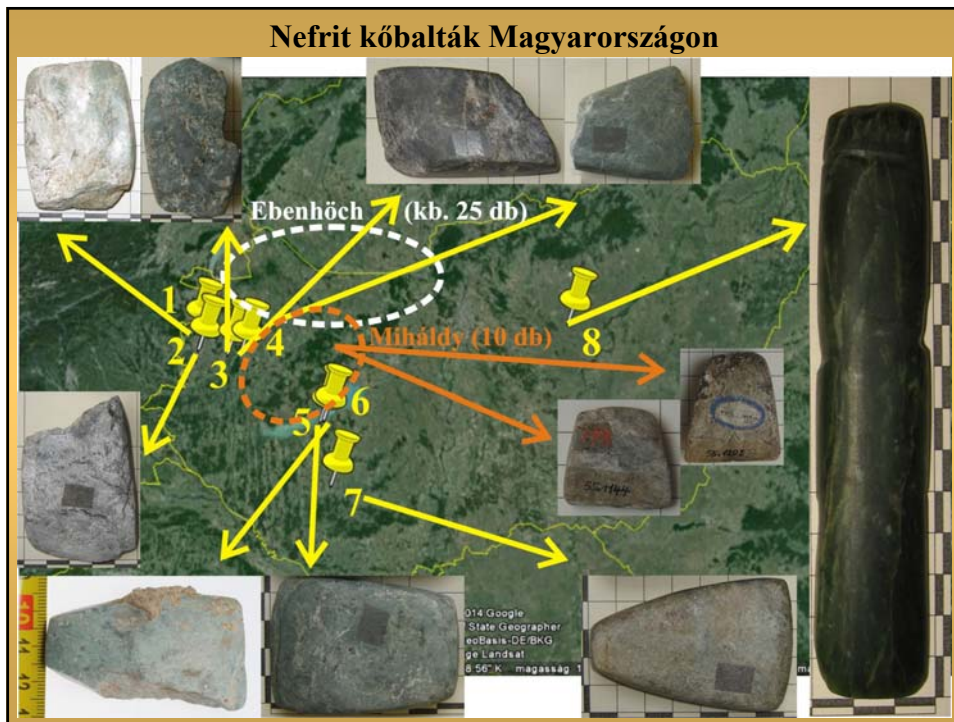


Képződés:

Ritka kőzettípus

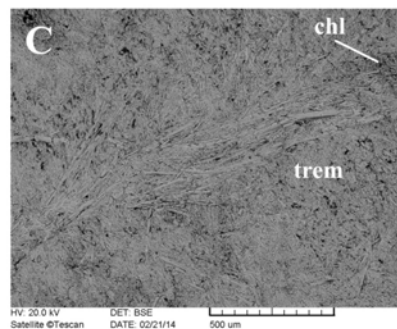
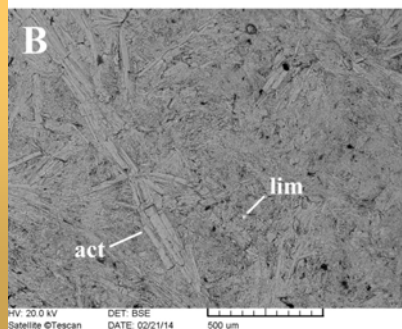
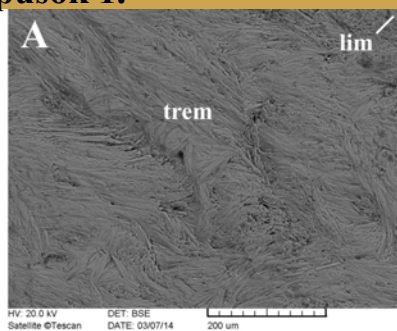
- Szerpentinit testekhez kapcsolódó – S típus
- Dolomitmárványhoz kapcsolódó - D típus

Nefrit kőbalták Magyarországon



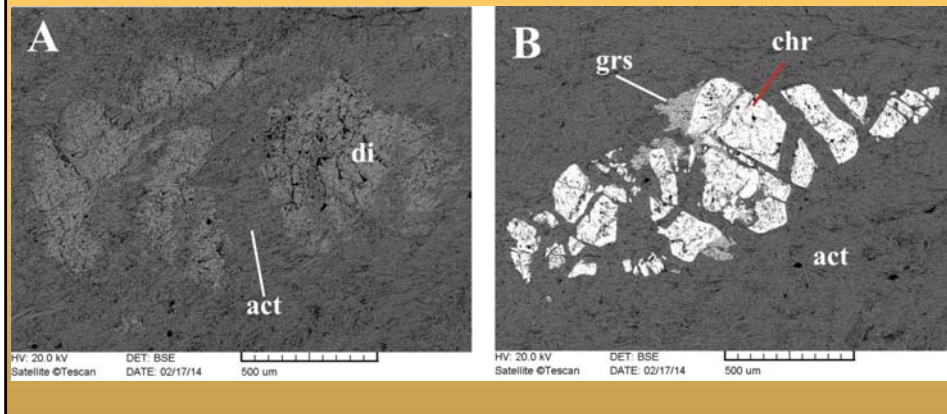
Nefrit típusok 1.

1. típus (A): „tisztá” tremolit
2. típus (B): „tisztá” aktinolit
3. típus: (C): tremolit + kevés klorit
± piroxén utáni pseudomorfózák



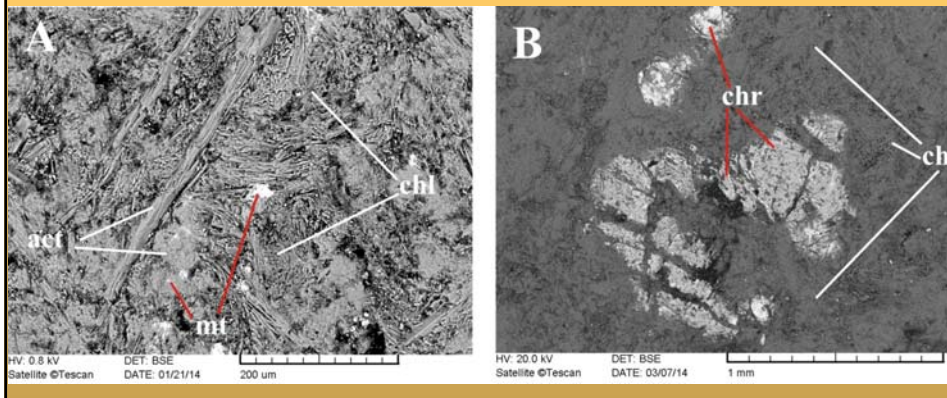
Nefrit típusok 2.

