

BAZALTOS ANDEZIT NYERSANYAGÚ SZARMATA SZERSZÁMKÖVEK KÖZETTANI ÉS GEOKÉMIAI VIZSGÁLATA (ÜLLŐ 5. LELŐHELY)

PÉTERDI BÁLINT¹; SZAKMÁNY GYÖRGY²; JUDIK KATALIN³; DOBOSI GÁBOR³

¹Magyar Állami Földtani Intézet, Országos Földtani Múzeum; peterdi@mafi.hu

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kőzettan-Geokémiai Tanszék

³MTA Geokémiai Kutatóintézet

Abstract

This study reports results of petrographical and geochemical analyses on grinding stones (and fragments of grinding stones and other stone stools) from the archaeological site Üllő 5 (Pest County, Hungary). Üllő 5. is the largest excavated Sarmatian site: cca. 9000 object on 300000 m² from the third-fourth century. Altogether 4133 finds (all made of stone) were surveyed macroscopically, among them 926 grinding stones, millstones, fragments of grinding stones and grinders. Most of them (848 pieces) are made from basaltic andesite. The present paper reports the investigation of the 848 basaltic andesite finds. After the macroscopical observation of the finds; they were grouped and the characteristic samples were further investigated in thin section by polarisation microscopy. Additional chemical analyses have been performed. Bulk chemical analysis was performed with ICP-ES, ICP-MS and with Prompt Gamma Activation Analysis (PGAA); some samples were analysed with electron microprobe analysis (EPMA). (Table 1.)

To get more information about the provenance of the archaeological finds we gathered and studied andesite samples from natural outcrops of the neighbouring volcanic mountains (Börzsöny, Cserhát, Mátra and Karancs Mts.). (Table 1., Fig. 1.) The data were compared with data of analyses found in literature consulted. Most of the investigated grinding stones are made of andesite. Among them two major macroscopic groups could be separated. The microscopic features of the two andesite-types are almost the same. Additional chemical analyses have been performed (ICP-ES, ICP-MS, PGAA and EPMA). On the basis of the analyses of the archaeological finds and our gathered comparative samples [i.e. macroscopical, microscopical and chemical examinations] the basaltic andesite raw materials are originated from the Cserhát Mts.

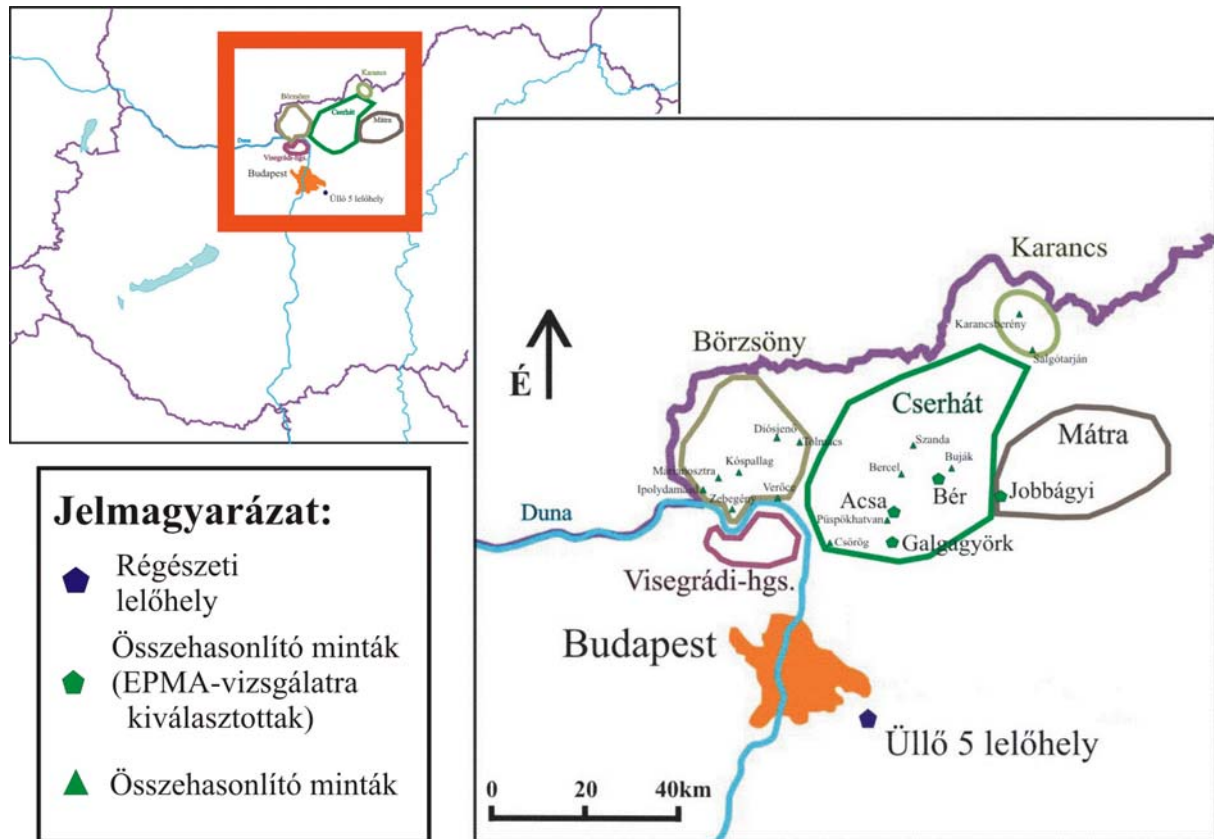
Kivonat

Cikkünkben az Üllő 5. régészeti lelőhelyről (Pest megye) előkerült őrlőkövek (és őrlőkő-, valamint egyéb szerszámkő-töredékek) kőzettani és geokémiai vizsgálatával foglalkozunk. Az Üllő 5-ös lelőhely a legnagyobb szarmata lelőhely: mintegy 9000 objektumot tártak fel 300000 m²-es területen. A leletek kora a Kr.u.-i III-IV. századra tehető. Mindösszesen 4133 kőzetanyagú régészeti leletet vizsgáltunk makroszkóposan, ezek közül 926 őrlőkövet, malomkövet, illetve őrlőkő-töredéket. Az őrlőkövek túlnyomó része (848 db) bazaltos andezit nyersanyagú. Ezen 848 bazaltos andezit nyersanyagú lelet vizsgálatát fejtjük ki cikkünkben.

A leletek makroszkópos leírása és csoportosítása után az egyes nyersanyag-csoportok jellegzetes darabjain vékonycsiszolatos és elektron-mikroszondás (EPMA) vizsgálatokat végeztünk és ezekből a mintákból teljes kémiai elemzések készültek (ICP-ES, ICP-MS, PGAA) (1. táblázat). A vizsgált őrlőkövek túlnyomó többsége bazaltos andezitből készült. Makroszkópos tulajdonságaik alapján két csoportba soroltuk őket. A két csoport mikroszkópos jellemzői nagyon hasonlóak egymáshoz. A leletek nyersanyaga származási helyének pontosításához természetes feltárásokból származó összehasonlító mintákat gyűjtöttünk és vizsgáltunk (a régészeti leletekhez hasonló módon) a lelőhelyhez közel eső hegységekből (Börzsöny, Cserhát, Mátra, Karancs). (1. táblázat, 1. ábra) Adatainkat a közeli hegységek (Börzsöny, Visegrádi-hegység, Cserhát, Mátra) andezitjeiről a szakirodalomban megjelent elemzések adataival is összevetettük. A régészeti leletek és az összehasonlító geológiai minták makroszkópos-, mikroszkópos- és kémiai vizsgálatának eredményei alapján a bazaltos andezit nyersanyagok a Cserhátból származnak.

KEYWORDS: SARMATIAN, GRINDING STONE, STONE TOOL, ANDESITE, PETROGRAPHY, GEOCHEMISTRY

KULCSSZAVAK: SZARMATA, ŐRLŐKŐ, SZERSZÁMKŐ, ANDEZIT, PETROGRÁFIA, GEOKÉMIA



1. ábra: A régészeti lelőhely, a környező hegységek és az összehasonlító (geológiai) minták elhelyezkedése

Fig. 1.: Map of the northern part of Central Hungary with the archaeological site and the sampling localities of the comparative (geological) samples.

Régészeti háttér

Az M0-ás autópálya építéséhez kapcsolódóan, az autópálya és a 4-es út Vecsést és Üllőt elkerülő szakaszának kereszteződésében 2001 és 2005 között folytak megelőző ásatások.

Az Üllő 5-ös lelőhely (**1. ábra**) a legnagyobb eddig feltárt szarmata település: közel 9000 objektumot tártak fel, mintegy 300.000 m²-es területen. Az objektumok többsége egy, a késő császárkorban itt élt szarmata népesség településéhez tartozott. Az ásatások során feltártak néhány temetőcsoportot is, ahol a falu lakói nyugodtak. A leletek alapján (rengeteg kerámia, 47 edényégető kemence, agyagnyerő gödrök, kutak, selejtgödrök stb.) a település egy főként főzőfazekakat gyártó fazekasközpont lehetett. A települést római importtárgyak (kerámia, érmék) alapján a Kr.u. III-IV. századra datálják. (Kulcsár & Mérai in print, Tari 2006.)

A lelőhelyről 4133 kőzet-anyagú lelet került elő. Ezek között 926 vulkanit-nyersanyagú örlőkő (főként alsó örlőkövek, malomkövek, örlőkő-töredékek), fazekas-korong tengelyét tartó "köpersely" és ismeretlen rendeltetésű tárgy található. Az örlőkövek között néhány nagyméretű teljes, illetve fél malomkő is előfordult, többségük azonban csak töredék. Az örlőkövek, malomkövek

méretéből adódóan sok olyan töredék is van, amelyen ugyan a megmunkálás nyomai nem láthatóak, de nyersanyaga azonos, illetve nagyon hasonló az örlőkő-töredékekkel. A továbbiakban az egyszerűség kedvéért 'örlőkő'-nek nevezzük a fentebb részletezett leleteket (örlőköveket, malomköveket, töredékeket).

Az örlőkövek túlnyomó része (848 db/91,6%) vizsgálatunk alapján bazaltos andezit nyersanyagú. Cikkünkben ennek a 848 leletnek a közettani és geokémiai vizsgálatáról számolunk be, és a vizsgálatok alapján megadjuk a nyersanyagforrások valószínűsíthető helyét is.

