




CSISZOLT KŐESZKÖZÖK NYERSANYAGTÍPUSAINAK CSOPORTOSÍTÁSA MÁGNESES SZUSZCEPTIBILITÁS, TÖMEG, TÉRFOGAT, SÚRÚSÉG ÉS MAGASSÁG ALAPJÁN – ESETTANULMÁNY BÁTASZÉK-ALSÓNYÉKRŐL

CLASSIFICATION OF RAW MATERIAL TYPES OF POLISHED STONE TOOLS
BASED ON MAGNETIC SUSCEPTIBILITY, WEIGHT, VOLUME, DENSITY AND
HEIGHT DATA – A CASE STUDY FROM BÁTASZÉK-ALSÓNYÉK (HUNGARY)*

SÁGI, Tamás¹; JÓZSA, Sándor¹; JANKA, Péter¹; KÁPOSZTÁS, Viktória¹; OELBERG-
PÁNCZÉL, Emese¹; SZENDREI, Zsolt¹; SZÜCS, Levente Csaba^{1,2} & VIRÁG, Attila^{1,3}

¹ELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Közettan-Geokémiai Tanszék,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c

²Magyar Természettudományi Múzeum, 1083 Budapest, Ludovika tér 2-6.

³Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Földtudományi Intézet,
Asvány- és Földtani Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

E-mail: sagi.tamas@ttk.elte.hu

*Jelen tanulmány nem születhetett volna meg
Szakmány György iránymutatása és munkássága nélkül*

Abstract

Many methods are used to determine the raw material of the polished stone tools, from fundamental macroscopic petrological analysis to state-of-the-art instrumental studies. The selection of representative specimens of certain types of raw materials for instrumental analysis from a found assemblage – which often represents a large number of stone tools – is a major challenge for geologists. This research attempts to identify differences between the raw material types of polished stone tools based on easily measurable characteristics (mass, volume, density, magnetic susceptibility, and thickness, Figs. 2 and 4) using standardized principal component analysis (PCA). For this we used altogether 467 artefacts originating from the Late Neolithic (ca. 5800–4500 cal BC, Lengyel culture) Alsónyék-Bátaszék site (South Hungary). By excluding a few small tools with imprecise density measurements, we reduced the sample to 411 specimens (Fig. 1). The artefacts were categorized preliminary into 18 main rock types (aleurolite, amphibolite, andesite, basaltic andesite, basalt/basaltoids, chert, eclogite, hornfels, limestone, marl, (contact) metabasite, metavolcanite, microgranite, nephrite, sandstone, serpentinite, spiculite, whitestone) based on their macroscopic characteristics and using only simple equipment (hand lens with 10× magnification, a neodymium magnet, 10 wt% acetic acid, distilled water). This grouping was validated by the produced PCA ordination (Fig. 5), although there were noticeable overlaps between some clusters. The resulting morphospace helped us in the further subdivision of macroscopically inseparable rock types (such as whitestones). It also aided the identification of specimens with visually and/or parametrically transitional features (e.g., dolerite and microgabbro in between alkali basalt and phonolite/microfoyaite). Although some of the stone tools had seemingly identical appearance with the members

* How to cite this paper: SÁGI, T.; JÓZSA, S.; JANKA, P.; KÁPOSZTÁS, V.; OELBERG-PÁNCZÉL, E.; SZENDREI, Zs.; SZÜCS, L.Cs. & VIRÁG, A. (2024): Csiszolt kőeszközök nyersanyag típusainak csoportosítása mágneses szuszceptibilitás, tömeg, térfogat, sűrűség és magasság alapján – esettanulmány Bátaszék-Alsónyékről / Classification of raw material types of polished stone tools based on magnetic susceptibility, weight, volume, density and height data - a case study from Bátaszék-Alsónyék (Hungary) [In Hungarian with English abstract, *Archeometriai Műhely* XXI/2 89–100.
doi: [10.55023/issn.1786-271X.2024-009](https://doi.org/10.55023/issn.1786-271X.2024-009)

of a specific rock type, the ordination proved to be useful in revealing such misinterpretations by drawing our attention to their outlying parametric values.

Kivonat

A csiszolt kőeszközök nyersanyagának pontos meghatározására az egyszerű makroszkópos közethatározástól kezdve a legkorszerűbb műszeres vizsgálatokig számos módszert alkalmaznak. A gyakran nagyszámú kőeszközből álló leletegyüttesek egyes nyersanyag típusainak reprezentatív, nagyműszeres vizsgálatra szánt példányainak kiválasztása jelentős kihívás a geológusok számára. Jelen kutatás célja, hogy kísérletet tegyünk csiszolt kőeszközök nyersanyag típusai közötti különbségek meghatározására egyszerűen mérhető jellemzőik (tömeg, térfogat, sűrűség, mágneses szuszceptibilitás és vastagság) standardizált főkomponens elemzése alapján.

KEYWORDS: POLISHED STONE TOOL, MAGNETIC SUSCEPTIBILITY, ROCKS DENSITY, CORRELATION HEATMAP, PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

KULCSSZAVAK: CSISZOLT KŐESZKÖZ, MÁGNESES SZUSZCEPTIBILITÁS, KÖZETSÚRŰSÉG, KORRELÁCIÓS HŐTÉRKÉP, FŐKOMPONENS ELEMZÉS

Előszó

Szakmány György az archeometria nemzetközi szinten ismert és elismert művelője, az ELTE-s közzetani archeometriai iskola megeremtője. Közhelyesnek hat, hogy Nélküle ez a cikk nem készülhetett volna el, pedig ez többszörösen igaz! Egyrészt geológusok generációinak petrográfiai, közzetani tudását alapozta meg - mint ahogy jelen cikk szerzőinek többségét is tanította. Nem csupán rendkívüli szakmai felkészültség volt e munka mögött, de egy olyan emberséges, minden szigorúsága mellett szelíd és jóindulatú oktató-hallgató viszony, ami sajnos kifejezetten ritka. Másrészt a tanulmányban bemutatott eredmények nagyon fontos része a Bátaszék-alsónyéki leletegyüttes közzetani meghatározása, amiben Gyuri oroszán részt vállalt. Emiatt ott lenne a helye a szerzők között, mivel azonban ez egy köszöntő- és meglepetés-kötet, aminek megírásáról remélhetőleg Gyurinak semmilyen információja nem volt, így nem tudtuk őt bevonni az írásba. Itt emeljük hát ki, hogy természetesen Szakmány György munkája, szaktudása, iskolateremtő szellemisége tükröződik vissza tanulmányunkban!