4. típus: aktinolit + klorit, reliktklinopiroxének, spinell (krómit), gránát

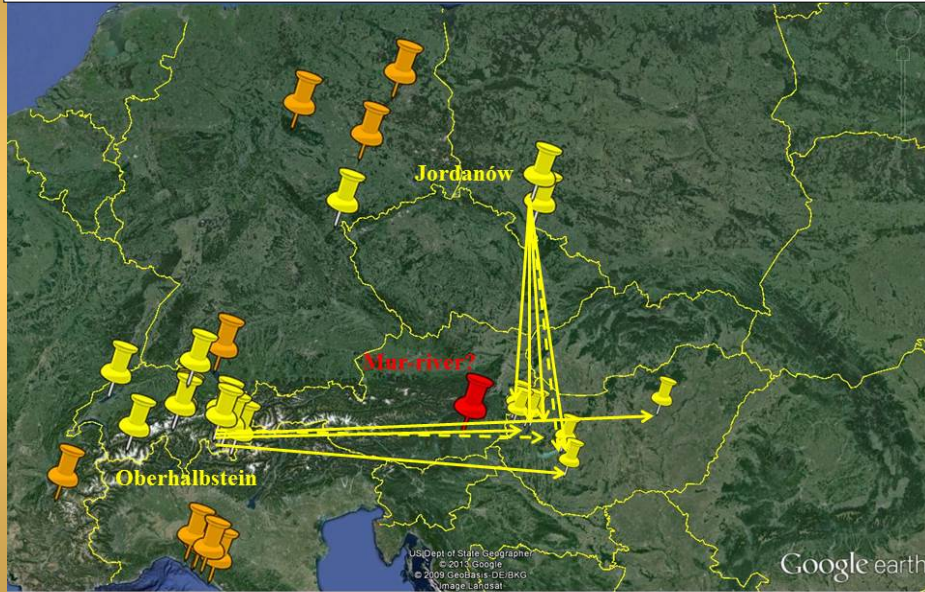


Nefrit típusok 3.

5. típus: aktinolit és tremolit + klorit, reliktklinopiroxének, spinell (krómit) – gránát nincs



Legvalószínűbb nefrit nyersanyag származási területek



Nagynyomású metafiolit

- **Eklogit**
 - összetétel: Na-piroxén + gránát
- **Na-piroxenit** (Jade-kő; jadeitit-omfacitit)
 - összetétel: Na piroxén (jadeit/omfacit)
- (Glaukofánpala)
- (Retrográd eklogit – zöldpala)



Összetétel alapján: **nagy nyomású - kis hőmérsékletű (HP-LT) metafiolitos** kőzetek

Jade képződés: a köpenybe beszivárgott fluidumok kicsapódásával (P-típus) vagy plagiogránit, metagabbró vagy eklogit metasomatikus átalakulásával (R-típus)
Nevezéktan: kétféle felosztás

- D'Amico (2003) **kémiai alapon** csoportosította a kőzeteket
- Giustetto és Compagnoni (2014) **petrográfián alapuló** felosztás

Magyarországon: eddig 27 példány azonosított

HP kőeszközök régészeti típusai, anyaga

Használati eszköz

Neolit – bronzkor (VII - III évezred BC)

- „Kőbalta” – fejsze, szalukapa (axe, adze)
- Véső – vésőbalta (chisel)



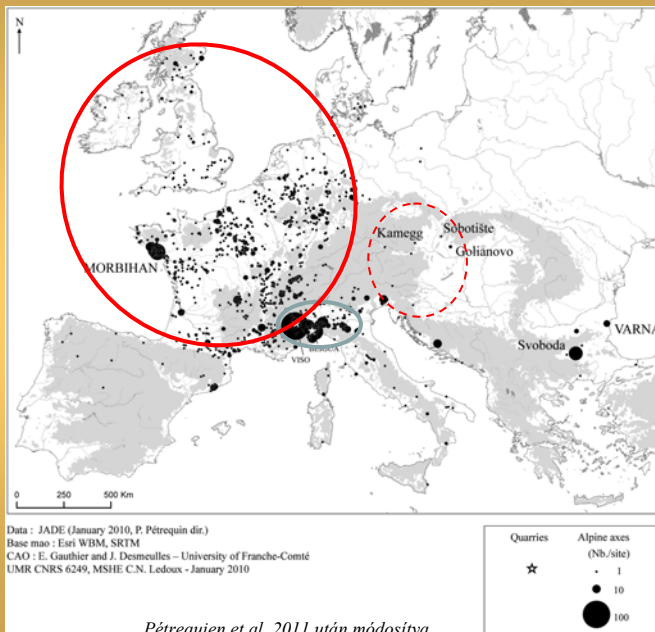
Szimbolikus, szertartási, presztízs

V-IV évezred BC

- Háromszög alakú, nyelv alakú balta
- Ékszer – karkötő



Nagynyomású metamorfit kőeszközök elterjedése Európában



Eklogit
 (munkaeszköz):
 lényegesen szűkebb
 elterjedés, mint a
jadeitit-omfacitit
 szimbolikus
 kőeszközök



A „nyúlt szimbolikus” csiszolt kőeszközök elterjedése Európában

Elterjedés déli, nyugati és
északi irányban, a
nyersanyag lelőhelyétől
közel 1500 km távolságig,
kelet felé csak szórványos
az elterjedés.

Az elosztási centrumok
feltételezhetően 150-200
km-re voltak egymástól.

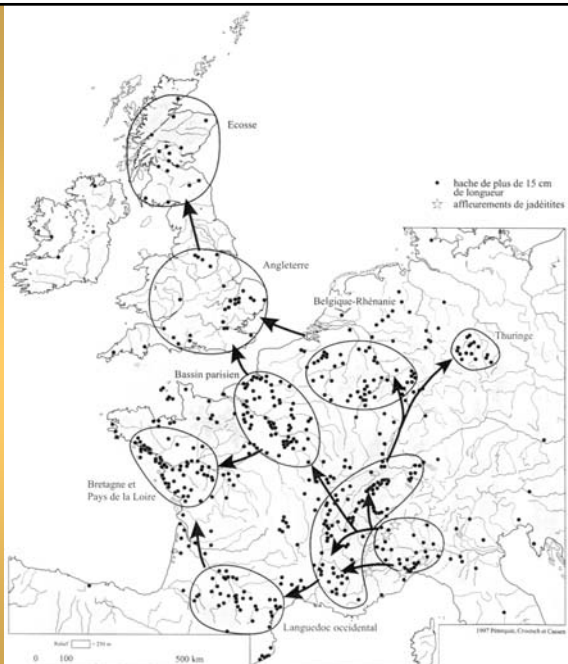
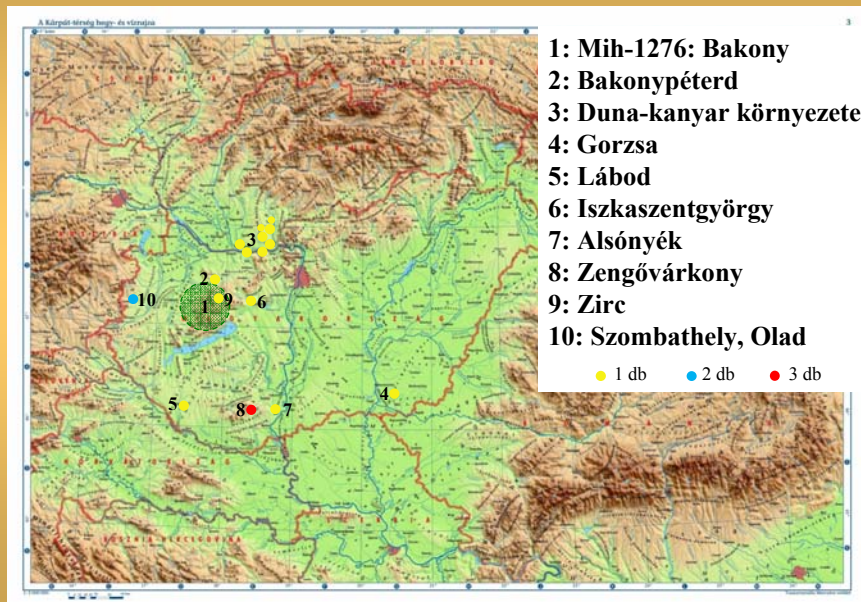