Vizsgálati módszerek

A leleteket makroszkópos (azaz szabad szemmel és kézi nagyítóval végzett) megfigyelések alapján nyersanyaguk alapján csoportokba soroltuk. A csoportok egy, vagy néhány jellemző (és régészeti szempontból kevésbé értékes, töredékes) példányából vékonycsiszolatot készítettünk a részletes, közettani (polarizációs) mikroszkópos vizsgálatokhoz. A mikroszkópos vizsgálatok eredményét (ásványos összetétel, közetszövet) geokémiai vizsgálatokkal (teljes kémiai és elektronmikroszondás vizsgálatokkal) egészítettük ki.

1. táblázat: Mintadarabok és elvégzett vizsgálatok**Table 1.:** Samples and analyses

Minták			Elvégzett vizsgálatok			
Hegység / régészeti lelet	Lelőhely	Kőzetnév (makroszkópos)	Vékony-csiszolat	ICP-ES, ICP-MS	EPMA	PGAA
Őrlőkő (1. csoport)	Üllő-5 (474.A objektum)	andezit	+	+	+	+
Őrlőkő (1. csoport)	Üllő-5 (619. objektum)	andezit	+	+		
Őrlőkő (1. csoport)	Üllő-5 (1850. objektum)	andezit	+			
Őrlőkő (1. csoport)	Üllő-5 (82. objektum)	andezit	+			
Őrlőkő (2. csoport)	Üllő-5 (1711. objektum)	andezit	+	+	+	
Őrlőkő (2. csoport)	Üllő-5 (7651. objektum)	andezit	+			
Börzsöny	Diósjenő (1)	andezit	+			
Börzsöny	Diósjenő (2)	andezit	+	+		
Börzsöny	Ipolydamásd (MÁFI)	andezit	+			
Börzsöny	Kóspallag (MÁFI)	andezit	+			
Börzsöny	Márianosztra (MÁFI)	andezit	+			
Börzsöny	Tolmács (1)	gránátos andezit	+			
Börzsöny	Tolmács (2)	andezit	+			
Börzsöny	Verőce (1)	andezittufa				
Börzsöny	Verőce (2)	andezittufa				
Börzsöny	Zebegény (1)	andezit				
Börzsöny	Zebegény (2)	andezit				
Cserhát	Acsa (1)	andezit	+	+		
Cserhát	Acsa (2)	andezit	+	+	+	
Cserhát	Acsa (3)	andezit	+	+		
Cserhát	Bér (1)	andezit	+	+	+	
Cserhát	Bér (2)	andezit				
Cserhát	Bér (3)	andezit				
Cserhát	Bercel, Fogacsi-hegy (MÁFI)	andezit	+			
Cserhát	Buják (1)	andezit				
Cserhát	Csörög (1)	andezit				
Cserhát	Csörög (2)	andezit				
Cserhát	Galgagyörk (1)	andezit	+	+	+	
Cserhát	Galgagyörk (2)	andezit	+	+		
Cserhát	Püspökhatvan	andezit	+	+		
Cserhát	Szanda	andezit				
Karancs	Karancsberény	andezit	+	+		
Karancs	Salgótarján	andezit	+	+		
Mátra	Jobbágyi	andezit	+	+	+	

A teljes kémiai elemzések (induktív csatolású plazma emissziós spektrometria (ICP-ES), illetve induktív csatolású plazma tömegspektrometria (ICP-MS)) a vancouveri ACME Analytical Laboratories Ltd. Laboratóriumában készültek. Az elektron-mikroszondás (EPMA) vizsgálatok az MTA Geokémiai Kutatóintézetében, Budapesten készültek (Oxford Instruments INCA Energy 200 típusú energiadiszipatív elemző rendszerrel felszerelt JEOL Superprobe 733 típusú elektronmikroszondával, 15 kV gyorsítófeszültség és 4 nA mintaáram értékek mellett). A különböző vizsgálati módszerekkel nyert eredmények összehasonlítása végett az egyik régészeti lelet prompt gamma aktivációs analitikai (PGAA) mérése is elkészült, ugyancsak Budapesten, a KFKI Izotópkutató Intézetében. (A mérés a 10 MW-os Budapest Kutató Reaktornál készült, ahol a 24 mm² felületre kollimált, 1*10⁸ termális ekvivalens neutronfluxusú neutronnyalábbal 3416 s-ig történt a besugárzás. A detektálást Canberra HPGe-BGO-detektorrendszerrel, a spektrum értékelését Hypermet PC szoftverrel végezték.)

Az őrlőkövek nyersanyaga származási helyének behatárolásához összehasonlító (geológiai) mintákat gyűjtöttünk a közeli hegységekből (Börzsöny, Cserhát, Mátra, Karancs), ahol az őrlőkövek nyersanyagához hasonló vulkanitok fordulnak elő, és ezeket ugyanazokban a laboratóriumokban, ugyanazokkal a módszerekkel vizsgáltuk, mint a régészeti leleteket.

Adatainkat az irodalomban közölt elemzések adataival is összevetettük.

A vizsgált mintákról és az elvégzett vizsgálatokról az **1. táblázat** tájékoztat.

Makroszkópos csoportok: a nyersanyagokról általában

Az őrlőkövek legnagyobb része csaknem üde, illetve csak kevésbé mállott andezitből készült. Makroszkópos tulajdonságaik alapján két csoportot lehetett belőlük kialakítani.

A leletanyagban ezeken kívül kis számban erősen átalakult (kovásodott) andezitből, andezittufából, savanyú vulkanitokból és tufákból készült őrlőkövek őrlőkő-töredékek, egyéb szerszámkövek, ismeretlen rendeltetésű, vulkanit-nyersanyagú tárgyak is előfordulnak, ezeket azonban cikkünkben nem tárgyaljuk.

1. csoport (521 db, 56,3%)

Sötétszürke, fekete andezit, nagyon kis fenokristály-tartalommal, amely átlagosan 3-5 mm-es plagioklász. A kőzetek nagy része hólyagüreges (kerekded és ellipszoid alakú üregek, átlagos méretük kisebb, mint 2 cm, de gyakoriak a nagyobb, 3-6 cm-es üregek is).



2. ábra: Épségben megmaradt őrlőkövek az ásatáson.

Fig. 2.: Grinding stones on the excavated site.



3. ábra: Őrlőkő-töredékek (1. csoport)

Fig. 3.: Fragments of grinding stones (group 1).

Mállott felszínen színük sötétbarna, barna vagy sötétvörös. (**2-3. ábra**)

2. csoport (327 db, 35,3%)

Szürke, sötétszürke illetve fekete andezit 1-3 mm-es átlagos méretű plagioklász- és (az 1. csoporttal ellentétben) 1-4 mm-es piroxén-fenokristályokkal. Nagyméretű hólyagüregek nem jelennek meg, de apró, 1 mm-nél kisebb likacsok sok példányon igen. Mállott felszínen színük sötétvörös, vörös vagy lilásszürke. (**4. ábra**)

Mikroszkópos megfigyelések

Régészeti leletek

A leletek túlnyomó többségét kitevő 1. és 2. andezit csoport mikroszkópos jellemzői nagyon hasonlóak egymáshoz, ezért egyben tárgyaljuk őket.



4. ábra: Örlőkő-töredék (2. csoport)

Fig. 4.: Fragment of a grinding stone (group 2).

A kőzetek mindkét csoportját (glomero-)porfíros, pilotaxitos, trachitos szövétű, hólyagüreges piroxénandezitek alkotják. (3. táblázat)

Fenokristályok:

- Idiomorf-hipidiomorf, mm-es nagyságú, táblás, vagy lécszerű plagioklász-kristályok, számos zárvánnyal (piroxén-, opak-ásvány- és plagioklász-szemcsékkel). Jellemző a poliszintetikus ikresedés és a zónásság. A 2. csoportban kettős, átnövési ikresedés is előfordul.

- Hipidiomorf, zömök-oszlopos, néhány száz µm-es – mm-es nagyságú piroxén-kristályok (orto- és klinopiroxének). A 2. csoport piroxénjei nagyobbak, és néhány zárvánnyal is előfordul. A 2. csoport piroxénjei között zónásság,

továbbnövekedés és ikresedés is megfigyelhető (poliszintetikus klinopiroxén-kristályok is előfordulnak).

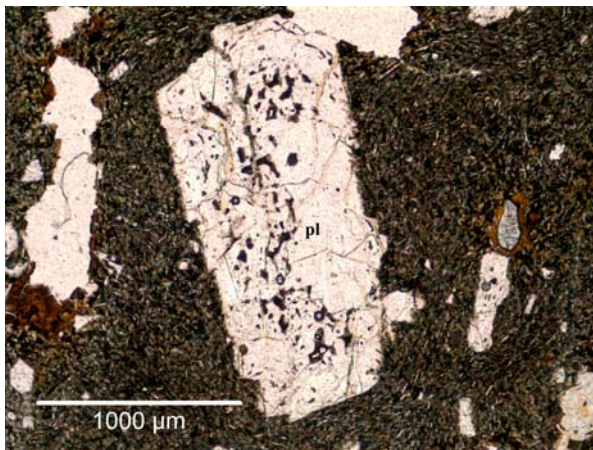
Az 1. csoportban a piroxének mennyisége kisebb, mint a plagioklász-fenokristályoké és ebben a csoportban a fenokristályok mennyisége kevesebb, mint a 2. csoportban.

Mindkét csoportra jellemzőek a csak plagioklász-fenokristályokból, csak piroxén-fenokristályokból, illetve plagioklász- és piroxén-fenokristályokból álló glomeroporfírok.

Az alapanyag legnagyobb részét plagioklász-lécek alkotják, piroxén és opakásvány-szemcsék (titanomagnetitek) mellett. Az alapanyag plagioklász-lécei irányítottan jelennek meg, mintegy „körülölyvva” a fenokristályokat. A sötét színű (barna) egyenletes eloszlású, irányított elrendeződésű kőzetüveg mennyisége az alapanyagban kevesebb, mint 10%.