Személyes előszó

Mint első szerző, szeretnék megosztani néhány további gondolatot. Gyuritól tanultam a makro- és mikroszkópos közzetant szintűt, mint e szakterületek oktatását is. Mind szaktudása, mind emberséges és egyenes hozzáállása, oktatási módszerei kapcsán büszkén tekintem Őt példaképemnek és nagy örömmel, barátomnak is. Amikor – kezdetben még nagyon óvatosan – igyekeztem bevonni az archeometria világába, még nem igazán tudtam, szeretnék-e érdemben ilyen kutatásokkal foglalkozni. Először 2013-ban vehettem részt helyette egy cseh-lengyel közzetani expedíción, aminek a célja feltételezett kőeszköz-nyersanyagok begyűjtése volt. Amellett, hogy közzetani szempontból nagyon jó élmény volt, megmutatta, milyen

változatos feladatokat jelent az archeometriának akár csak egy kis szelete is. Őt éve egy bolíviai pattintott kőeszközökről szóló cikkhez felkérték közzetani szakértőnek, Ő azonban nem tudta elvállalni, de megkérdezte, szeretnék-e helyette „beugrani”. Elsőre igent mondtam, büszkeséggel töltött el, hogy megkért a feladatra. Aztán lassanként újabb és újabb archeometriai munkába vont be, ami révén mostanra egyik fő kutatási területem lett a közzetani archeometria.

Gyuri nemrég nyugdíjba vonult. Az archeometria oktatásában így keletkező űrt nyilvánvalóan nem tudom betölteni, de büszkén vállalom, hogy amennyire erőmből telik, viszem tovább a lángot! E cikk is már ennek szellemében, geológus hallgatók archeometriai kurzusa kapcsán végzett labormunka révén született. Gyuri, köszönöm a rengeteg segítséget, emberséget, szaktudást és nem utolsósorban, hogy bevontál az archeometria világába!

Bevezetés

A csiszolt kőeszközök anyagának meghatározására a legkorszerűbb műszeres vizsgálati módszerek (pl. PGAA - prompt-gamma aktivációs analízis, NAA – neutron aktivációs analízis, EPMA – elektron mikroszkop) is rendelkezésre állnak. Egy-egy leletegyüttes azonban több száz kőeszközt is jelenthet, ilyen nagyságrendben viszont a meglehetősen drága műszeres vizsgálatok alkalmazása nemcsak kivitelezhetetlen, hanem indokolatlan is. Mindenképpen szükséges az eszközök egyszerű, komoly műszeres mérés nélküli előszűrése, tipizálása. Ezt követően lehet az egyes típusokból példányokat kiválasztani részletes elemzésre. Az előszűrés során használt két gyakori módszer a mágneses szuszceptibilitás (MS) mérés, valamint a kőeszköz makroszkópos (kézi nagyítós) közzetani leírása, meghatározása. Előbbi vizsgálat esetében a mérés technikai kivitelezéséhez nincs szükség különösebb tapasztalatra, utóbbi viszont jelentősebb petrográfiai előképzettséget igényel. A mágneses

szuszceptibilitás minden kőeszköz esetében egy objektív, diszkrét érték, ami több mérés esetében is kis változékonyságot mutat. A makroszkópos kőzetnevdás viszont mindenképpen hordoz magában némi szubjektivitást, nagyban függ a leíró tapasztalatától, képzettségétől és a kőzettípustól. A makroszkópos kőzethatározáshoz ráadásul általában egyszeri vizsgálat nem elegendő, a leletanyag teljes felmérését követően a kialakított kőzetcsoportok részletes újrvizsgálata elengedhetetlen.

Felmerülhet a kérdés, hogy az egy vagy több szakértő által adott makroszkópos kőzetnevek, illetve a tipizálás, csoportosítás mennyire megbízható, a részletes vizsgálatára így kiválasztott minták mennyire tükrözik a leletegyüttes tényleges kőzetani változatosságát? Van-e még olyan, könnyen meghatározható, ugyanakkor legalább kőzetcsoport szinten elkülönülő tulajdonság, amit csiszolt kőeszközök vizsgálatára alkalmazhatunk? A kérdés megválaszolására egy egyszerű kísérletet végeztünk, amelyben nagyszámú, egy lelőhelyről előkevert csiszolt kőeszköz MS értékeit és sűrűségét mértük meg, majd a kapott értékeket összevetettük a leletanyag előzetes részletes makroszkópos kőzethatározás során kialakított nyersanyagtípus szerinti csoportjaival.

A vizsgálatra választott leletegyüttes

Bátaszék és Alsónyék határában az M6-os autópálya építése kapcsán tárták fel egy késő neolitikus település (kb. 5800–4500 cal BC, lengyeli kultúra) egy részét, mely az egyik legjelentősebb ilyen lelőhely Magyarországon (Osztas et al. 2012). A településről és temetkezéseiből 668 db csiszolt kőeszközt (nyéllyukas baltát, kőfejszét, lapos baltát (laposvésőt), kaptafa alakú baltát és buzogányt) gyűjtöttek be. A kőeszközök makroszkópos vizsgálatok alapján rendkívül változatos anyagúak, mélységi magmás, vulkáni, metamorf és üledékes kőzetek is nagy számmal fordulnak elő közöttük. Eddig részletes leírást, meghatározást és proveniencia vizsgálatokat csak a leletegyüttes nagyon kis részét kitevő, a Nyugati-Alpokból származó nagy nyomású metaofiolitokról (eklogit, Na-piroxenit, jadeitit) készítettek (Bendő et al. 2019). A makroszkópos vizsgálatok során számos fő kőzettípust (pl. mecseki típusú bazaltos kőzetek) és egyes kőzetek esetében akár altípusokat (pl. porfirmentes, ritkaporfíros és sokporfíros alkáli bazalt) is sikerült meghatározni. E tanulmányhoz nem a teljes leletanyagot használtuk fel, mivel a kőeszközök egy része jelenleg kiállítási tárgy és így nem vizsgálható. Mindezek mellett a vizsgálatok alól kivontuk azokat a kőeszközöket, amik nagyon töredékesek voltak, vagy bizonyos okokból (pl. erős mállottság, túl nagy porozitás, túl vastag utólagos bevonat) nem lehetett megmérni a térfogatukat. Az így szűkített mintahalmaz 467 db kőeszközt tartalmaz.

A 467 csiszolt kőeszköz közül több esetében (leginkább egyes, utólagos bevonattal rendelkező mintáknál, illetve a nagyon kis térfogatúaknál) a térfogat – és így a sűrűség – mérésének pontatlansága számottevő volt. Az ebből adódó nagyon kis sűrűség-adatokat ($< 2,3 \text{ g/cm}^3$) nem vettük figyelembe. Néhány esetben – feltételezhetően a kőzet repedéseibe beszivárgó víz révén – irreálisan kis térfogatot és nagy sűrűséget kaptunk. Az így nyert adatok ($> 3,2 \text{ g/cm}^3$) további felhasználásától szintén eltekintettünk. Az így szűrt, végleges mintahalmaz 411 eszközt tartalmaz.

Vizsgálati módszerek, eszközök

A kőzetek makroszkópos jellemzésénél, meghatározásánál a következő eszközöket, anyagokat használtuk: 10-szeres nagyítású lupe (kézi nagyító) a részletesebb szöveti-ásványtani vizsgálatokhoz, Nd-mágnes a kőzet ferromágneses ásványtartalmának kvalitatív meghatározására, sósav (10 m/m%) a karbonát tartalom kimutatására, desztillált víz a porozitás kvalitatív vizsgálatára.