Fig. 2 – Interprétation de la répartition des lames polies en roches alpines d’origine piémontaise ou ligur. Depuis la zone des producteurs, ouest de la Lombardie, Piémont et Ligurie, les ébauches et les lames polies gagnent le pied occidental des Alpes. A plus de 500 km des affleurements primaires, les exemplaires les plus longs se trouvent regroupés en larges concentrations clairement séparées les uns des autres : ces concentrations suggèrent des organisations sociales profondément inégalitaires où les échanges se font à longue distance au profit des élites.

Magyarországi eddig vizsgált és azonosított nagy nyomású metaofiolitos nyersanyagú kőeszközök



Lelőhelyek



Vizsgálati módszerek

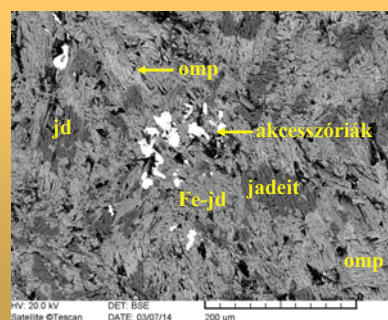
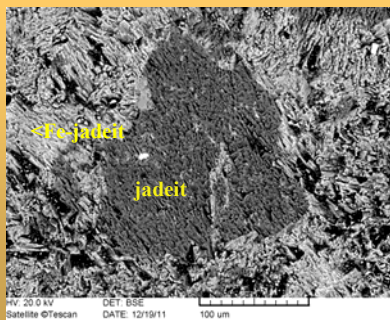
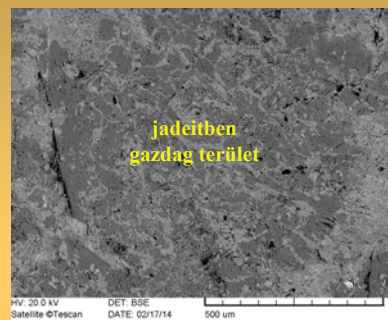
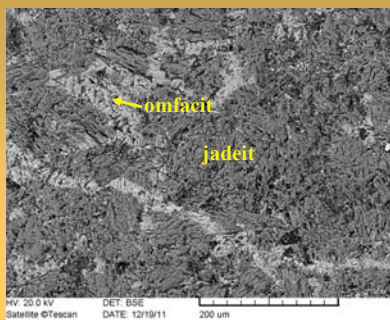
Elsősorban roncsolásmentes:

- Makroszkópos leírás + Mágneses szuszceptibilitás
- SEM-EDX
- Kémiai elemzés PGAA módszerrel
- Roncsolásmentes XRD

A Magyarországon előkerült nagynyomású metaofiolitos leletek típusai

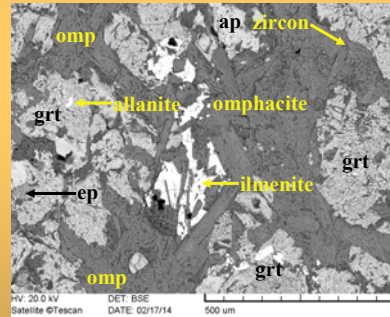
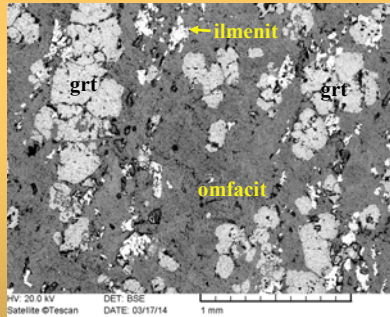
- Változatos megjelenésűek
 - ásványos összetétel, ásványkémia és kőzetkémia alapján: **három fő csoport** és ezeken belül **további alcsoportok**:
 - **Na-piroxenit**, piroxén összetétele alapján:
 - Jadeitit
 - Kevert jadeitit
 - Fe-kevert jadeitit
 - Fe-jadeitit
 - Omfacitit
 - **Glaukofánpala (retrográd omfacitpala)**
 - **Eklogit**
 - Mg-eklogit
 - Fe-eklogit

Ásványos összetétel, szövet: jadeitit-omfacitit



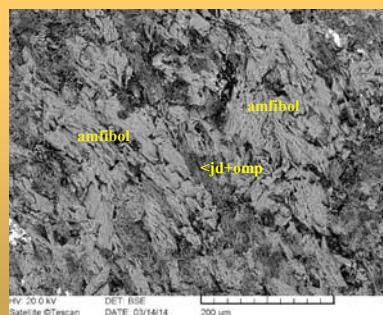
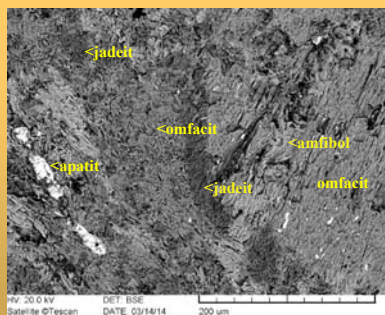
Ásványos összetétel, szövet: eklogit

omfacit >> jadeit (Fe-jadeit) + gránát + akcesszóriák



Ásványos összetétel, szövet: glaukofánpala (retrográd omfacitpala)

omfacit >> jadeit + akcesszóriák:
retrográd fázis: glaukofán



Kőeszközök anyagához hasonló megjelenésű és összetételű, nagynyomású metafolitok előfordulása