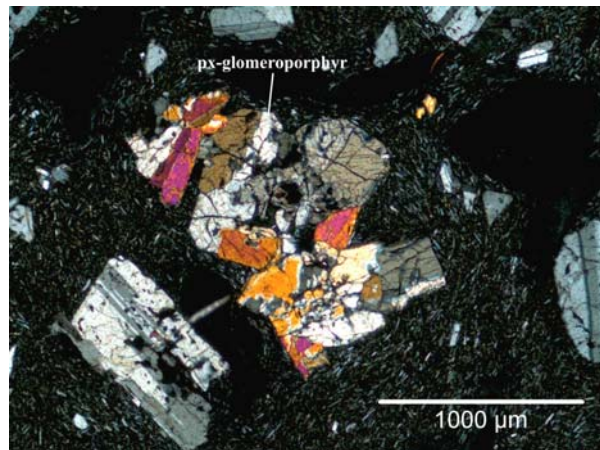
Mint azt a makroszkópos leírásnál is említettük, a 2. csoport hólyagüregi kisebbek, mint az 1. csoporté. Az 1. csoportban egyes hólyagüreg falán vörös, limonitos-hematitos bevonat jelenik meg. A bevonatban egyes helyeken üveges alapanyag és opakásványok találhatóak bezárva, azonban plagioklász és piroxén nem fordul elő bennük.

A 2. csoport hólyagüregi esetenként másodlagos karbonátásványok töltik ki. (5-9. ábra)



5. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristállal. (Régészeti leletek, 1. csoport)

Fig. 5.: Photomicrograph (1N): rock texture with plagioclase (pl)-phenocryst. (Archaeological finds, group 1)



6. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép piroxén-glomeroporfírral, plagioklász-fenokristállal és hólyagüregekkel (sötét foltok). (Régészeti leletek, 1. csoport)

Fig. 6.: Photomicrograph (+N): rock texture with pyroxene-glomeroporphyry, plagioclase-phenocryst and amygdaloid (black patches). (Archaeological finds, group 1)

2. táblázat Az összehasonlító (geológiai) minták vékonycsiszolatos vizsgálata alapján az elektron-mikroszondás vizsgálatokra kiválasztott, illetve a vizsgálatból kizárt minták.

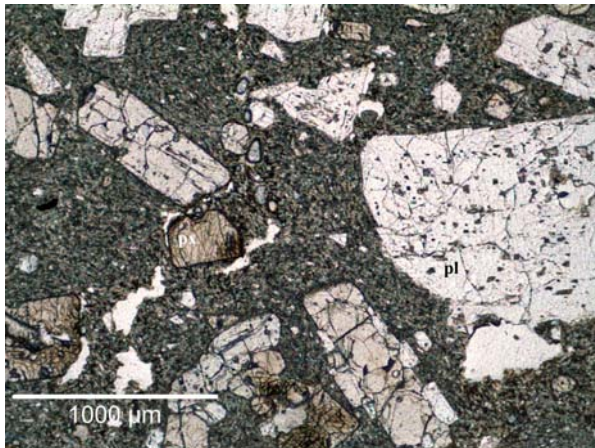
Table 2. Geological samples: selected (or discard) for electron-microprobe analyses by their microscopic character.

Hegység	Lelőhely	Kizáró ok(ok)
Börzsöny	Diósjenő (1)	Biotit-, amfibol-tartalom
Börzsöny	Diósjenő (2)	Biotit-, amfibol-tartalom
Börzsöny	Ipolydamásd (MÁFI)	Biotit-tartalom
Börzsöny	Kóspallag (MÁFI)	Biotit-tartalom
Börzsöny	Márianosztra (MÁFI)	Biotit-tartalom
Börzsöny	Tolmács (1)	Oxiamfibol-tartalom
Börzsöny	Tolmács (2)	Biotit-, amfibol-tartalom
Cserhát	Acsa (1)	Acsa (2) kiválasztása
Cserhát	Acsa (2)	EPMA-vizsgálatra kiválasztott minta
Cserhát	Acsa (3)	Nagyon finomszemcsés, a kisszámú plagioklász-fenokristály is apró.
Cserhát	Bér (1)	EPMA-vizsgálatra kiválasztott minta
Cserhát	Bercel, Fogacsi-hegy (MÁFI)	Az alapanyag kristályosabb, a földpátlécek mérete az alapanyagban nagyobb
Cserhát	Galgagyörk (1)	EPMA-vizsgálatra kiválasztott minta
Cserhát	Galgagyörk (2)	Erősebb mállottság
Cserhát	Püspökhatvan	A piroxén-fenokristályok és kumuloporfirok lényegesen nagyobb mennyisége és mérete.
Karancs	Karancsberény	Biotit-tartalom
Karancs	Salgótarján	Biotit-tartalom
Mátra	Jobbágyi	EPMA-vizsgálatra kiválasztott minta

3. táblázat A mikroszondával is vizsgálat minták szövete és ásványos összetétele

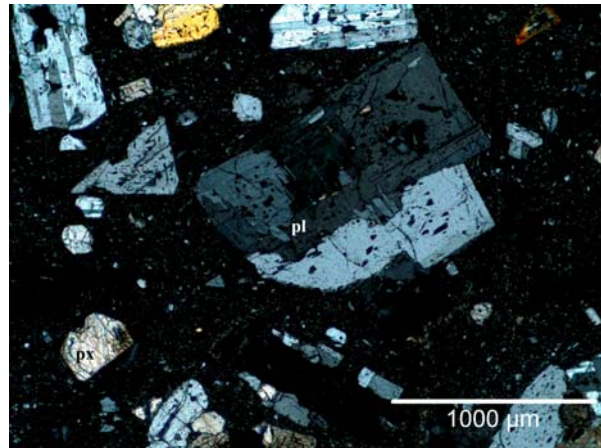
Table 3. Textural parameters and phenocryst types of the samples (archaeological and geological) examined with electron-microprobe

	Régészeti leletek:		Összehasonlító minták			
	1. csoport	2. csoport	AV-25	AV-28	AV-39	G-1
Kőzet	bazaltos andezit		bazaltos andezit			
Szövet	(glomeró-)porfiros, pilotaxitos, trachitos		(glomeró-) porfiros, hialopilites		(glomeró-)porfiros, pilotaxitos	
Hólyagüregek, repedések, másodlagos kitöltések nélkül, 100%-ra számolva:						
Alapanyag (%)	63,83	54,27	55,40	69,74	65,48	66,11
Plagioklász (%)	34,41	38,18	16,40	29,53	33,78	13,54
Ortopiroxén (%)	1,42	4,60	7,99	0,56	0,67	4,90
Klinopiroxén (%)	0,34	2,95	20,21	0,17		15,46
Összes fenokristály (%)	36,17	45,73	44,60	30,26	34,52	33,89
Olivin utáni pszeudomorfóza (%)	-	-	-	-	0,07	-



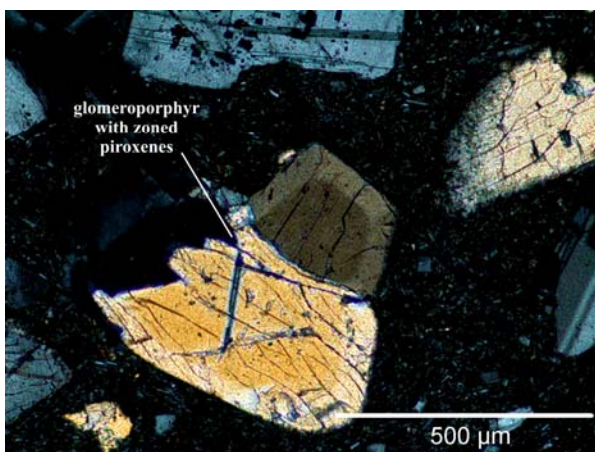
7. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): szöveti kép plagioklász (pl)- és piroxén (px)-fenokristályokkal. (Régészeti leletek, 2. csoport)

Fig. 7.: Photomicrograph (1N): rock texture with plagioclase (pl)- and pyroxene (px)-phenocrysts. (Archaeological finds, group 2)



8. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristállal. (Régészeti leletek, 2. csoport)

Fig. 8.: Photomicrograph (+N): rock texture with plagioclase (pl)-phenocryst. (Archaeological finds, group 2)



9. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép zónás piroxén-fenokristályokból álló glomeroporfirral. (Régészeti leletek, 2. csoport)

Fig. 9.: Photomicrograph (+N): rock texture with glomeroporphy formed by zoned pyroxenes. (Archaeological finds, group 2)

Geológiai minták

A terepbejárások során gyűjtött andezit-minták listáját az 1. táblázatban tüntettük fel. (**1. táblázat**). A régészeti leletek nyersanyagára makroszkóposan leginkább hasonló mintákból vékonycsiszolatok készültek, emellett 12 mintából készült teljes kémiai elemzés. A vékonycsiszolatos megfigyelések alapján a régészeti leletek nyersanyagához leginkább hasonló (**2. táblázat**) 4 db összehasonlító (geológiai) minta anyagát elektron-mikroszondával is vizsgáltuk. Az alábbiakban ezen 4 összehasonlító minta (AV-25, Acsa (2), Cserhát; AV-39, Bér (1), Cserhát; G-1,

Galgagyörk (1), Cserhát; AV-28, Jobbágyi, Mátra; **1. ábra**) mikroszkópos és mikroszondás eredményeit közöljük.

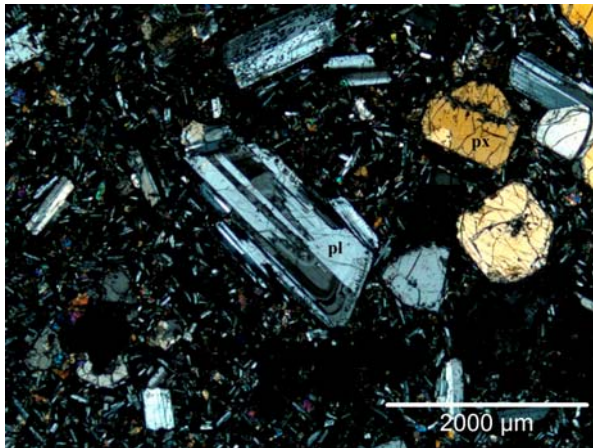
A további részletes ásványkémiai vizsgálatokra kiválasztott 4 összehasonlító (geológiai) minta mikroszkópos jellemzői nagyon hasonlóak egymáshoz, ezért egyben tárgyalom őket, rendre kitérve a minták közti kisebb különbségekre.