A κ mágneses szuszceptibilitás (MS) méréseket a Satisgeo® Kappameter KM-7™ típusú készülékével végeztük, egy mintán három ismétléssel. A műszer érzékenysége 1×10^{-6} SI egység, méréstartomány $\pm 999 \times 10^{-3}$ SI egység, mérési frekvenciája 10 kHz, hőmérséklet szerinti mérési tartománya -20 – $+60^\circ\text{C}$. A méréseket megközelítőleg szobahőmérsékleten végeztük.

A kőeszközök tömegének meghatározásához 0,1 gramm érzékenységu labormérleget használtunk.

A minták térfogatának meghatározására a vízkiszorításos módszert alkalmaztuk. A vizsgált mintát hajszálvékony rézdróttal egy mérlegen álló, 15°C -os desztillált vízzel töltött edénybe lógattuk úgy, hogy sem a drót, sem a minta nem ért az edény falához. Amint a minta mozdulatlan volt, a mérleg által jelzett tömeget leolvastva megkaptuk a kőzet által kiszorított víz tömegét, amiből a víz sűrűsége alapján kiszámítható a kőeszköz térfogata.

A kőeszközök sűrűségét a térfogat és tömeg adatok hányadosaként származtattuk.

Az eredeti mért változók (mágneses szuszceptibilitás, tömeg, térfogat, sűrűség és magasság) összefüggéseit korrelációs hőtérkép segítségével jelenítettük meg. Az azok lineáris kapcsolatát leíró Pearson-féle korrelációs együttható (r) értékét, a kapcsolat monotonitását jellemző Spearman-féle korrelációs együtthatót (ρ) és az ezek szignifikanciáját megadó p értéket (Rodgers & Nicewander 1988, Schober et al. 2018), az R programkörnyezet (v. 4.3.1.) $\text{cor}()$ és $\text{cor.test}()$ függvényei segítségével határoztuk meg. Egy lineáris kapcsolatot az r érték függvényében $-0,3$ – $0,3$ között elhanyagolhatónak, $\pm 0,3$ – $0,5$ között gyengének, $\pm 0,5$ – $0,7$ között méréseltnek, $\pm 0,7$ – $0,9$ között erősnek,

$\pm 0,9-1$ között pedig nagyon erősnek értékelhetünk. Egy 0,05 alatti p érték 95%-os, míg egy 0,01 alatti p érték 99%-os megbízhatóságot jelez. Egy 0,05 fölötti p érték esetében 95%-os konfidencia szinten nem tudjuk elvetni azt a nullhipotézist, hogy a két változó kapcsolatát jellemző korrelációs együttható 0-val egyezik.

Az egyes közettípusok előbbi változók szerinti elkülöníthetőségének lehetőségét doboz- és bajuszdiagramok (McGill et al. 1978) alapján vizsgáltuk, melyeket a boxplot() függvénnyel készítettünk el. Kiugró értékek a dobozhatároktól (alsó és felső kvartilisek, Q_1 és Q_3) másfélszeres interkvartilis terjedelemnek megfelelő ráhagyáson kívül eső adatpontokat tekintjük. A bajszok az ezen belül található legutolsó valódi adatponthoz kerülnek. Az ábrákon a mediánt (Q_2) a dobozokon belüli vastag vonal jelöli. A doboz segítségével könnyen leolvashatjuk egy-egy adatsor esetében a legjellemzőbb értéket, a teljes és a nyesett terjedelmet (utóbbiban található az adatok középső 50%-a), valamint gyorsan eldönthetjük, hogy egy eloszlás szimmetrikus-e. A kiugró értékek jelenléte csak akkor ad okot további gondolkodásra, ha az adatainktól elvárható, hogy normális eloszlást kövessenek.

Az öt felsorolt változó alkotta többdimenziós tér ordinációját standardizált főkomponens elemzés révén állítottuk elő (Podani 1997, 2000, Joliffe 2002), melyhez az R prcomp() függvényét használtuk. Az így kapott, csökkentett dimenziószámú és mértékegység nélküli dimenziókkal rendelkező morfortér első három komponense (PC1-PC3) már az összvariancia 94%-át magyarázta, így ezekre vetítettük a különböző közettípusba tartozó kőbalták konvex burkológörbéit és az eredeti változókat reprezentáló vektorok végpontjait. A diagram segítségével feltárható az eredeti változók kapcsolata, valamint a különböző csoportok közötti különbségek mibenléte.

Eredmények

A kőszközöket előzetes vizsgálatok alapján (Szakmány et al. 2021, Sági et al. 2022a, 2022b, Sági 2023) 18 fő közettípusba soroltuk (aleurolit, amfibolit, andezit, bazaltos andezit, bazalt/bazaltoid, eklogit, fehérkő, homokkő, hornfels, kovakőzet, márga, mészkő, (kontakt) metabázis, metavulkanit, mikrogránit, nefrit, szerpentinit, szpikulit), melyek közül a legnépesebb csoportot, a bazaltok és bazaltoidok (s.l.) 8 nagyobb altípust fednek le (mecseki típusú alkáli kőzetek: bazalt/dolerit, fonolit1, fonolit2; mikrofoyait, Balaton-felvidéki típusú alkáli kőzetek: bazalt, dolerit; egyéb bazaltoidok: metadolerit, metagabbro).

Az egyes közettípusok megoszlását az **1. ábra** mutatja. Szembetűnő, hogy leginkább a fehérkő és a nefrit+eklogit esetében „vesztettünk” nagy arányban (40, illetve 50%) mintát a pontatlan térfogatmérés miatt. Ennek elsődleges oka, hogy az ezekből a kőzetekből készült kőszközök általában nagyon kis méretűek, ami megnöveli a térfogatmérés pontatlanságát. Más közettípusok esetében is ki kellett zárunk példányokat, de ez a „minta-vesztesség” nem jelentős mértékű.