1 - Elsődleges HP metafolit

2 - HP metafolit másodlagosan, oligocén konglomerátumban, és annak áthalmazott anyagában

Nyersanyag eredete 1) - konglomerátum, illetve kavicsanyag

Két alapvetően különböző elképzelés:

1) Oligocén konglomerátum kavicsanyagából vagy áthalmazott kavicsanyagából (D'Amico és munkatársai): É-Appenninnek északi előtere (pl. Rivanazzano), Voltri masszívum

feltárásból



folyók durvatörmelékes kavicsanyagából



tengerparti kavicsanyagból



Nyersanyag eredet 1) - Rivanazzano környéke (Appenninek ÉNY-i lábánál)

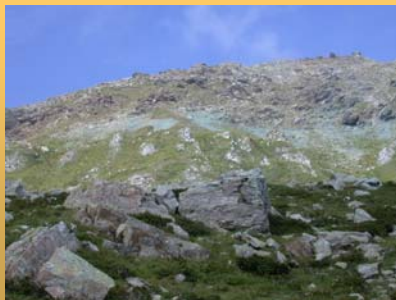


Nyersanyag eredete 2) - Nyugati-Alpok

2) Nagyméretű blokkokból a Monviso környékéről 2000-2400 m tszf magasságból (Pétrequin és munkatársai)

- Spektrometriai mérések + terepi bizonyítékok(?) + radiogén kormeghatározás (Pétrequin és munkatársai)
- Újabb: nagyszámú terepi minta (Pétrequin) petrográfiai elemzése (D'Amico)

Feltételezés : elsősorban a nagyméretű szimbolikus jadeitit kőszközökre valószínűsíthető



Egyéb

Szerpentinit

- Sok lelőhelyen, általában kis mennyiségben, elsősorban a Dunántúlon
- Főleg szimbolikus, de gyakran használati eszköz
- Többféle alak és forma
- Mágneses szuszceptibilitás: nagy

Lelőhely meghatározás problémás!

- **SEM-EDX/elektron-mikroszkop**
 - vékonycsiszolat
 - eredeti felszín – sok esetben korlátozottan, de használható
 - reliktumok
 - újonnan kristályosodott ásványok
 - oxid/szulfid ásványok
 - szöveti megfigyelések
- **Kémiai összetétel (pl. PGAA)**
 - korlátozottan használható



Szerpentinit

Ismert és feltételezett nyersanyag lelőhelyek:

1. Alsó-Sziléziai masszívumok (pl. Jordanov-hg, Szkláry-masszívum)
2. Möll-völgy
3. K-Alpok Penninikum
4. D-Szlovákia
5. Vardar-öv
6. Ny-Alpok



Kékpala

- Makroszkóposan hasonlít egyes zöldpala típusokhoz, de: kékes színárnyalatú (glaukofán – kékamfíbol)
- PGAA: metabázit → kémiai összetétel a „zöldpala” eszközökéhez hasonló
- SEM-EDX: ásványkémia alapján jól azonosítható



- **Előfordulás:** ÉK-Magyarországi leletanyagokban
- **Nyersanyag lelőhely:** DK Szlovákia területe: Šugov völgy, Ajnácskő, Szádelői-völgy – kémia, ásványkémia jól egyezik; + kőeszközök elterjedése is ezt erősíti meg



„Fehér kő”

- Viszonylag gyakori
- Fehér, nagyon finomszemcsés
- Kaptafa alakú és lapos vésőbalták
- Változó keménység és összetétel



Változatok:

Nagy Mg-tartalom → magnezites kovapala

Nagy Si-tartalom → kovás aleurolit

Nagy Ca tartalom → mikrokristályos mészkő

Puha → diatomapala vagy tufa

Nyersanyag eredet

Hasonló kőeszközök:

késő Vinča kultúra

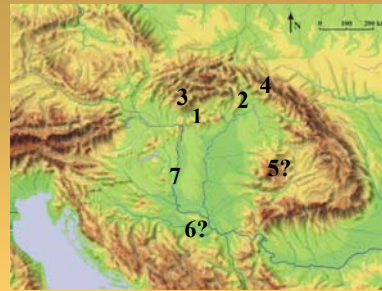
(Antonović 1998, 2003)

Lelőhely: Szerbia területe



Andezit és más S-N vulkanitok, telérkőzetek

- A balta ritka, elsősorban szerszámkő
- Változatos összetétel
- Mindenhol előfordul kis mennyiségben, de É-ÉK Magyarországon több; Aszódon sok
- Elsősorban harmadkori mészkáliai vulkanizmus termékei

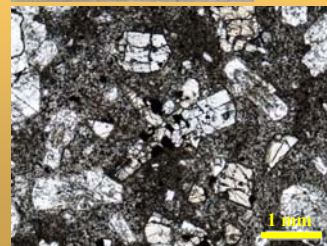


Nyersanyaglelőhelyek

1. D-Cserhát – bazaltos andezit – Aszódi kőbaltagyártó műhely (T. Biró 1994)
2. Tokaji-Eperjesi hegység
3. Közép Szlovákiai Vulkanai hegység
4. Kárpátalja (Királyháza)
5. Erdélyi közphegység?
6. Száva-Vardar öv?
7. Áthalmozott andezit tömbök – Mecsek



Andezit
Ebenhöch gyűjtemény



Helyi(-közeli) felhasználás

Ritkaságok

- Mészkö-márga - elsősorban sírbalták; helyi nyersanyag
- Homokkő
- Kvarcit, egyéb kova anyagú kőzetek pl. lidit
- Aleurolit
- Ultrabázitok-metaultrabázitok
- Ofikarbonátos kőzetek
- Agyagos kontakt kőzetek
- Metadiorit-metakvarcgabbro
- Márvány - szimbolikus
- Talkpala