Közetszövet: (glomero-)porfirok, hialopilites (AV-25, AV-28); (glomero-)porfirok, pilotaxitos (AV-39, G-1); kerekded, illetve ellipszoid alakú hólyagüregekkel (AV-25, AV-28, G-1). (**3. táblázat, 10-17. ábra**)

Fenokristályok:

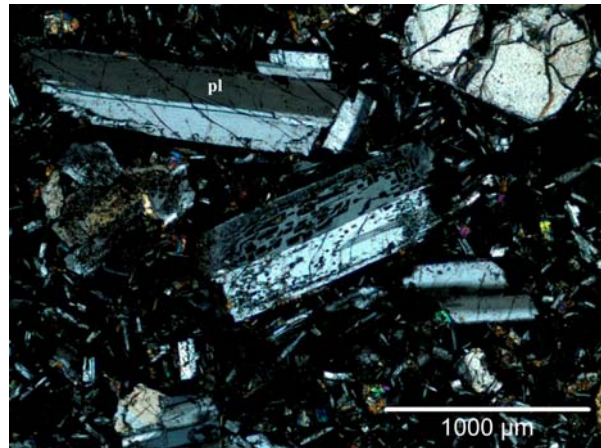
- Idiomorf-hipidiomorf, mm-es nagyságrendű, táblás, vagy lécszerű plagioklász-kristályok, számos zárvánnyal (piroxén-, opak-ásvány- és plagioklász-szemcsékkel, közetüveg-zárványokkal). Jellemző a poliszintetikus ikresedés és a zónásság. A plagioklász-kristályok nagysága elérheti az 5 mm-t is (AV-25, AV-28, AV-39).

- Hipidiomorf, zömök-oszlopos piroxén-kristályok (orto- és klinopiroxének). Méretük néhány száz μm-es – mm-es (AV-25, AV-39, G-1), illetve mm-es nagyságrendű az AV-28-as mintában. Zónásság, továbbnövekedés és ikresedés is megfigyelhető (a G-1 mintában poliszintetikus klinopiroxén-kristályok is előfordulnak). Az AV-39-es mintában csak kis számú piroxén-fenokristály található, és ezek egyike sem ikres. A G-1 mintában egyes piroxén fenokristályok szegélyén 10-100 μm-es nagyságú, eltérő összetételű piroxén-kristályok láthatók.



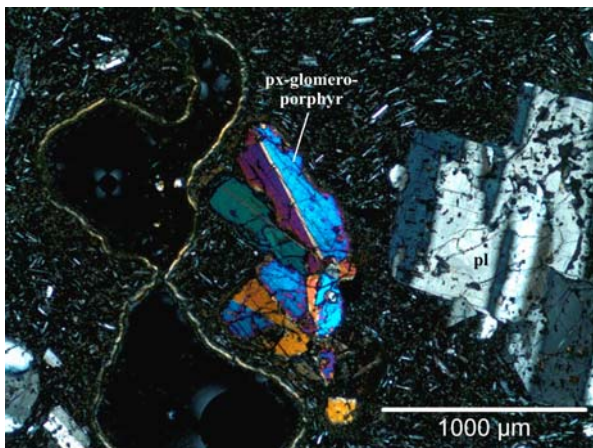
10. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép plagioklász (pl)- és piroxén (px)-fenokristályokkal. (AV-25-ös minta - Acsa, Cserhát)

Fig. 10.: Photomicrograph (+N): rock texture with plagioclase (pl)- and pyroxene (px)-phenocrysts. (Sample AV-25 – Acsa, Cserhát Mts.)



11. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristályokkal. (AV-25-ös minta - Acsa, Cserhát)

Fig. 11.: Photomicrograph (+N): rock texture with plagioclase (pl)- phenocrysts. (Sample AV-25 – Acsa, Cserhát Mts.)



12. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép plagioklász (pl)- és piroxén (px)-fenokristályokból álló glomeroporfirokkal (AV-28-as minta – Jobbágyi, Mátra)

Fig. 12.: Photomicrograph (+N): rock texture with glomeroporphyrs (formed by plagioclases and pyroxenes). (Sample AV-28 – Jobbágyi, Mátra Mts.)



13. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristályokkal. (AV-28-as minta – Jobbágyi, Mátra)

Fig. 13.: Photomicrograph (1N): rock texture with plagioclase (pl)- phenocrysts. (Sample AV-28 – Jobbágyi, Mátra Mts.)

Az AV-25-ös mintában egyes ortopiroxén fenokristályokon klinopiroxén továbbnövekedés figyelhető meg.

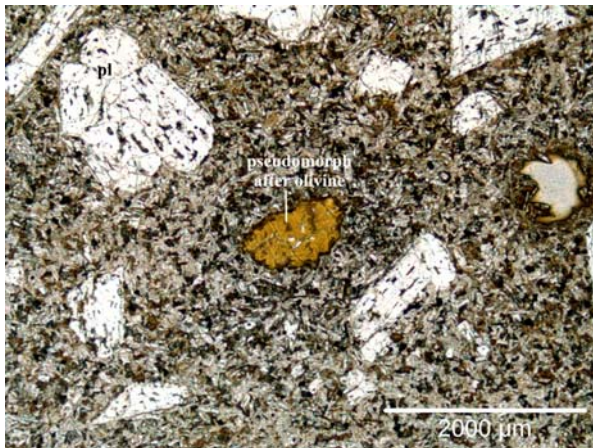
Mind a négy mintára jellemzőek a csak plagioklász-fenokristályokból, csak piroxén-fenokristályokból, illetve plagioklász- és piroxén-fenokristályokból álló glomeroporfirok.

Az alapanyag legnagyobb részét plagioklász-lécek alkotják, piroxén és opakásvány-szemcsék (titanomagnetitek) mellett. A kőzetüveg mennyisége az alapanyagban: 10-20% közötti (AV-25, AV-28), körülbelül 10% (AV-39), illetve kevesebb, mint 10 % (G-1). A kőzetüveg színe

sötét: barna (AV-25, AV-28, G-1), vagy vörösbarna (AV-39), eloszlása mind a négy mintában egyenletes.

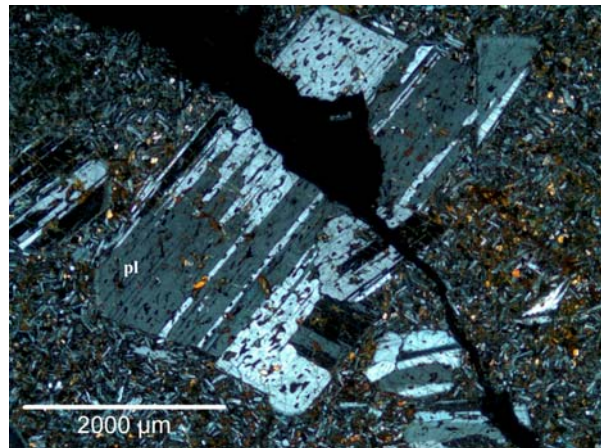
Az AV-39-es és G-1-es mintákban néhány 100 µm-es (illetve az alapanyagban 10-100 µm-es) limonitos-hematitos aggregátum figyelhető meg, ezek alakjuk alapján olivin utáni pseudomorfózák lehetnek.

Az AV-39-es mintában nincsenek hólyagüregek. Az AV-25-ös és G-1-es mintákban egyes hólyagüregek falán vörös, limonitos-hematitos bevonat jelenik meg.



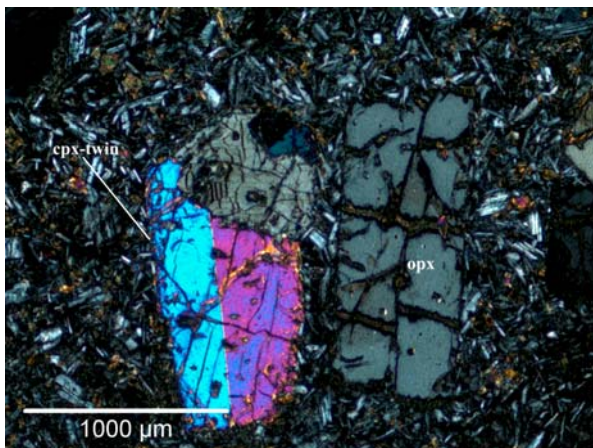
14. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (1N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristállal és limonitos csomóval (valószínűleg olivin utáni pszeudomorfóza) (AV-39-es minta – Bér, Cserhát)

Fig. 14.: Photomicrograph (1N): rock texture with plagioclase (pl)- phenocryst and limonite aggregate (based on its shape, probably pseudomorph after olivine). (Sample AV-39 - Bér, Cserhát Mts.)



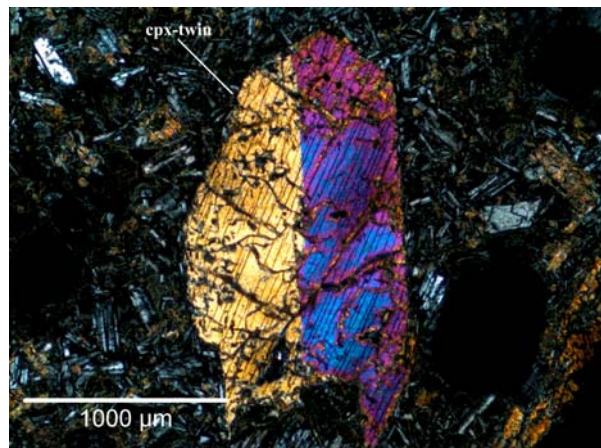
15. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép plagioklász (pl)-fenokristályokkal. (AV-39-es minta – Bér, Cserhát)

Fig. 15.: Photomicrograph (+N): rock texture with plagioclase (pl)- phenocrysts. (Sample AV-39 - Bér, Cserhát Mts.)



16. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép ortopiroxén (opx)- és ikres klinopiroxén (cpx)-fenokristállal. (G-1-es minta - Galgagyörk, Cserhát).

Fig. 16.: Photomicrograph (+N): rock texture with orthopyroxene (opx)- and twinned clinopyroxene (cpx)-phenocryst. (Sample G-1 - Galgagyörk, Cserhát Mts.)



17. ábra: Petrográfiai-mikroszkópos fotó (+N): szöveti kép ikres klinopiroxén (cpx)-fenokristállal, hólyagüregekkel. (G-1-es minta - Galgagyörk, Cserhát).