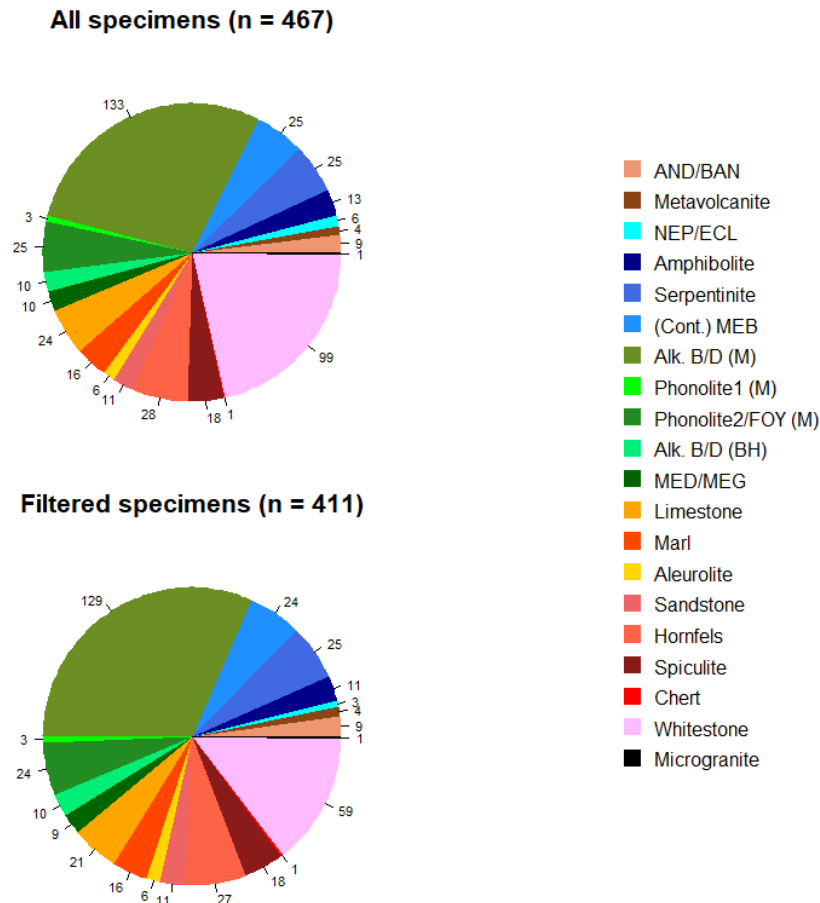
Az amfibolit esetében 15%-nak, a mészkő esetében pedig 12%-nak adódott, ugyanakkor a legtöbb esetben a térfogatmérés pontossága teljesen megbízhatónak bizonyult (pl. márga, szerpentinit, szpikulit). A kőszközökön mért paramétereket (mágneses szuszceptibilitás, tömeg, térfogat, sűrűség, valamint a minták magassága) a **2-4. ábra** foglalja össze.

Mágneses szuszceptibilitás (MS): Alig érzékelhető pozitív vagy negatív érték jellemzi a kőszközök legtöbb csoportját (13 típust). Kis és kis-közepes ($1-10$, illetve $1-50 \times 10^{-3}$ SI egység) értéket képvisel két-két kőzetcsoporthoz (nefrit-eklogit és metagabbro, metadolerit, valamint andezit/bazaltos andezit és Balaton-felvidéki bazaltok). Kis-közepes ($10-130 \times 10^{-3}$ SI egység) szintén kettő (mecseki alkáli bazaltok, doleritek, valamint a mikrofoyaitok és velük rokon fonolitok). A többi mintához képest feltűnően nagy értékkel ($30-460 \times 10^{-3}$ SI egység) egyetlen csoport, a szerpentinitek rendelkeznek.

Tömeg és térfogat: e két paraméter között nagyon erős pozitív lineáris kapcsolat áll fent ($r = 0,996$, $p < 0,01$). A közettípusok tömeg alapján való csoportosítása/elkülönülése így gyakorlatilag megegyezik a térfogat alapján létrehozhatóval. Dominánsan nagyon kis tömegűek ($1-50$ g) a mikrogránit, a kovakőzet, a fehérkő. Dominánsan kis tömegűek ($10-130$ g) az aleurolit, hornfels, szpikulit és a kőves-tetői fonolit (fonolit1). Közepes tömegűek (dominánsan $100-200$ g) az andezit, bazaltos andezit, nefrit, eklogit, mészkő, márga, valamint homokkő.

Nagy tömegűek (dominánsan $130-300$ g) a szerpentinit, a mecseki típusú alkáli bazalt/dolerit, valamint a mikrofoyaitok és velük rokon fonolitok. Kifejezetten tág tartományban ($10-300$ g) mozog a metavulkanit, amfibolit és metagabbro/metadolerit anyagú kőszközök tömege.

Sűrűség: kis sűrűségűek (dominánsan $2,4-2,6$ g/cm³) a mecseki kőves tetői fonolit és a feltehetően szintén mecseki eredetű mikrogránit.



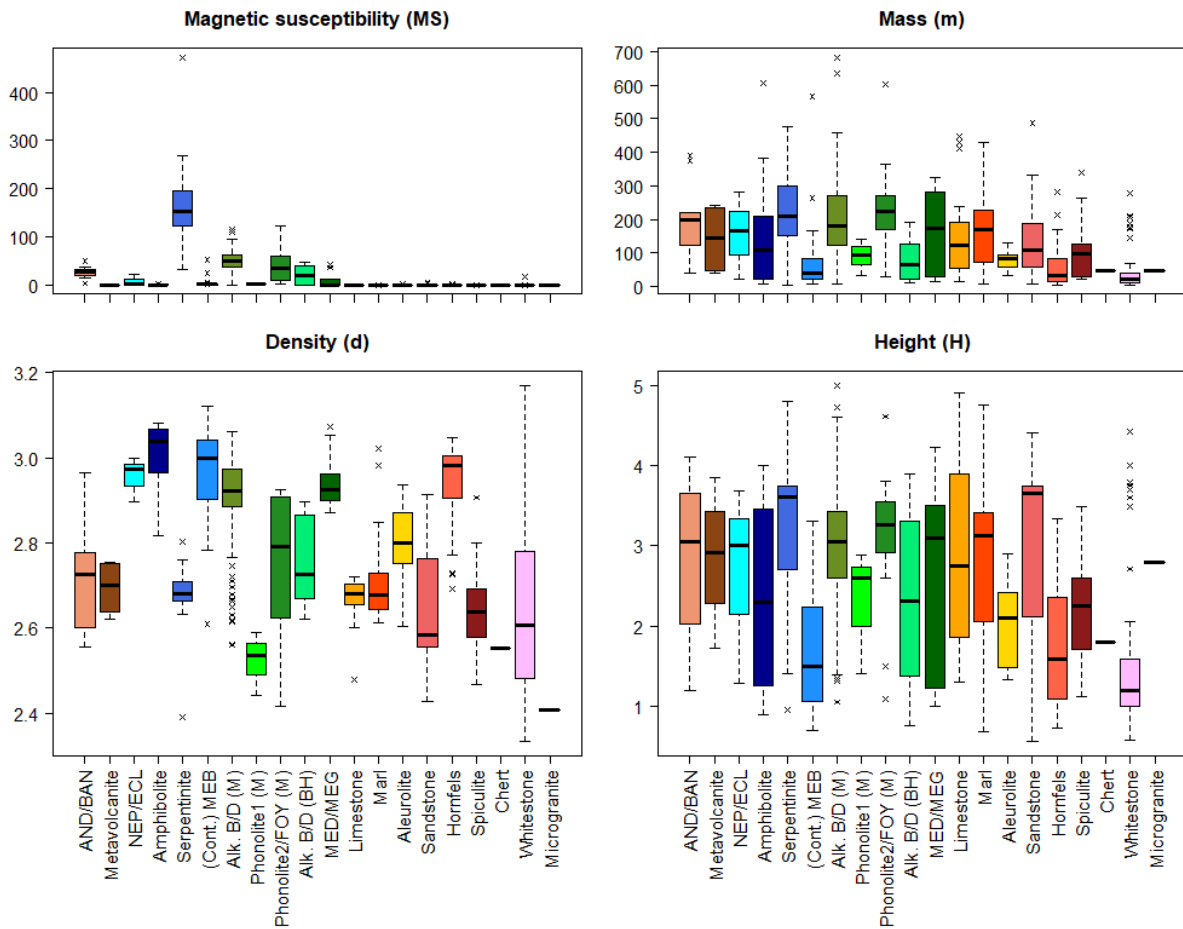
1. ábra: A felső tortadiagram a kőzettípusok megoszlását mutatja be a vizsgált mintában. Az alsó ábrán már csak azok a 2,3 és 3,2 g/cm³ közötti sűrűségű példányok szerepelnek, amiket felhasználtunk a főkomponens analízis során. Az adott csoportokba tartozó kőbalták pontos darabszámát az egyes szeletek peremén tüntettük fel. A körcikkek sorrendje a további ábrákon szereplő csoportosítás logikáját követi. Rövidítések: Alk.: alkáli; AND: andezit; B: bazalt/bazaltoid; BAN: bazaltos andezit; BH: Balaton-felvidék; Cont.: kontakt; D: dolerit; ECL: eklogit; FOY: mikrofoyait; M: Mecsek; MEB: metabázit; MED: metadolerit; MEG: metagabbro; NEP: nefrit.