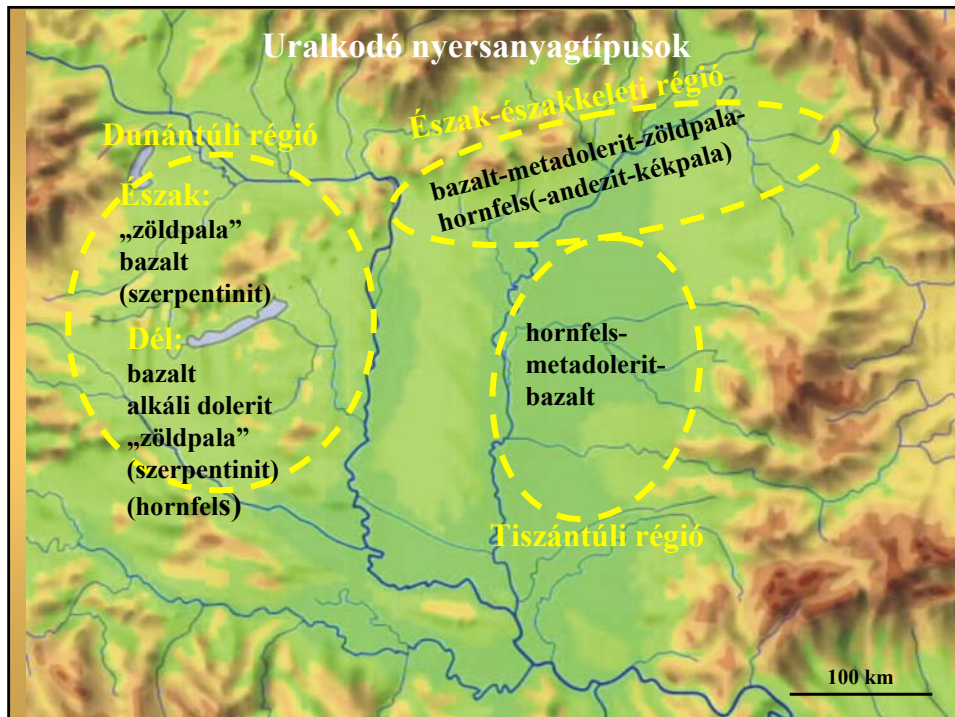
Kavics eredetű mészkö kőeszközök
– Mihálydy gyűjtemény



Lidit – Mihálydy gyűjtemény

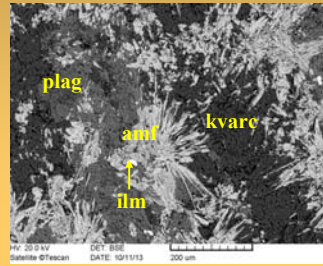


Metaultrabázit - Gorzsa

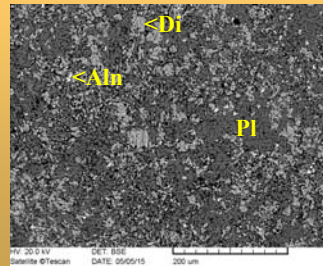


Nagyon alkalmas nyersanyag

Kontakt metabázit

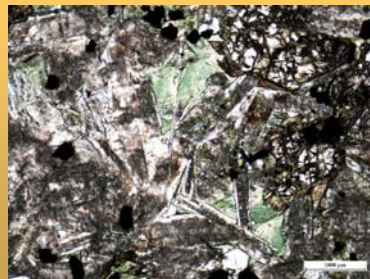
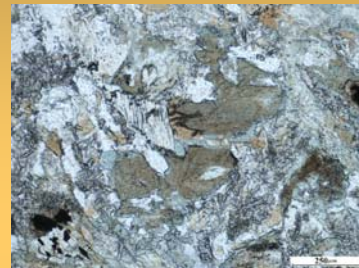
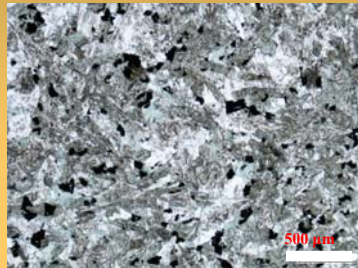


Hornfels



Alkalmas nyersanyag

Dolerit-metadolerit



Alkalmas nyersanyag

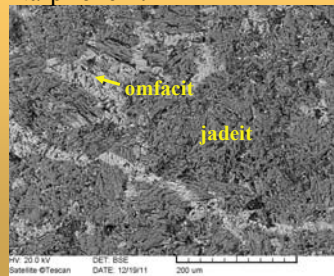
Bazalt



Eklogit

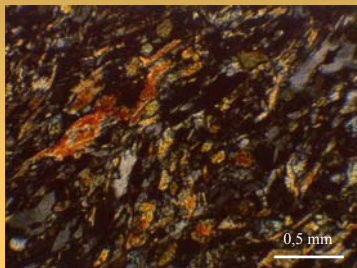


Na-piroxenit



Közepes mértékben alkalmas nyersanyag

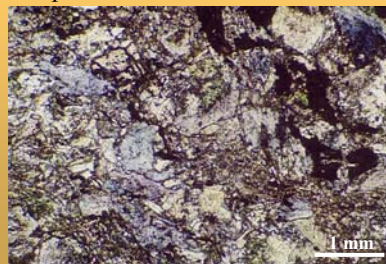
Zöldpala-amfibolit változatok



Amfibolit

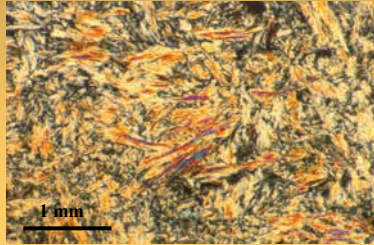


Kékpala

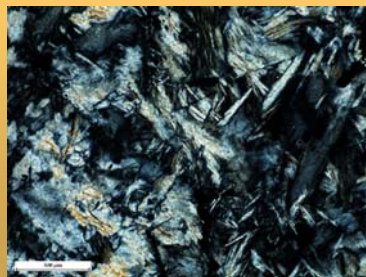
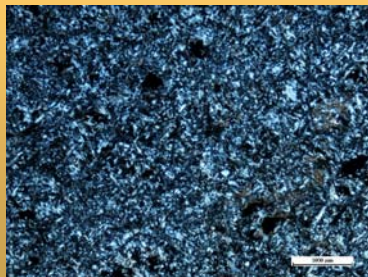