Fig. 17.: Photomicrograph (+N): rock texture with twinned clinopyroxene (cpx)-phenocryst, amygdales. (Sample G-1 - Galgagyörk, Cserhát Mts.)

Az AV-28-as mintában néhány hólyagüreg falán barnászöld vagy vörös limonitos-hematitos bevonat jelenik meg, egyes üregeket üveges anyag tölt ki.

Ásványkémiai vizsgálatok (elektron-mikroszkopos, EPMA) eredménye

A régészeti leletek csoportjait képviselő egy-egy minta mellett a leletek nyersanyagához makroszkóposan és mikroszkóposan leginkább

hasonlító négy összehasonlító (geológiai) mintán is lehetőségünk nyílt elektron-mikroszkopos vizsgálatokat végezni.

Elsősorban a fenokristályként, glomeroporfirként és az alpanyagban is megjelenő plagioklász és piroxén összetételét vizsgáltuk. Összehasonlítottuk a magányos fenokristályok összetételét a glomeroporfirokat alkotó fenokristályok összetételével és az alpanyagban megjelenő ásványokéval.

4. táblázat: Kivonat a mikroszondás elemzések eredményeiből: plagioklászok összetétele**Table 4.:** Average data of the results of the electron-microprobe analyses: composition of plagioclase

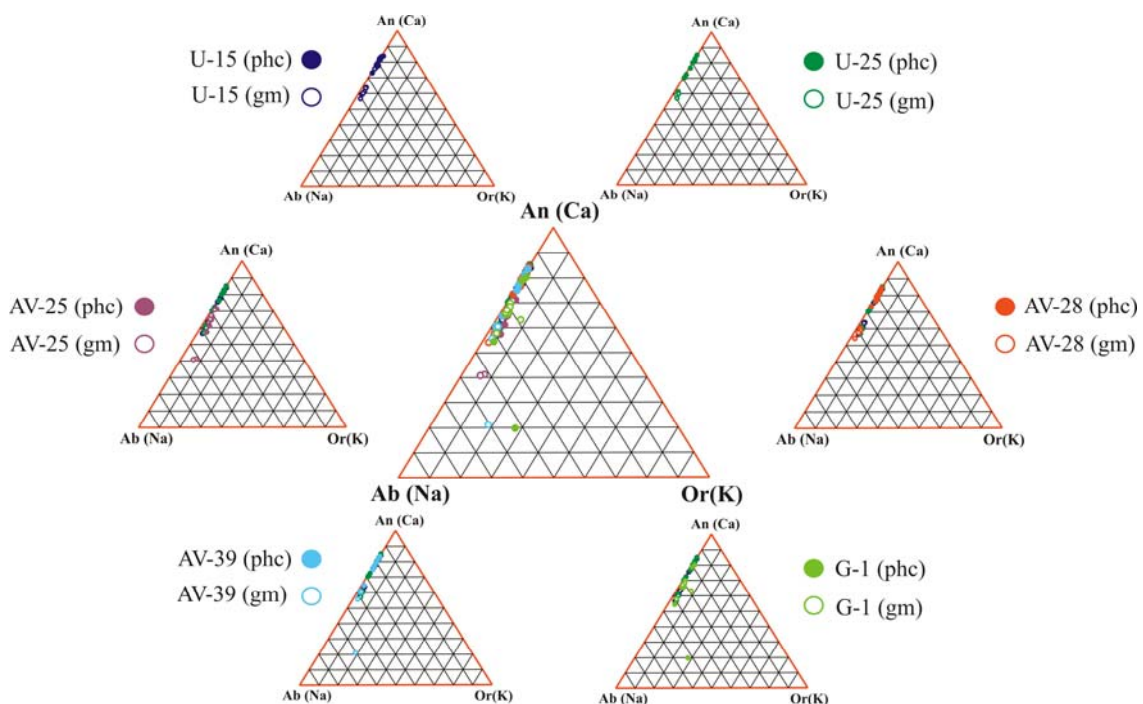
Minta	Plagioklász fenokristályok			Plagioklászok az alapanyagban		
	Anortit %	Albit %	Ortoklász%	Anortit %	Albit %	Ortoklász%
1. csoport	63-84	15-35	0-2	56-75	24-39	1-3
2. csoport	60-85	15-37	0-2	57-60	38-40	3-4
AV-25	58-71	27-39	2-4	40-71	28-53	2-8
AV-28	73-84	16-26	0-1	54-60	38-44	2
AV-39	60-83	17-38	0-1	55-60	38-42	2-3
G-1	65-80	20-33	1-3	54-70	29-42	1-8

Vizsgálataink kiterjedtek a zónás fenokristályok zónáinak összetétel-vizsgálatára, valamint az alapanyag átlagos összetételére, az alapanyag opak ásványainak összetételére, illetve a fenokristályok zárványainak vizsgálatára is.

A részletes elemzések alapján a „magányos” fenokristályok összetétele gyakorlatilag megegyezik a glomeroporfirokat alkotó fenokristályok összetételével. Az alapanyagban található plagioklász- és piroxénkristályok összetétele viszont eltér a fenokristályok összetételétől. A különbség a fenokristályok korábbi kiválásával magyarázható, amely a maradék magma összetételének megváltozásával járt együtt.

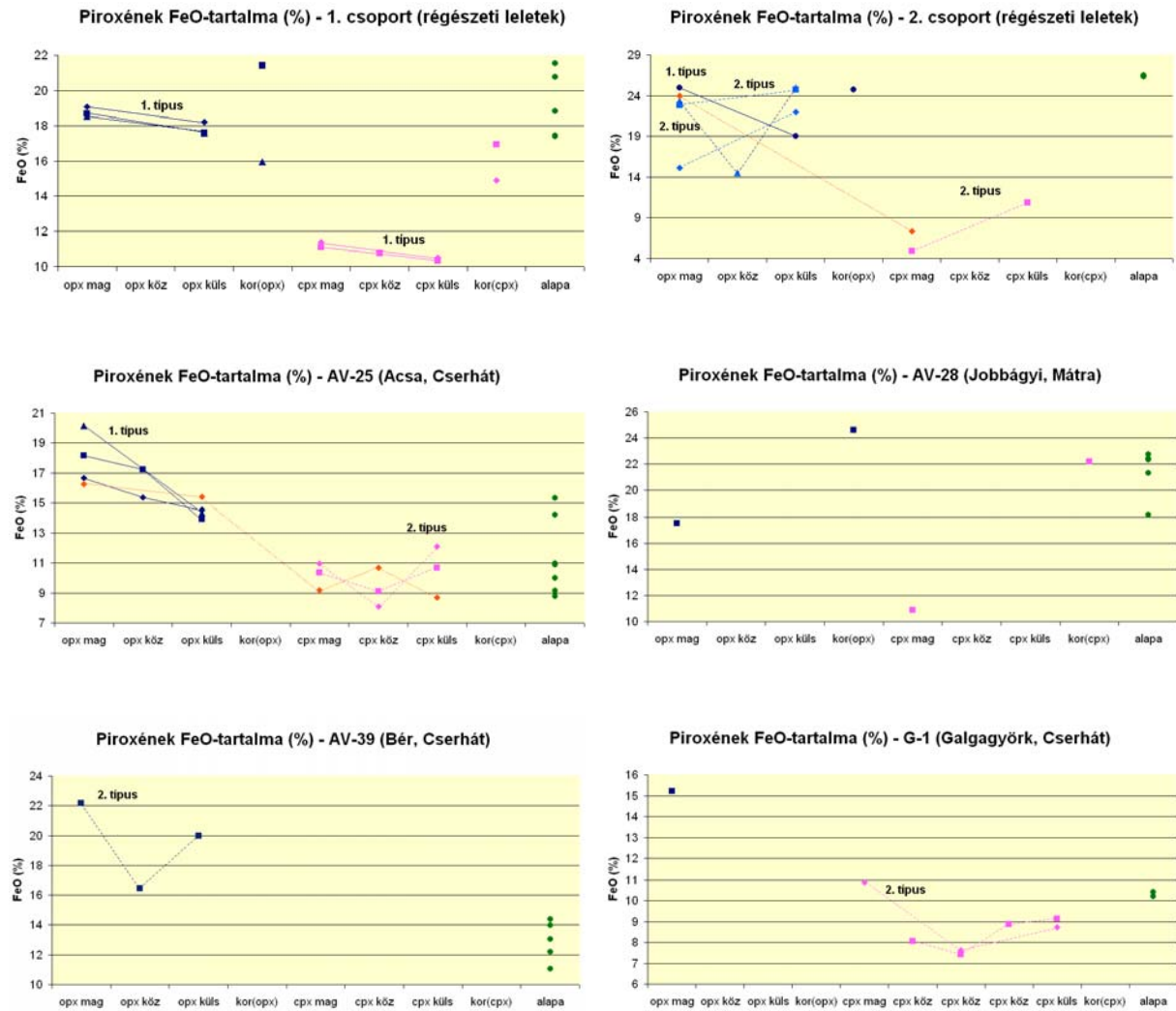
A plagioklász-fenokristályok összetétele labradoritos-bytownitos a régészeti leletek mindkét csoportjában és az AV-39-es, G-1-es összehasonlító (geológiai) mintákban, labradoritos az AV-25-ös összehasonlító mintában; és bytownitos az AV-28-as összehasonlító mintában. (4. táblázat és 18. ábra)

Az alapanyag plagioklászainak összetétele a fenokristályokénál saványúbb: labradoritos a régészeti leletek anyagában (1. csoport, 2. csoport) és az AV-28-as, AV-39, G-1-es összehasonlító mintákban, andezines-labradoritos az AV-25-ös összehasonlító mintában. (4. táblázat és 18. ábra)



18. ábra: Plagioklászok összetétele az elektron-mikroszondával vizsgált mintákban (teljes körök – fenokristályok, üres körök – alapanyag, An – anortit, Ab – albit, Or – ortoklász).