Fig. 1.: Pie chart depicting the distribution of rock types in the studied sample (above). Only specimens with a density between 2.3 and 3.2 g/cm³ (below) were used later in the principal component analysis. The exact number of artefacts within a group is indicated at the edge of each slice. The order of the circular sectors follows the grouping used on the rest of the figures. Abbreviations: Alk.: alkaline; AND: andesite; B: basalt/basaltoids; BAN: basaltic andesite; BH: Balaton Highlands; Cont.: contact; D: dolerite; ECL: eclogite; FOY: microfoyaite; M: Mecsek Mountains; MEB: metabasite; MED: metadolerite; MEG: metagabbro; NEP: nephrite.

Közepes sűrűség-tartományba (dominánsan 2,6–2,9 g/cm³) esik a legtöbb kőzettípus: andezit, bazaltos andezit, metavulkanit, serpentinit, számár-hegyi fonolit (fonolit2) és mikrofoyait, Balaton-felvidéki alkáli bazalt és dolerit, mészkő, márga, aleurolit, szpikulit. Nagy sűrűségűek (dominánsan 2,9–3,1 g/cm³) a nefrit, eklogit, amfibolit, (kontakt) metabázit, mecseki típusú alkáli bazalt/dolerit, metadolerit/metagabbro és a hornfels. A fehérkő tág sűrűség-tartományt fed le. A minták középső 50%-a kis-közepes sűrűségű (2,5–2,8 g/cm³), de ebbe a csoportba tartozik a teljes

mintát tekintve legkisebb és legnagyobb sűrűséggel jellemezhető kőbalt is.

Magasság: kis magasságúak (1–2 cm) a kova-kőzetből és a fehérkőből készült kőeszközök, kis-közepes magasságúak (1–2,5 cm) a (kontakt) metabázitból, hornfelsből, aleurolitból és szpikulitból készültek. Nagy magasságú (2–4 cm) az eszközök többsége (10 típus). Nagyon tág határok közötti (1–4 cm) az amfibolit, Balaton-felvidéki alkáli bazalt és dolerit, valamint metadolerit, metagabbro anyagú kőeszközök magassága.



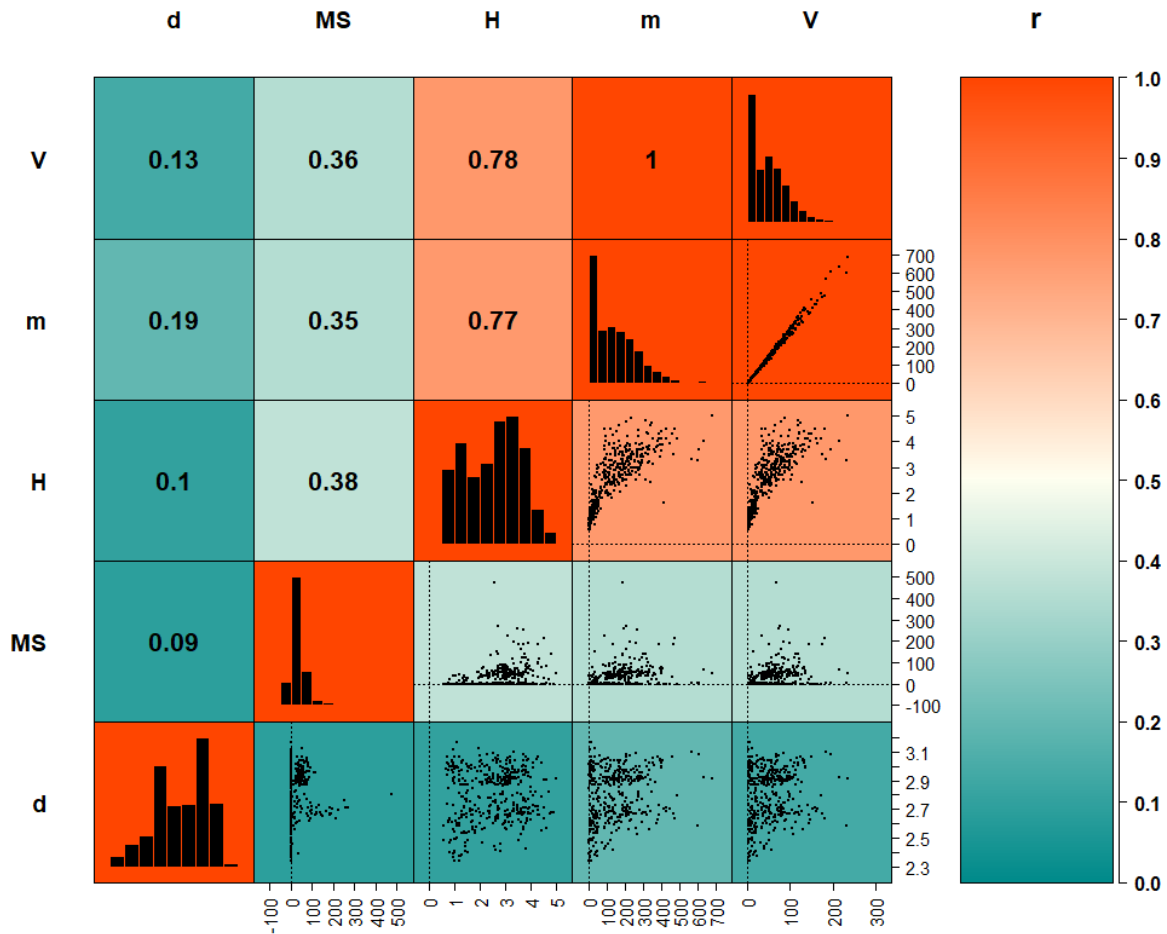
2. ábra: A kőbalták mágneses szuszeptibilitásának (10^{-3} SI egység), tömegének (g), sűrűségének (g/cm^3) és magasságának (cm) köztípusonkénti dobozdiagramjai. A térfogatot, mivel az erős pozitív lineáris korrelációban van a tömeggel, itt nem ábrázoltuk külön. Rövidítések: Alk.: alkáli; AND: andezit; B: bazalt/bazaltoid; BAN: bazaltos andezit; BH: Balaton-felvidék; Cont.: kontakt; D: dolerit; ECL: eklogit; FOY: mikrofoyait; M: Mecsek; MEB: metabázit; MED: metadolerit; MEG: metagabbro; NEP: nefrit.