Közepes mértékben alkalmas nyersanyag

Nefrit

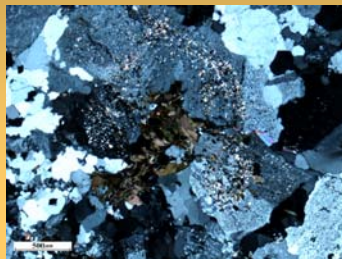


Szerpentinit



Általában nagyon kevésbé alkalmas vagy alkalmatlan nyersanyag

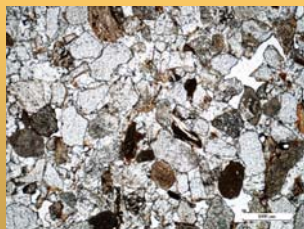
Gránit - durvaszemcsés



Andezit-dácit – egyenetlen szemcseméret



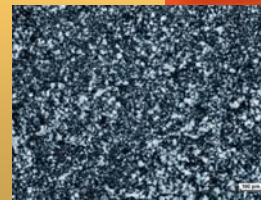
Homokkő - szemcsés



Mésző/márga - puha



Kovaközetek
- rideg



Válogatott irodalom

- Antoni, J. (2012): Útmutató a csiszolt kőeszközök világához. – MNM-NÖK Tudományos –népszerűsítő füzetek, 4. 84p.
- Szakmány, Gy. (2009): Magyarországi csiszolt kőeszközök nyersanyag típusai az eddigi archeometriai kutatások eredményei alapján. - Archeometriai Műhely, www.ace.hu/am VI. 1, pp. 11-29.
- Péterdi, B. – Szakmány, Gy. – Judik, K. – Dobosi, G. – Kovács, J. – Kasztovszky, Zs. – Szilágyi, V. (2011): Bazalt anyagú csiszolt kőeszközök közettani és geokémiai vizsgálata (Balatonöszöd - Temetői dűlő lelőhely). - Archeometriai Műhely, www.ace.hu/am VIII. 1, pp.: 33-68.
- Szakmány, Gy. – Kasztovszky, Zs. – Szilágyi, V. – Starnini, E. – Friedel, O. – Biró, K. T. (2011): Discrimination of prehistoric polished stone tools from Hungary with non-destructive chemical Prompt Gamma Activation Analyses (PGAA). – European Journal of Mineralogy 23, pp. 883-893.
- Bradák, B. – Szakmány, Gy. – Józsa, S. (2005): Mágneses szuszceptibilitás mérések – új módszer alkalmazása csiszolt kőeszközök vizsgálatában. – Archeometriai Műhely, www.ace.hu/am II. 1, pp. 13-22.
- Bradák, B. – Szakmány, Gy. – Józsa, S. – Přichystal, A. (2009): Application of magnetic susceptibility on polished stone tools from Western Hungary and the Eastern part of Czech Republic (Central Europe). – Journal of Archaeological Science 36, 2437-2444.
- Szakmány, Gy. – Starnini, E. – Horváth, F. – Bradák, B. (2008): Gorzsa késő neolitik településről előkerült kőeszközök archeometriai vizsgálatának előzetes eredményei (Tisza kultúra, DK Magyarország). - Archeometriai Műhely, www.ace.hu/am V. 3, pp. 13-25.
- Friedel, O. – Bradák, B. – Szakmány, Gy. – Szilágyi, V. – T. Biró, K. (2008): Összefoglaló az Ebenhőch csiszolt kőeszköz gyűjtemény archeometriai vizsgálati eredményeiről. - Archeometriai Műhely, www.ace.hu/am V. 3, pp. 1-11.
- Bendő, Zs. – Oláh, I. – Péterdi, B. – Szakmány, Gy. – Horváth, E. (2013): Csiszolt kőeszközök és ékkövek roncsolásmentes SEM-EDX vizsgálata: lehetőségek és korlátok. - Archeometriai Műhely, www.ace.hu/am 2013. X. 1, pp.: 51-65.
- Péterdi, B., Szakmány, Gy., Bendő, Zs., Kasztovszky, Zs., Biró, K. T., Gil, G., Harsányi, I., Mile, V., Szilágyi, Sz., (2014): Possible provenances of nephrite artefacts found on Hungarian archaeological sites (preliminary results). - Archeometriai Műhely, www.ace.hu/am XI. 4, pp.: 207-222.
- Bendő, Zs., Szakmány, Gy., Kasztovszky, Zs., Maróti, B., Szilágyi, Sz., Szilágyi, V., Biró, K. T. (2014): Results of non-destructive SEM-EDX and PGAA analyses of jade and eclogite polished stone tools in Hungary. - Archeometriai Műhely, www.ace.hu/am XI. 4, pp.: 187-205.
- Szakmány, Gy., Józsa, S., Bendő, Zs., Kasztovszky, Zs., Horváth, F. (2016): Magyarországon előkerült hornfels (mész-szilikát szaruszirt) anyagú csiszolt kőeszközök nyersanyaglelőhelyének felkutatása. Archeometriai Műhely, www.ace.hu/am XIII. 1, pp.: 43-54.
- Kereskényi E., Szakmány Gy., Fehér B., Kasztovszky Zs., Kristály F., Rózsa P. (2018): New archaeometrical results related to Neolithic blueschist stone tools from Borsod-Abaúj-Zemplén County, Hungary. Journal of Archaeological Science: Reports, 17.: pp.: 581-596.
- Bendő, Zs., Szakmány, Gy., Kasztovszky, Zs., T. Biró, K., Oláh, I., Osztás, A., Harsányi, I., Szilágyi, V. (2018): High pressure metaophiolite polished stone implements found in Hungary. *Archaeological and Anthropological Sciences*; electronic version: <https://doi.org/10.1007/s12520-018-0618-6>, pp.: 1-25p

Szerszámkövek archeometriája

Szakmány György

2019. március 22.

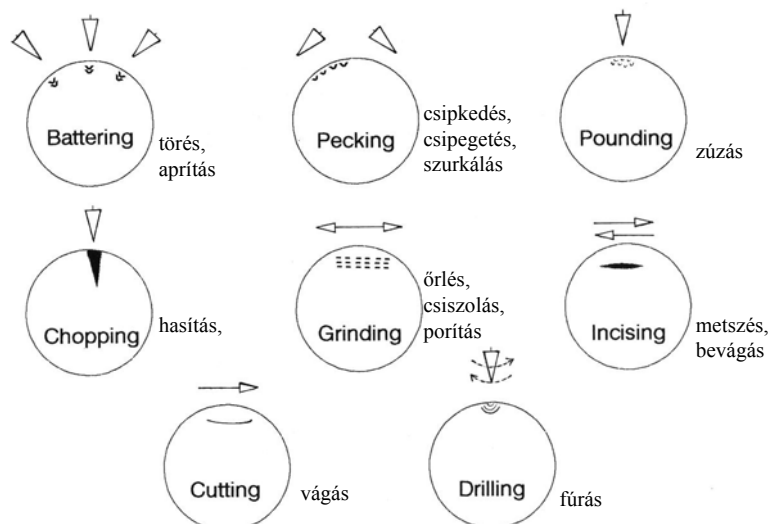
Szerszámkövek

- Viszonylag kevés kőzettani-geokémiai adat – vizsgálatok az utóbbi időben kezdtek elterjedni.
- Származás: általában a legközelebbi, legkönnyebben elérhető területekről, gyakorlatilag minden kőzettípust használtak.
- Csiszolt kőeszközök vizsgálatával együtt a nyersanyag származási hely, kereskedelmi útvonalak jól nyomon követhetők.