Fig. 18.: Composition of plagioclases in the samples examined with electron microprobe (filled signs – phenocrysts, empty signs – groundmass, An – anorthite, Ab – albite, Or – orthoclase)



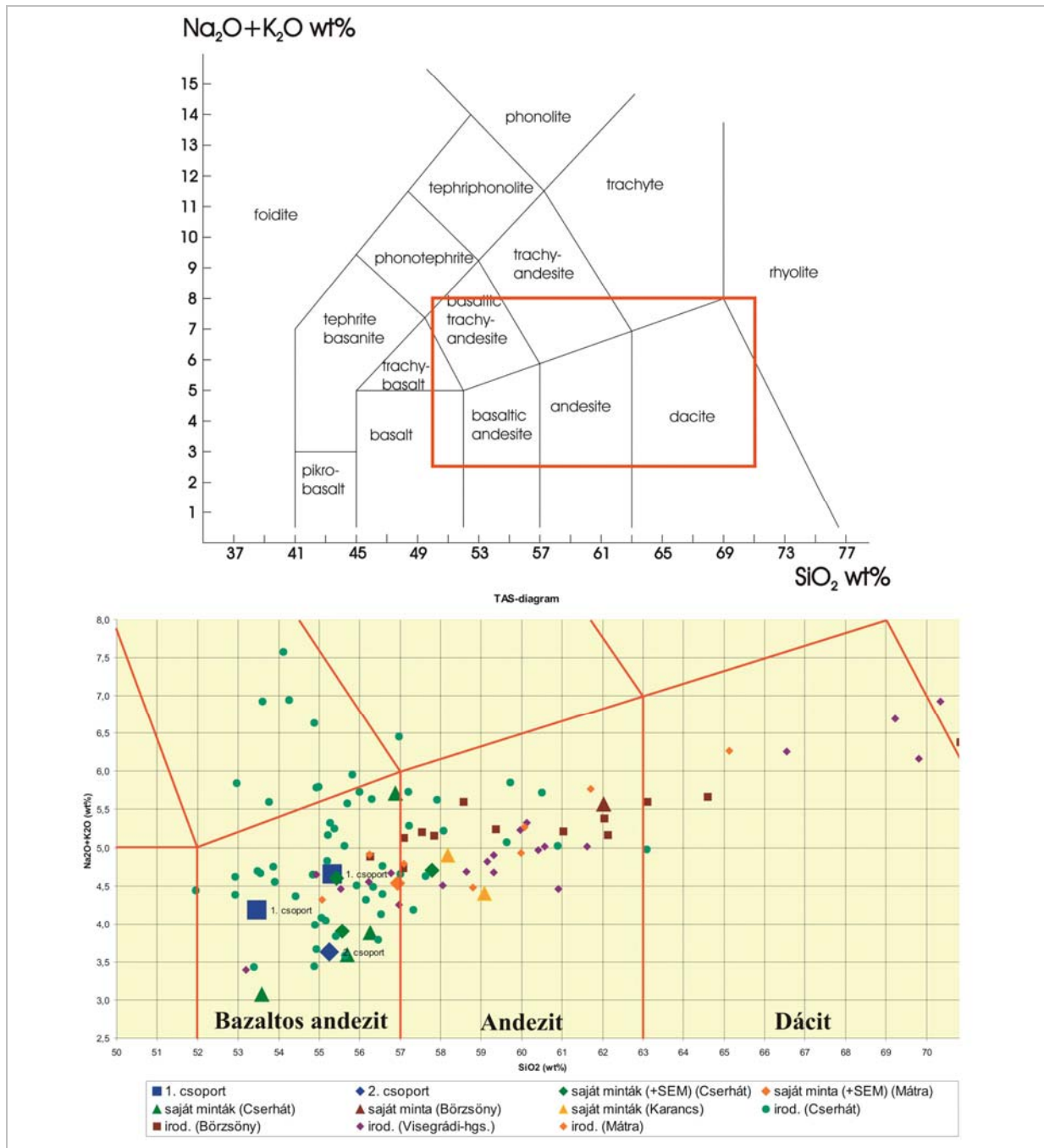
19. ábra: Piroxének vastartalma az elektron-mikroszondával vizsgált mintákban. Az egyes részabrákon balról jobbra haladva rendre: ortopiroxén-fenokristályok magja, középső zónája (vagy zónái), pereme; ortopiroxén-fenokristályok szegélyén található apró klinopiroxének (sötétkék jelek); klinopiroxén-fenokristályok magja, középső zónája (vagy zónái), pereme; klinopiroxén-fenokristályok szegélyén található apró klinopiroxének (rózsaszín jelek); alapanyag klinopiroxénjei (zöld jelek). Piros jelek: ortopiroxén-fenokristály klinopiroxén továbbnövekedéssel.

Fig. 19.: Iron-content of the pyroxenes in the samples examined with electron microprobe. In every small figure from left to right: core, middle zone (or zones), rim of orthopyroxene phenocrysts; corona (small clinopyroxene crystals) on the edge of orthopyroxene phenocrysts (dark blue signs); core, middle zone (or zones), rim of clinopyroxene phenocrysts; corona (small clinopyroxene crystals) on the edge of clinopyroxene phenocrysts (pink signs); clinopyroxenes of the groundmass (green signs). Red signs: clinopyroxene overgrowth on orthopyroxene phenocryst.

5. táblázat: Főelem-oxidok aránya az U-15-ös mintában (régészeti leletek/1. csoport) kétféle mérési módszerrel.

Table 5.: Major elements (oxides) in sample U-15 (archaeological finds/group1) examined with two methods.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	H ₂ O	SUM
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
ICP-ES	52,85	19,39	8,95	2,93	9,00	2,63	1,51	1,26	0,13	0,20	0,003	n.d.	99,76
PGAA	53,24	19,49	8,63	3,06	8,25	3,01	1,63	1,33	0,16	n.d.	n.d.	1,14	99,95



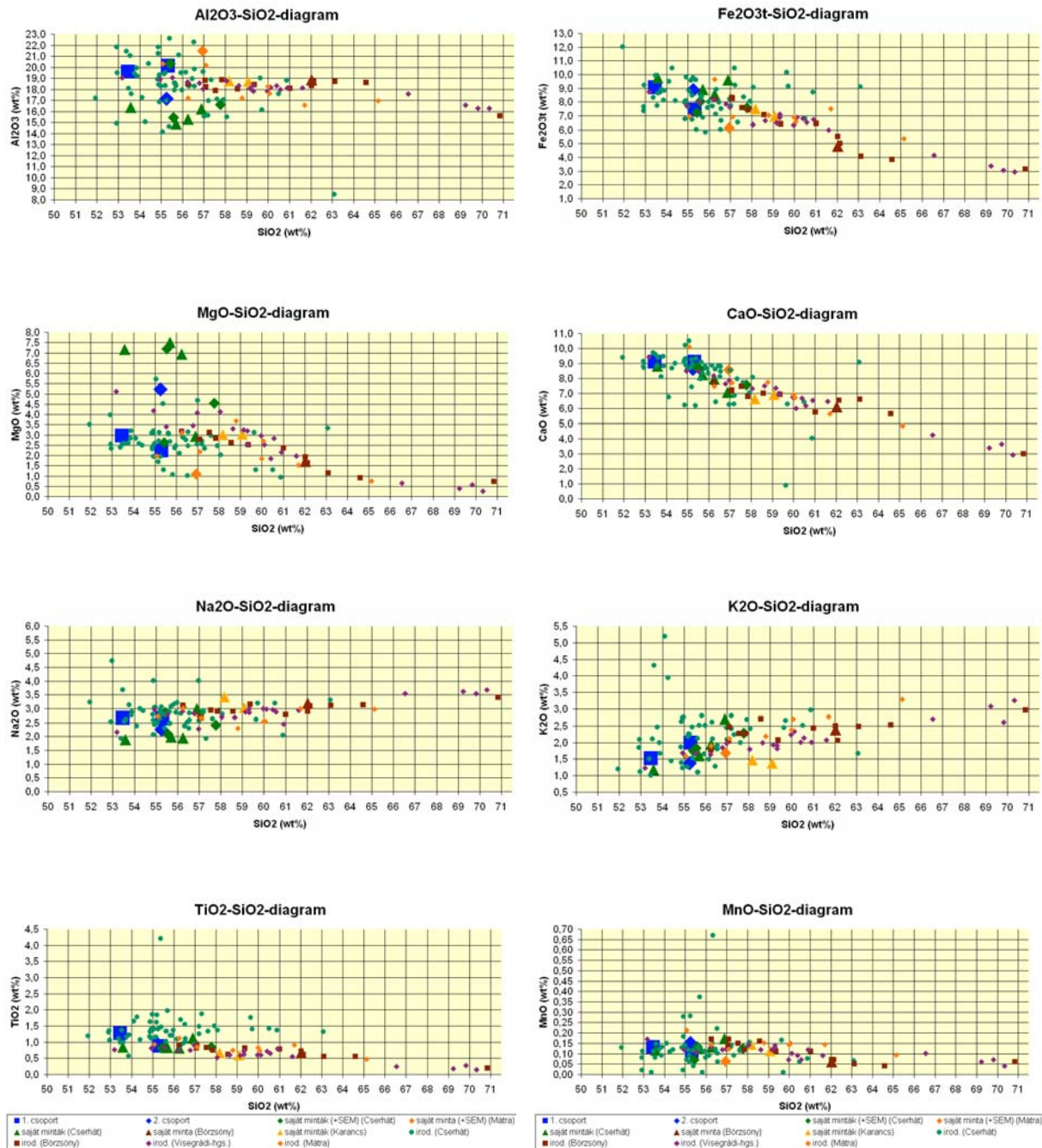
20. ábra: TAS (Total Alkali-Silica)-diagram

Fig. 20.: TAS (Total Alkali-Silica)-diagram

A fenokristályok zárványainak összetételét is sikerült pontosítani (1. csoport: klinopiroxén, titanomagnetit és a bezáró szemcsénél savanyúbb plagioklász; AV-28-as minta: valószínűleg elbomlott egykori kőzetüveg-zárványok; AV-39-es minta: kvarcból és kálicföldpátból; illetve klinopiroxénből, titanomagnetitből, a bezáró szemcsénél savanyúbb plagioklászából, kálicföldpátból és kvarcból álló összetett zárványok).

Az orto- és klinopiroxén fenokristályok többsége összetételbeli zónásságot mutat (kivéve az AV-28-as összehasonlító mintát, ahol csak homogén piroxén-fenokristályok fordulnak elő).

A piroxén-fenokristályok zömének szegélyén apró, az alapanyag klinopiroxénjeihez nagyon hasonló összetételű klinopiroxén-kristályokból álló „korona” található.



21. ábra: Néhány főelem koncentrációja a SiO₂-tartalom függvényében.