Fig. 2.: Box and whiskers plots of the magnetic susceptibility (10^{-3} SI unit), mass (g), density (g/cm^3) and height (cm) of the artefacts by rock types. Volume is not depicted here due to its strong positive linear correlation with mass. Abbreviations: Alk.: alkaline; AND: andesite; B: basalt/basaltoids; BAN: basaltic andesite; BH: Balaton Highlands; Cont.: contact; D: dolerite; ECL: eclogite; FOY: microfoyaite; M: Mecsek Mountains; MEB: metasite; MED: metadolerite; MEG: metagabbro; NEP: nephrite.

A csiszolt kőeszközök egyszerű műszerrel mérhető paramétereik közül a tömeg és a térfogat nagyon erős ($r = 0,996$, $p < 0,01$), a magasság és térfogat ($r = 0,775$, $p < 0,01$), valamint a magasság és tömeg ($r = 0,768$, $p < 0,01$) erős pozitív lineáris korrelációt mutat. Ugyanakkor utóbbi két esetben a Spearman-féle korrelációs együtthatók némileg magasabb értékei ($\rho = 0,845$, $p < 0,01$, illetve $\rho = 0,850$, $p < 0,01$) jelzik, hogy köztük monoton, de nem feltétlen lineáris kapcsolat áll fenn. Ez érthető, hiszen egy méretdimenzióhoz képest a térfogat köbösen változik, a tömeg pedig, mint azt az imént láttuk, itt utóbbival hasonlóan viselkedik.

Az összes többi lehetséges paraméterpárosítás esetében gyenge ($r = 0,3-0,4$) vagy elhanyagolható ($r = 0-0,3$) lineáris kapcsolatot mutató Pearson-féle együtthatót kaptunk (**3. ábra**).

A mért változók eloszlása gyakran multimodális (lásd pl. sűrűség és magasság; **3. ábra**), de ez nem meglepő, hiszen több különböző csoportból (tárgy-típus, köztípus, lelőhely) a megtalálási valószínűségük szerint kerültek a mintába példányok, vagyis a teljes minta egyben kezelve inhomogén. A többszűcsúság kiküszöbölhető, ha a mintát csoportokra bontva kezeljük. Ekkor általában jobbra ferde eloszlásokat kapunk, de ez már néhány eredeti változó (mint a mágneses szuszeptibilitás, a tömeg és a térfogat) esetében eleve szembevetendő (**3. ábra**).

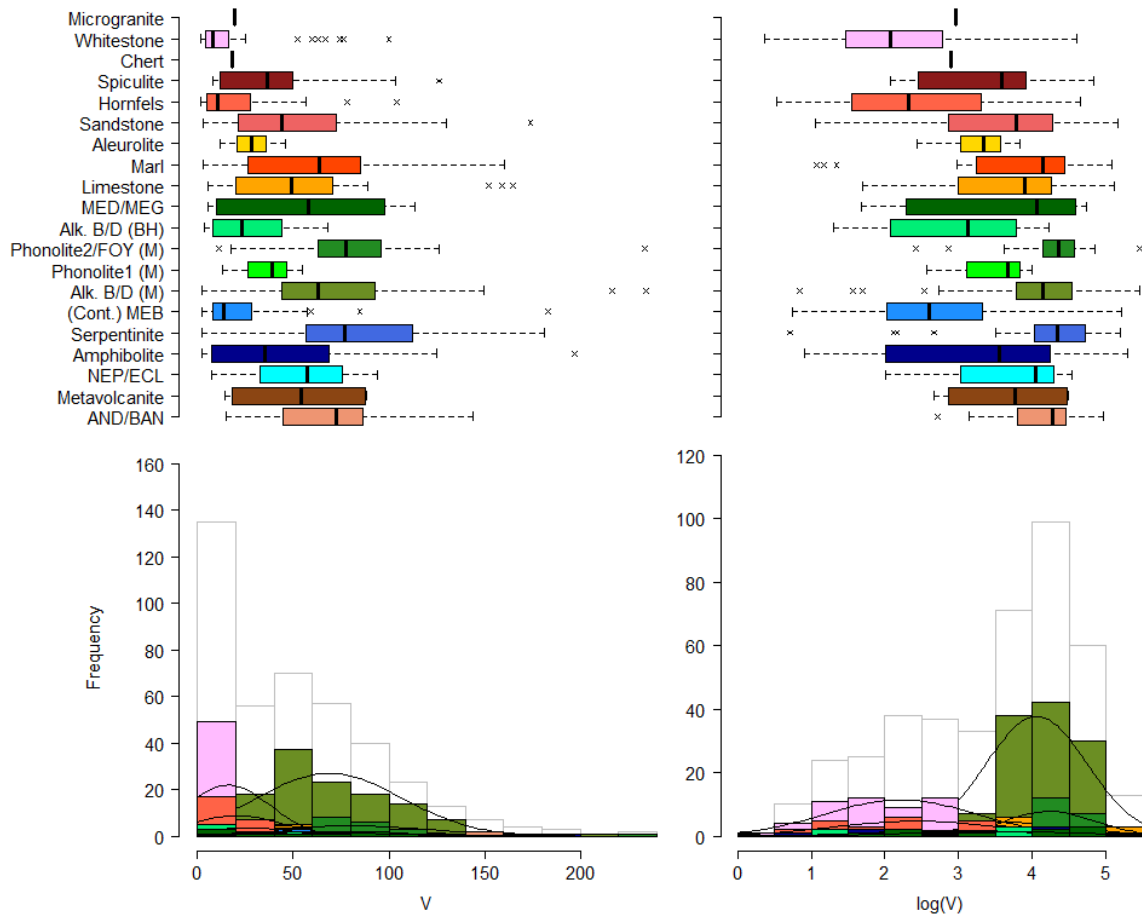


3. ábra: A mért változók korrelációs hő térképe. A lineárisan korrelálatlan változókat kék, míg az erős pozitív korrelációt piros szín jelöli. Az egyes változópárok kapcsolatát leíró Pearson-féle korrelációs együtthatók a bal felső térfélen, míg azok pontfelhődiagramjai a jobb alsó térfélen kerültek elhelyezésre. A változók eloszlását jellemző histogramok az átlóban láthatók. Rövidítések: d: sűrűség (g/cm^3); H: magasság (cm); MS: mágneses szuszceptibilitás (10^{-3} SI egység); m: tömeg (g); r: Pearson-féle korrelációs együttható; V: térfogat (cm^3).

Fig. 3.: Correlation heatmap of the measured variables. The lack of a linear correlation is indicated by blue, while a strong positive correlation is indicated by red colour. Pearson correlation coefficients of specific variable pairs are given in the upper left half and their corresponding scatterplots are depicted in the lower right half. Histograms of the variables are shown in the diagonal. Abbreviations: d: density (g/cm^3); H: height (cm); MS: magnetic susceptibility (10^{-3} SI unit); m: mass (g); r: Pearson correlation coefficient; V: volume (cm^3).