Használat

- A kőzettípus és a felhasználás módja között általában szoros a kapcsolat, megszabja:
 - Keménység
 - Sűrűség
 - Törekenység ↔ szívósság
 - Durvaság, érdesség
 - Kopásállóság
- Örlés, porítás
- Ütés (ütőkő)
- Csiszolás, polírozás (fényezés)
- Öntőforma

Legfontosabb munkafolyamatok (Wright 1992)



Homokkő

A leletanyagban általában a leggyakoribb kőzettípus

Sokféle funkcióra használható: csiszolás, törés, örlés (de nem gabona – szemcsék könnyen kiesnek!) – hosszú „életű”

Kárpát-medencében széles körben változatos megjelenésű és korú kőzet; anyagvizsgálattal számos típus igazolt, pl.:

- Lábatlani (al kréta) – Bicske Galagonyás
- Balatonfelvidéki perm-i vörös homokkő
- Mecseki perm-al triász vörös homokkő
- Hárshgyi homokkő - É-Magyarország



Késő rézkori örlőkő
Balatonlelle – Felső-Gamász

→ A legközelebbi, legkönnyebben elérhetőt használják

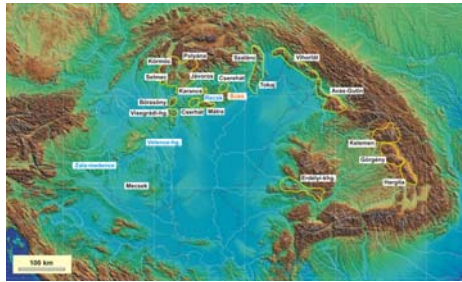
Andezit, dácit és piroklasztjaik

örlés (főleg hólyagüreges, finomszemcsés)
malomkő – gabona örlés
törés
vájás

Felhasznált nyersanyagok: elsősorban a

Belső Kárpáti Vulkáni Koszorú
miocén vulkáni eredetű kőzettípusai:

- Börzsöny - andezit
- Cserhát - andezit
- Mátra – Domoszló: malomkő – andezit
- Tokaj–Eperjesi hegység
- Visegrádi hegység (pl. gránátos dácit
malomkő – Bicske)



Bazalt, bazalttufa, bazaltos lapillikő

Örlőkő
malomkő (hólyagüreges – gabona)



Római kori malomkövek, Zalaötvő

Gránit-metagranitoid

Ütőkő – Gorzsa

Dörzskő – csiszológő

- Nehezen esnek ki belőle az elegyrészek (↔ homokkő)
- Gyakran felújítandó a felület



Csillámpala, gneisz

Nálunk viszonylag ritkán használt

Őrlőkő, malomkő

(kvarctartalom miatt)

„önmagát felújító” felület



Gorzsa

Malomkő – Paleocastro (Bulgária)

Kitermelés példa



Mésző, márga, dolomit

Viszonylag ritkán használt (puha, de nem törékeny) → puha anyagok apró törése, porítása

- a tömött mészkő változatok zúzásra jól használhatók

pl.:

- Szarmata mészkő
- Édesvízi mészkő – fiatal tavi üledékes kőzetek

A Kárpát-Pannon régióban nagyon elterjedt, nem könnyű azonosítani

Kavics

- *Kvarckavics* – kerámia kavicsolás (fényezés)– széles körben használt
- *Egyéb kavics típusok* – főleg a kemény, finomszemcsés kőzetek kavicsait, illetve azokból a kőzetekből származókat, amit amúgy is használtak



Kvarckavics - Gorzsa

Kovakőzetek

Nagy keménység, de rideg → jelentős mechanikai igénybevétel során kagylósan törik, pattogzik → nem alkalmas csak finom letörögetésre, eszköz-szerszám végső alakítására, esetleg hasításra.

Öntőforma

Magyar Nemzeti Múzeum: bronzkori öntőformák (Péterdi Bálint feldolgozás)

- Homokkő (fiatal?) - Pátitos karbonát kötőanyaggal
- Riolittufa
- Andezittufa
- Csillámpala
- Talkpala
- Metahomokkő (kékamfibol szemcsékkel; eredet: DK-Szlovákia területe)
- Mészke (szarmata)
- Mesterséges anyag (kerámiatöredékeket, kőzúzalékot, agyagalacsinokat tartalmazó kiégett agyag)

Malomkő – Római birodalom

- *Mediterrán régió:*
 - Nyersanyag: **leucit tartalmú vulkanitok** („leucitofir”) elterjedtek (fonolit, tefrifonolit).
 - Nyersanyag eredet: **Közép Olaszország kvarter vulkáni terület:** Albani, Vulsini stb. – nagytávolságú elterjedés a Római Birodalom mediterrán térségében
- *Ny Európa:*
 - Nyersanyag: **kvarter alkáli vulkanitok** az **Eifel hegységéből:** főleg foiditek (leucitit, nefelinit, melilit-nefelinit, bazanit, tefrit és fonolit) – nagytávolságú elterjedés a Római Birodalom területén főleg D és DNy-irányban, K felé csak elvétve



Malomkő – Zalalövő, Római kor

Andezit-trachandezit-látit - nyersanyag
lelőhely: Gleichenberg (Burgenland)



Bazalt – nyersanyag lelőhely: Ság-hegy



Bazalttufa (ritka)



Irodalom

- Wright, K. (1992): A classification system for ground stone tools from the Prehistoric Levant. *Paléorient*, 18/2: 53-81.
- Adams, J. L. (2002): *Ground Stone Analysis: a technological approach*. The University of Utah Press, Salt Lake City
- Antonelli, F. & Lazzarini, L. (2010): Mediterranean trade of the most widespread Roman volcanic millstones from Italy and petrochemical markers of their raw materials. *Journal of Archaeological Science* 37: 2081-2092.
– *valamint benne szereplő további irodalmak*
- Gluhak, T. M. & Hofmeister, W. (2008): Provenience analysis of Roman Millstones: mapping of trade areas in Roman Europe. In: Kostov, R.I, Gaydarska, B. & Gurova (eds.): *Geoarchaeology and Archaeomineralogy -Proceedings of the International Conference 29-30 October 2008*. Sofia, 111-115.
- Péterdi, B. (2004): Bronzkori és vaskori öntőformák petrográfiai vizsgálata. In: Ilon, G. (szerk): *MOMOS III, Óskoros Kutatók III. Összejövetelének konferenciakötete*, Szombathely: 487-525.
- Szakmány, Gy. – Nagy, B. (2005): Balatonlelle – Felső-Gamász lelőhelyről előkerült késő rézkori vörös homokkő őrlőkövek petrográfiai vizsgálatának eredményei. – *Archeometriai Műhely*, www.ace.hu/am 2005. II. 3: 13-21.
- Szakmány, Gy. – Stardini, E. – Horváth, F. – Bradák, B. (2008): Gorzsa késő neolitikus településről előkerült kőszerszámok archeometriai vizsgálatának előzetes eredményei (Tisza kultúra, DK Magyarország). – *Archeometriai Műhely*, www.ace.hu/am 2008. V. 3: 13-25.
- Szakmány, Gy. – Nagy Szabó, T. (2011): Zalalövőről származó római kori malomkövek archeometriai vizsgálati eredményei. *Archeometriai Műhely*, 2011. VIII. 1. : 85-98.
- Péterdi, B., T. Biró, K., Tóth, Z., Bertalan, É. Horváth, Zs., Freiler, Á., Beke, Zs., Budai F. (2016): Domszló: őrlő- és malomkő nyersanyagkitermelőhely és műhely a Mátrában: Első régészeti elterjedés-vizsgálatok. *Archeometriai Műhely*, 2016. XIII. 4. : 219-236.
- Péterdi, B. – T. Biró, K. – Tóth, Z., Bajkai, R. Tóth, I. – Bendő, Zs. (2018): Új gombok a domoszlói andezit kabáthoz: avar kori malomkövek Hajdúnánásról. *Archeometriai Műhely*, 2018. XV. 1. : 135-148.