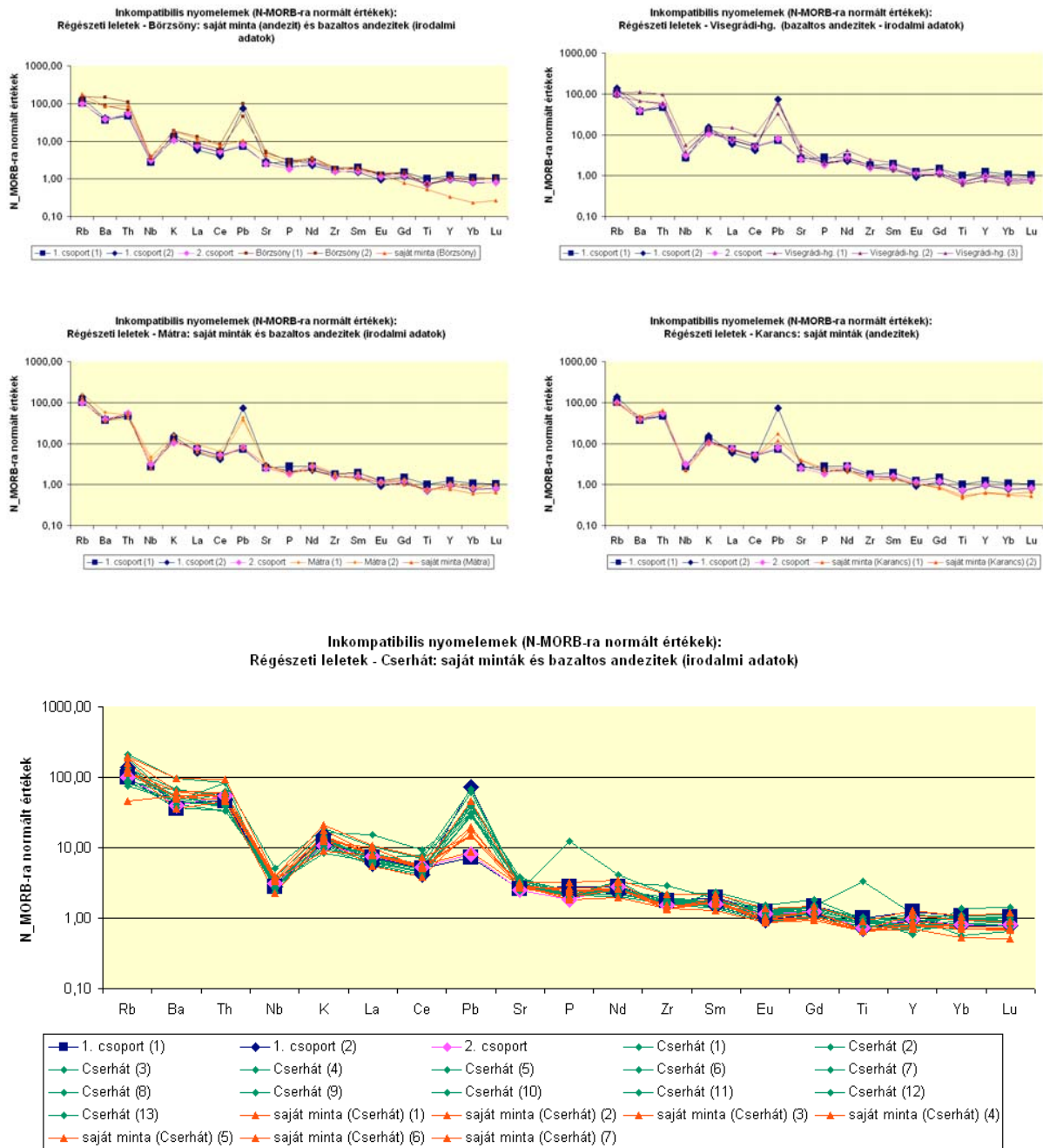
Fig.21.: Variation of selected major elements as a function of SiO₂ (wt%) content.

A „koronát” alkotó klinopiroxének kalciumban gazdagabbak, mint az ortopiroxén-fenokristályok, de szegényebbek, mint a klinopiroxén-fenokristályok.

A zónák vastartalma alapján két típus különböztethető meg a zónás piroxén-fenokristályok között. Az első típusban a magtól a külső zónák felé haladva a vas-tartalom csökken. A második típusban a helyzet fordított, azaz a szemcsék

peremének vastartalma nagyobb. Ezen a csoporton belül előfordulnak olyan fenokristályok, amelyekben a mag körüli zónák (vagy a középső zóna) vasban szegényebb a magnál, de a külső zóna ezekben a szemcsékben is vasban gazdagabb a magnál.

A régészeti leletek 1. csoportjában csak az első típusú piroxén-fenokristályok jelennek meg, a 2. csoportban mindkét típus megtalálható.



22. ábra: Nyomelemek N-MORB-ra (Pearce and Parkinson 1993.) normált értékei

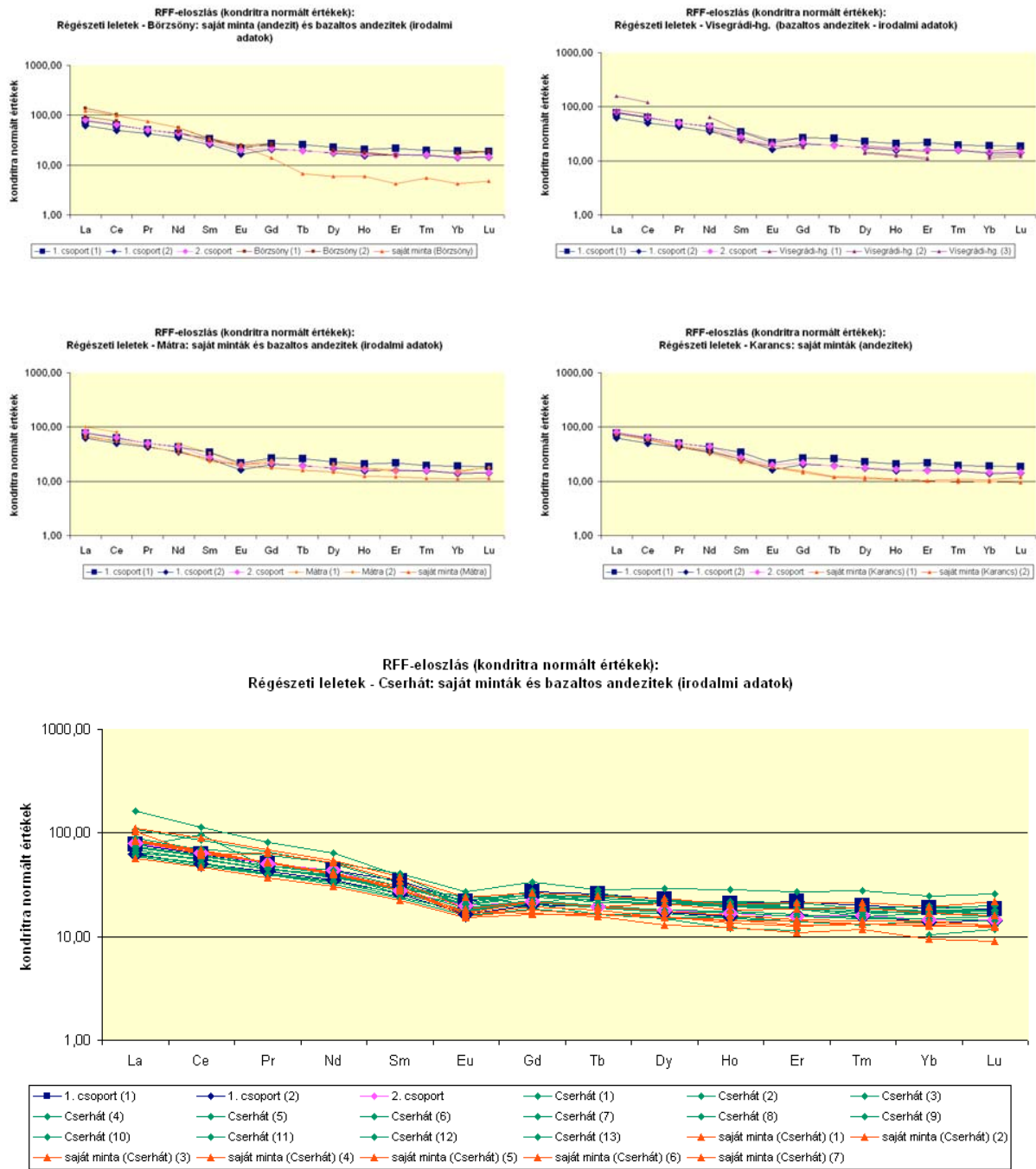
Fig. 22.: N-MORB (Pearce and Parkinson 1993.) normalized trace element patterns.

A cserhádi összehasonlító mintákban (AV-25, AV-39, G-1) főként a második típusú piroxén-fenokristályok jelennek meg, de az acsai mintában (AV-25) mindkét típus megtalálható, míg a mátrai minta (AV-28) piroxén fenokristályai nem mutatnak összetételbeli zónásságot. (19. ábra) Az alapanyagban található opak-ásvány titanomagnetit minden mintában.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a petrográfiai és a mikroszondás elemzések (plagioklász és piroxén fenokristályok összetétele, zónássága) azt mutatják, hogy a vizsgált őrlőkövek nyersanyaga a cserhádi mintákhoz áll a legközelebb.

Kőzetkémiai elemzések eredménye és értelmezésük

Az ICP-MS-sel és a PGAA-val kapott elemzési eredmények (főelem-összetételek) összehasonlításából kitűnik, hogy az eredmények között lényeges eltérés nem mutatkozik. A későbbi vizsgálatok során tehát nagyobb arányban lesz alkalmazható a PGAA, amely – régészeti leletek elemzése során nem elhanyagolható szempont szerint - nem roncsolásos módszer. (5. táblázat)



23. ábra: Ritkaföldfémek kondritra (Sun and McDonough 1989.) normált értékei

Fig. 23.: Chondrite (Sun and McDonough 1989.) normalized rare earth element patterns.