Ez sem szokatlan, hiszen a természetben a független additív hatásokra igen gyakran normális eloszlás jön létre, míg multiplikatív hatások következtében a jobbra ferde, lognormális eloszlások sem ritkák (Gaddum 1945, Koch 1966, 1969, Limpert et al. 2001, Grönholm & Annala 2007). Hasonló eloszlásokat eredményez az is, ha egy változó lehetséges értékei balról korlátosak (például tömegük és térfogatuk nem lehet kisebb, mint 0), de jobbról nem, hiszen elméletben egyes változók bármilyen nagy értéket felvehetnek. Hozzáteve, hogy a lehetséges maximumot a gyakorlatban számos tényező (praktikus megfontolások és a nyersanyagként szolgáló közettöredékek mérete) korlátozza, így a nagyobb méretű példányok

értelemszerűen egyre ritkábbak lesznek. A ferdeség többé-kevésbé kiküszöbölhető, ha a kérdéses változókat logaritmusos skálán jelenítjük meg. Ekkor minden egyes csoport esetében unimodális, a normálhoz jóval közelebb álló eloszlásokat kapunk (lásd a térfogat példáján a **4. ábrán**). Így egyrészt igazolható az eredeti eloszlások lognormalitása, hiszen a transzformáció utáni értékek már alávethetők normalitás-vizsgálatnak (akár parametrikusan, akár pedig vizuálisan, egy egyszerű kvantilis-kvantilis ábra segítségével). Másrészt számos statisztikai vizsgálat eleve megköveteli a bemenő adatok normalitását, ami a transzformáció révén közelíthető, amennyiben szükséges.

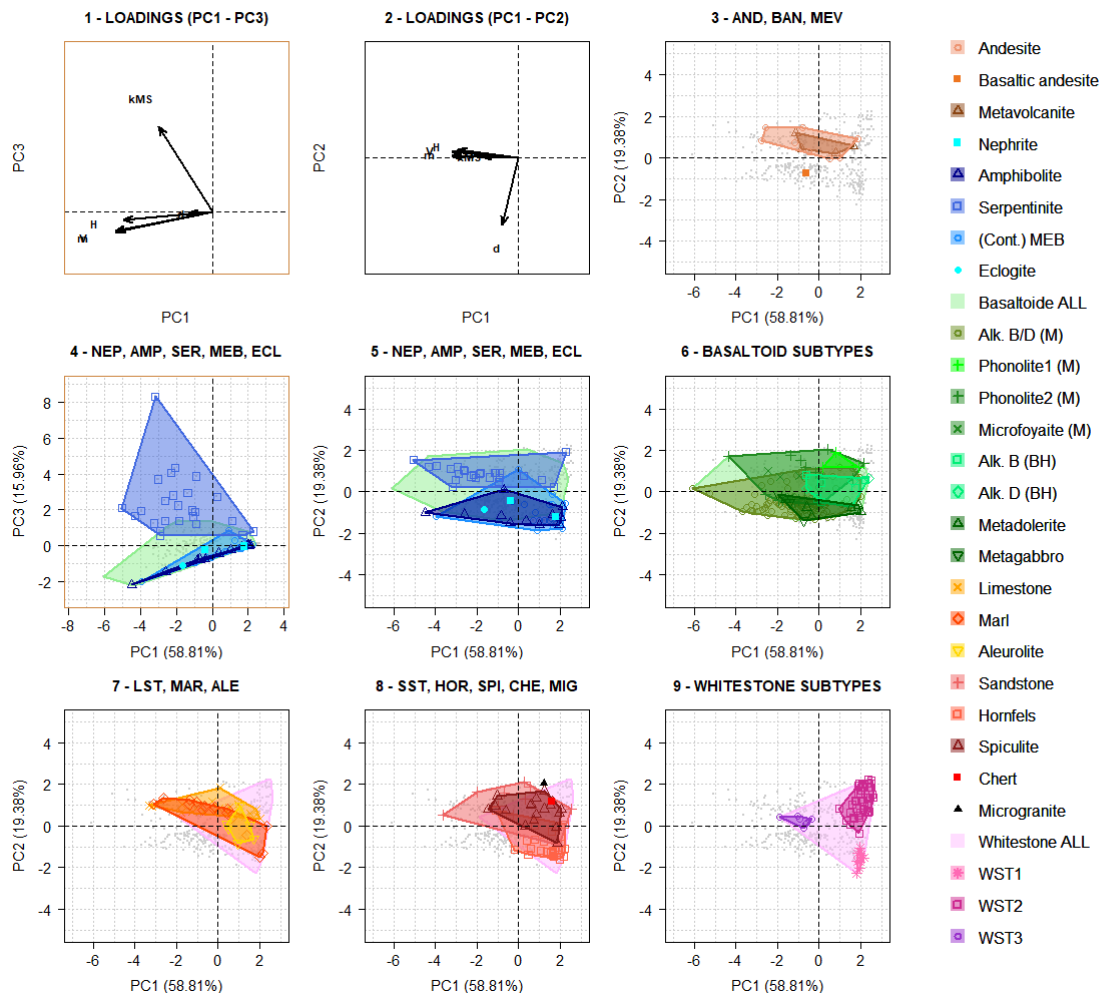


4. ábra: A kőbalták térfogatának (cm³) dobozdiagramja és tapasztalati sűrűségfüggvénye csoportonkénti bontásban (balra) és ugyanez logaritmusos transzformáció után (jobbra).

Fig. 4.: Box and whiskers plots and histograms of the volume (cm³) of the artefacts by rock type (left) and the same based on log-transformed data (right).

A 2. és 4. ábrán látható, hogy az egyes paramétereket tekintve a dobozdiagramok jelentősen átfednek egymással, így nem lehet egyértelműen kőzetcsoportokat elkülöníteni. Ennek ellenére a magasság és tömeg, valamint a magasság és térfogat pontfelhő diagramok (3. ábra) alapján feltételezhető, hogy a kőeszközök tömegének és térfogatának nagyobb magasság felé történő szétseprűződése különböző nyersanyag típusokra jellemző, egymástól némileg eltérő exponenciális trendek jelenlétére vezethető vissza. Megállapítható továbbá, hogy a kis mágneses szuszeptibilitású kőbalták (MS < 20 × 10⁻³ SI egység) sűrűsége igen széles skálán mozog, míg a nagyobb MS értékekkel rendelkező kőbalták sűrűsége szerint két (2,7, illetve 3,0 g/cm³ körüli átlagú) fő csoportra oszthatók. Ez utóbbi csoportok azonban nem minden esetben mutatnak jó egyezést az egyes kőzet típusokra illeszthető konvex burkológörbékkel.