Márványok archeometriai vizsgálata

Szakmány György

Archeometria, 2019. március 22.

Márvány leletek, bányászat



Heténypuszta (Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteménye)



Neolit buzogány,
Gorzsa



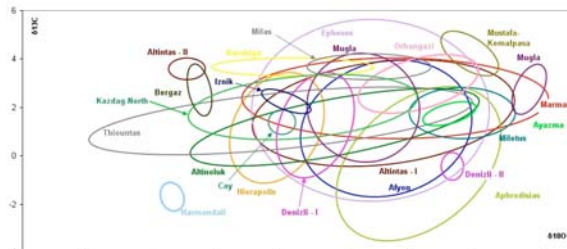
Carrara -
márványbánya



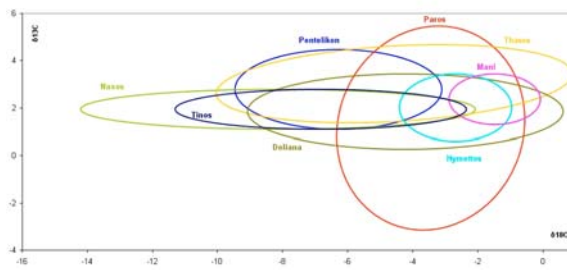
Stabil izotópok: $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$

$$\delta = (R_{\text{minta}}/R_{\text{standard}} - 1) * 1000; \quad R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}; \quad R = {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$$

Számos tényező befolyásolhatja: pl. hőhatás (égés), szubmikroszkópos korom, restaurálás



Törökországi márványbányák



Görögországi márványbányák

Jelentős átfedések lehetnek

${}^{87}\text{Sr}/{}^{86}\text{Sr}$

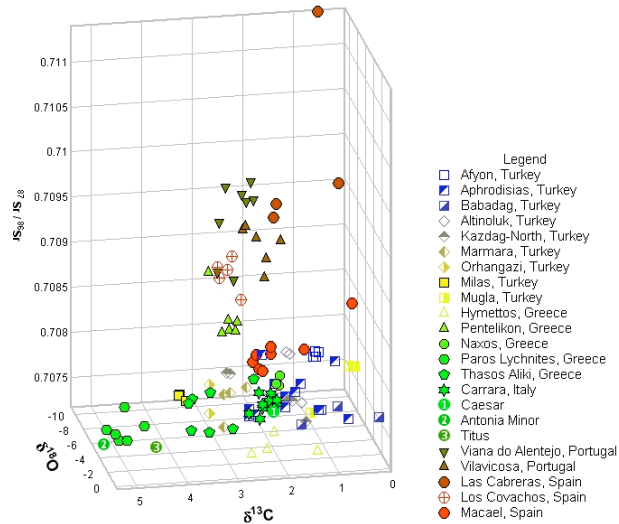
Márvány Sr tartalma 20-400 ppm

Kevés minta elég

ICP-MS (induktívan csatolt tömegspektrometria helyett jobb a TIMS (termikus ionizációs tömegspektrometria)

A nagy geológiai egységek márványai (eltérő koruk miatt) ez alapján viszonylag jól elkülöníthetők

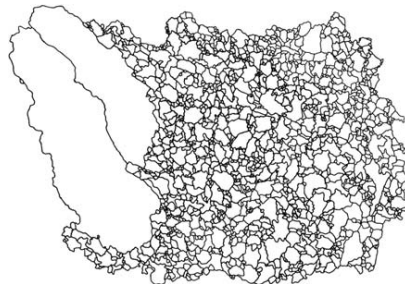
$\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ együttes



Viszonylag jó elkülönítés

Petrográfia

- **Kvantitatív szöveti elemzés**
 - vékonycsiszolatból vagy csiszolt felületről
 - egyedi szemcsék körülrajzolásával
 - egyes szemcsék geometriája
 - maximális hossz tengely (MGS)
 - maximális szemcseterület (MGA)
 - szemcsék geometriájának statisztikai eloszlása
- **Fraktálanalízis** – szövet mintázatát egészében vizsgálja

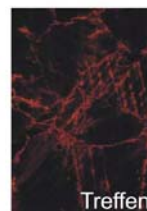
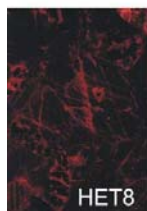
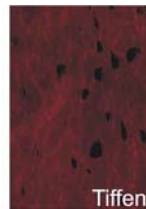
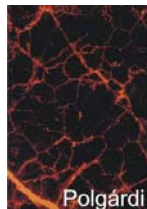


Katódlumineszcencia

Ca és Mg helyére beépülő
ionok → eltérő színű
lumineszcencia

pl. Mn^{2+} (narancsszínű), RFF

de: Fe^{2+} gyengíti



Kémiai elemzések

Módszerek: XRF, AAS, ICP-MS, NAA

de: különböző módszerek és a különböző laboratóriumok
eredményeinek összevetése problémás lehet

Elsősorban kalcit vagy dolomit kristályrácsába beépülő
nyomelemek: Sr, Mn, Fe tartalom ↔ az egyéb, „szennyező”
nyomelemek lokálisan inhomogének lehetnek

Értékelés

Módszerek eredményeinek *kombinációja*

Adatbankok (pl. Miss Marble) – jelenleg közel 2000 márvány adatai, folyamatos bővítés

Irodalom

Zöldföldi, J. (2009): Fehér márványok sikeres eredetmeghatározásának feltételei (avagy a sikertelen eredetmeghatározás okai). - *Archeometriai Műhely*, 6(4), pp. 37-51.

Zöldföldi, J. et al. (2004): Római márványtöredékek vizsgálata a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményéből. – *Archeometriai Műhely*, 1(1), pp. 40-46.

Zöldföldi, J – Hegedűs, P. – Székely, B. (2008): Miss Marble, egy archeometriai, művészettörténeti és műemlékvédelmi célú, internet-alapú, interdiszciplináris adatbázis. - *Archeometriai Műhely*, 5(3), pp. 41-50.

+ *bennük található további irodalmak*