A kapott kémiai összetételei adatokat összehasonlítottuk a környező hegységek andezitjeiről (és más vulkanitjairól) a közelmúltban megjelent elemzések adataival (Korpás 1998; Karátson et al. 2000; Póka et al. 2004; Karátson et al. 2007., Harangi et al. 2007.) is. Az eredményeket diagramokon ábrázoltuk (TAS-diagram: **20. ábra**; főelemek a SiO₂-tartalom függvényében: **21. ábra**; nyomelemek N-MORB-ra (Pearce and Parkinson 1993.) normált értékei: **22. ábra**; ritkaföldfémek

kondritra (Sun and McDonough 1989.) normált értékei: **23. ábra**)

A TAS (Total Alkali Silica)-diagram (**20. ábra**) azt mutatja, hogy a régészeti leletek összetételük alapján a bazaltos andezit mezőbe esnek. (Le Bas et al. 1986.)

A régészeti leletek főelem-összetételéhez legközelebb a cserhádi összehasonlító minták állnak (közülük is leginkább az AV-39-es, béri minta).

A régészeti leletek N-MORB-ra (Pearce and Parkinson 1993.) normált sokelemes nyomelem-diagramja mind az öt vizsgált hegység bazaltos andezitjeinek összetételéhez nagyon hasonló képet mutat. Jellemző a nagy ionsugarú litofil elemek (LILE) dúsulása (Rb, Sr, K), negatív Nb- és pozitív Pb-anomália (bár a régészeti leletek közül kettőben az Pb-anomália kevésbé pozitív, mint a geológiai mintákban, ennek oka valószínűleg az eltemetődés utáni változásokban keresendő). Ez a nyomelem-eloszlás a szubdukciós zónákhoz kötődő vulkanitokra, köztük a vizsgált hegységek bazaltos andezitjeire is jellemző (Ellam and Hawkesworth 1988.; Hawkesworth et al. 1993.; Pearce and Peate 1995.; Karátson et al. 2000; Póka et al. 2004; Karátson et al. 2007., Harangi et al. 2007.). Mind a régészeti leletek, mind a geológiai minták nyomelem-összetételére jellemző még a negatív Eu- és Ti-anomália. Az egyetlen apró eltérés a Ba koncentrációjában van: a régészeti leletek kismértékű negatív Ba-anomáliát mutatnak, ami a cserhádi, mátrai és karancsi mintákra is jellemző, de a Börzsönyi és Visegrádi-hegységi mintákra nem, vagy nem hangsúlyosan.

A ritkaföldfémek kondritra (Sun and McDonough 1989.) normált értékeiből szerkesztett diagram alapján a régészeti leletek összetétele jól illeszkedik a geológiai minták összetételéhez (könnyű-ritkaföldfémek dúsulása, enyhe negatív Eu-anomália), kivételt csak a karancsi minták képeznek, amelyek esetében az Eu-anomália nem figyelhető meg.

Fentiek alapján a régészeti leletek nyersanyagának kémiai összetétele legközelebb a cserhádi (és részben a mátrai) mintákhoz áll.

Összefoglalás

Munkánk során az M0-autópálya építésének megelőző munkálatai során feltárt Üllő 5. elnevezésű lelőhelyről előkerült bazaltos andezit nyersanyagú, III-IV. századból származó szarmata őrlőkő-töredékek közettani és geokémiai vizsgálatát végeztük el. A lelőhelyről 4133 kőzet-anyagú lelet került elő. Ezek között 926 vulkanit-nyersanyagú őrlőkő (főként alsó őrlőkövek, malomkövek, őrlőkő-töredékek), néhány fazekas-korong tengelyét tartó "köpersely" és ismeretlen rendeltetésű tárgy található. Az őrlőkövek túlnyomó része (848 db/91,6%) bazaltos andezit nyersanyagú: ezek porfiros, pilotaxitos, trachitos szövetű piroxénandezitek, jellemzően kerekded, illetve ellipszoid alakú hólyagüregekkel.

A leletek makroszkópos leírása és csoportosítása után az egyes nyersanyag-csoportok jellegzetes darabjain vékonycsiszolatos és elektron-mikroszondás vizsgálatokat végeztünk és ezekből a mintákból teljes kémiai elemzések készültek.

Terepbejárások során andezit-mintákat gyűjtöttünk a régészeti lelőhelyhez közel eső hegységekből (Börzsöny, Cserhát, Mátra, Karancs). A régészeti leletek nyersanyagára makroszkóposan leginkább hasonlító mintákból vékonycsiszolatos készületek. 12 mintából készült teljes kémiai elemzés. A vékonycsiszolatos megfigyelések alapján a régészeti leletek nyersanyagához leginkább hasonló 4 db összehasonlító (geológiai) minta anyagát elektron-mikroszondával is vizsgáltuk. Adatainkat a közeli hegységek (Börzsöny, Visegrádi-hegység, Cserhát, Mátra) andezitjeiről a szakirodalomban megjelent elemzések adataival is összevetettük.

Bazaltos andezitek az általunk vizsgált hegységek (Cserhát, Mátra, Börzsöny, Visegrádi-hegység, Karancs) mindegyikében előfordulnak. A börzsönyi, Visegrádi-hegységi kőzetek biotitot, illetve amfibolt is tartalmaznak (Karátson 2007.), szemben a régészeti leletekből vett mintákkal, amelyekben biotit és amfibol nem fordul elő. Ásványos összetételük, szövetük, az egyes fenokristályok összetétele, zónássága alapján az őrlőkövek nyersanyaga leginkább a cserhádi minták anyagára hasonlít. Teljes kémiai vizsgálatokkal a leletek nyersanyaga egyértelműen nem azonosítható egyik vizsgált hegység kőzeteivel sem, mivel azok összetétele egymásra is nagymértékben hasonlít, mindazonáltal a leletek nyersanyaga legközelebb a cserhádi (és részben a mátrai) mintákhoz áll.

Megjegyzések az őrlőkövek használatáról:

Az 1. nyersanyag-csoportba tartozó őrlőkövek feltűnően nagy és sűrűn elhelyezkedő hólyagüregei kérdéssé teszik, hogy ezeket gabona őrlésére használták volna. A lelőhelyen több, mint 1000 db változatos (néhány cm-től akár 60-80 cm-ig terjedő) méretű, megmunkálatlan édesvízi mészkő „tömb” került elő. Az őrlőkövek hólyagüregeinek egy részében karbonátos lerakódások nyomai figyelhetők meg. A lelőhelyről vaskohászat emlékei is előkerültek (pl. vasbucák, salakok). Lehetségesnek tartom (és ezzel összevág Molnár Ferenc publikálatlan jelentése a kohósalakokról, bucákról), hogy a nagy hólyagüreges típusú őrlőkövekkel a salakképző anyagként az érchez adagolt mészkövet őrlték.

Köszönetnyilvánítás:

Köszönetünket fejezzük ki az Üllő 5-ös lelőhely feltárásában részt vevő régészeknek: Tari Editnek, Kulcsár Valériának, Patay Róbertnek és Mérai Dórának, az ásatáson dolgozó „csapatnak”, és a vizsgálatok finanszírozásában nyújtott segítségért az OTKA K 62874 számú kutatási programjának.

Irodalom

- ELLAM, R.M. & HAWKESWORTH, C.J. (1988): Elemental and isotopic variations in subduction related basalts: Evidence for a three component model. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **98**: 72-80.
- HARANGI, Sz., DOWNES, H., THIRLWALL, M. & GMÉLING, K. (2007): Geochemistry, Petrogenesis and Geodynamic Relationships of Miocene Calc-alkaline Volcanic Rocks in the Western Carpathian Arc, Eastern Central Europe. *Journal of Petrology* **48**: 2261-2287.
- HAWKESWORTH, C.J., GALLAGHER, K., HERGT, J.M. & McDERMOTT, F. (1993): Mantle and slab contributions in arc magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* **21**: 175-204.
- KARÁTSON, D., MÁRTON, E., HARANGI, Sz., JÓZSA, S., BALOGH, K., PÉCSKAY, Z., KOVÁCSVÖLGYI, S., SZAKMÁNY, Gy. & DULAI, A. (2000): Volcanic evolution and stratigraphy of the miocene Börzsöny mountains, Hungary: an integrated study. *Geologica Carpathica* **51**: 325-343.
- KARÁTSON, D., OLÁH, I., PÉCSKAY, Z., MÁRTON, E., HARANGI, Sz., DULAI, A., ZELENKA, T. & KÓSIK, Sz. (2007): Miocene volcanism in the Visegrád Mountains (Hungary): an integrated approach to regional volcanic stratigraphy. *Geologica Carpathica* **58**: 541-563.
- KARÁTSON, D. (2007): A Börzsönytől a Hargitáig. Vulkanológia, felszínfejlődés, ősföldrajz. TYPOTEX, Budapest
- KORPÁS, L. (ed.) (1998): Magyarázó a Börzsöny és a Visegrádi-hegység földtani térképéhez 1:50000. Geological Institute of Hungary, Budapest
- KULCSÁR, V. & MÉRAI, D. (2006): Roman or Barbarian? Provincial Models in a Sarmatian Pottery Center on the Danube Frontier. In: The Roman Empire and Beyond. Roma, in print.
- Le BAS, M. J., Le MAITRE, R.W., STRECKEISEN, A. & ZANETTIN, B. (1986): A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology* **27**: 745-750.
- PEARCE, J.A. & PARKINSON, I.J. (1993): Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. In: PRICHARD, H.M., ALABASTER, T., HARRIS, N.B.W. & NEARY, C.R. (eds.): Magmatic Processes and Plate Tectonics. *Geological Society, London, Special Publications* **76**: 373-403.
- PEARCE, J.A. & PEATE, D.W. (1995): Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* **23**: 251-285.
- PÓKA, T., ZELENKA, T., SEGHEDI, I., PÉCSKAY, Z. & MÁRTON, E. (2004): Miocene volcanism of the Cserhát Mts (N Hungary): Integrated volcano-tectonic, geochronologic and petrochemical study. *Acta Geologica Hungarica* **47**: 221-246.
- SUN, S.-S. & McDONOUGH, W.F. (1989): Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS, A.D. & NORRY, M.J. (eds.): Magmatism in the Ocean Basins. *Geological Society, London, Special Publications* **42**: 313-345.
- TARI, E. (ed.) (2006): Régészeti kutatások másfél millió négyzetméteren. Autópálya és gyorsforgalmi utak építését megelőző régészeti feltárások Pest Megyében 2001-2006. Szentendre.