A mért változók (tömeg, térfogat, sűrűség, magasság, mágneses szuszeptibilitás) által képzett többdimenziós teret főkomponens analízis (PCA) segítségével két érdemi változóra redukáltuk. Az így kapott főtengek az eredeti változók lineáris rekombinációjaként értelmezhetők (mértékegységük nincsen) és csökkenő mértékben felelnek az adatfelhőben rejlő változékonyságnak. A kapott főtengek közül az első (PC1) a teljes variancia közel 59%-át, a második (PC2) 19%-át míg a harmadik (PC3) 16%-át magyarázza. Ha az eredeti változókat bevetítjük az új főtengek által képzett síkokba, akkor leolvashatjuk, mi okozza az adatpontok elkülönülését és szétterjedését egy adott tengely mentén. Így hoztuk létre az 5. ábra első sorában található 1)-es és 2)-es diagramot is. Minél hosszabb és minél kisebb szöget zár be egy adott vetületi vektor az adott tengellyel, annál fontosabb szerepet játszik az adott tengely létrehozásában. Az eredeti változó értéke a nyíl irányában növekszik, ellentétes irányban pedig csökken.



5. ábra: A mért változók főkomponens elemzése révén készített ordinációjának eredményei a változók vektorainak PC1-PC2, valamint PC1-PC3 síkokra eső vetületeinek feltüntetésével. A különböző színű sokszögek az egyes közettípusok konvex burkológörbéinek felelnek meg. Rövidítések: ALE: aleurolit; Alk.: alkáli; AMP: amfibolit; AND: andezit; B: bazalt/bazaltoid; BAND: bazaltos andezit; BH: Balaton-felvidék; CHE: kova; Cont.: kontakt; D: dolerit; ECL: eklogit; FOY: mikrofoyaite; HOR: hornfels; LST: mészkő; M: Mecsek; MAR: márga; MEB: metabázit; MED: metadolerit; MEG: metagabbro; MEV: metavulkanit; MIG: mikrogránit; NEP: nefrit; SER: szerpentin; SPI: szpikulit; SST: homokkő; WST: fehérkő.

Fig. 5.: Ordination made by principal component analysis (PCA) of the measured variables. Loading plots are given for PC1-PC2 and PC1-PC3. Shaded polygons represent the convex hulls of different rock types. Abbreviations: ALE: aleurolite; Alk.: alkaline; AMP: amphibolite; AND: andesite; B: basalt/basaltoids; BAND: basaltic andesite; BH: Balaton Highlands; CHE: chert; Cont.: contact; D: dolerite; ECL: eclogite; FOY: microfoyaite; HOR: hornfels; LST: limestone; M: Mecsek Mountains; MAR: marl; MEB: metabasite; MED: metadolerite; MEG: metagabbro; MEV: metavolcanite; MIG: microgranite; NEP: nephrite; SER: serpentinite; SPI: spiculite; SST: sandstone; WST: whitestone.

Az **5. ábráról** leolvasható, hogy az eredeti változók közül a magasság, a térfogat és a tömeg nagyjából az első főtengety, a sűrűség pedig a második főtengety negatív irányában növekszik. A harmadik főtengety menti variancia kialakulásáért legnagyobb mértékben a mágneses szuszceptibilitás tehető felelőssé, ami ennek pozitív irányba felé növekszik. Ugyanakkor már jelentősebb szögeltérése van a PC3-as tengelytől, így kisebb részben a PC1 negatív irányához is hozzáad.

A **5. ábrán** az egyes közettípusokat kémiai és modális összetételük különbségei alapján tüntettük fel. A diagramok a bal felső saroktól soronként jobbra haladva az alábbiak: 3) andezit, bazaltos andezit, metavulkanit; 4-6) bazaltoidok, metabázitok, metaultrabázitok; 7) mészkő, márga, aleurolit; 8) homokkő, hornfels, kovakőzet, szpikulit, mikrogránit, 9) fehérkő. Az összes mintapontot minden előbbi ábra háttérben halványzürkével tüntettük fel.

A PC3-as tengely kiemelten hasznosnak bizonyul, ha a nagy mágneseles szuszceptibilitás értékekkel rendelkező szerpentinitet szeretnénk elkülöníteni (a többi metabázittól-metaultrabázittól és a bazaltoidoktól (**5. ábra, 4. diagram**)). Szintén többé-kevésbé jól elkülönülő csoportokat kapunk, amennyiben a bazaltoidokat (s.l.) külön altípusok szerint ábrázoljuk (**5. ábra, 6. diagram**). A mecseki típusú bazaltok és doleritek többnyire nagyobb sűrűségűek, mint a számár-hegyi fonolitok és az összes mecseki mikrofoyait, így utóbbiaktól a PC2-es tengely mentén viszonylag jól, kis átfedéssel különülnek el. A mecseki, köves-tetői fonolit-típusba tartozó minták főként kisebb méretűek miatt a PC1-es tengelyen a pozitív irányba tolnak a számár-hegyi típusú mintákhoz képest. A Balaton-felvidéki bazaltok, doleritek nagyjából azonos értékeket vesznek fel a PC1-es tengely mentén, mint a köves-tetői fonolit csoportba tartozó kőbalták, utóbbiaknál alacsonyabb sűrűségük miatt azonban a PC2-es tengely negatív irány felé tolnak. Velük összevetve a mecseki bazaltok, doleritek gyakran nagyobbak és nehezebbek, ezáltal pedig a PC1-es tengely mentén nagyobb a csoport varianciája is.

A mészkövek, márgák és aleuritok között túl nagy az átfedés (**5. ábra, 7. diagram**), így azokat nem lehet egymástól jól elkülöníteni a vizsgált paraméterek segítségével. Ez természetesen következik abból, hogy mind sűrűség, mind mágnesezhető ásványtartalom alapján nagyon hasonló kőzetekről van szó. A leghomogénebb csoportot az aleuritok képezik, hozzátéve, hogy igen kis mintaméretűről van szó. A mészkő a márgához képest némileg kisebb sűrűsége miatt a PC1-es tengely pozitív irány felé tolódik. A fehérekő anyagú balták (részletezve lásd az **5. ábra 9. diagramján**) nagyméretű, közepes sűrűségű 3-as alcsoportja jelentős átfedést mutat a márgával, ugyanakkor nagy sűrűségű 1-es és kis sűrűségű 2-es alcsoportja mindhárom itt tárgyalt közettípustól eltér. Ezeket az altípusokat azonban a többi tárgyalt csoporttól eltérően nem könnyen megfigyelhető közzetani jellegeik alapján, hanem a kapott PCA ordináció tengelyei menti koordinátaik hierarchikus klaszterelemzése (Podani 1997, 2000) révén kaptuk. Az R programkörnyezet hclust() függvénye segítségével kapott fát a cutree() parancs segítségével 3 csoportra vágjuk. Ezt a lépést fehérekővek burkológörbéjében belüli, szemmel látható adatsűrűsödések tették szükségessé.

A szpikulitok és a homokkővek (**5. ábra, 8. diagram**) csoportja átfedésben van, ami a nagyméretű modális és kémiai összetételbeli hasonlóságuknak tudható be. A hornfels anyagú kőszközök döntő többsége élesen elkülönül. Kisebb átfedést mutat a fehérekővek nagyobb sűrűségű csoportjaival. A mikrogránit és a kovakőzet egy-egy mintát jelent, így róluk érdemi

következtetést nem lehet levonni. A két meglévő minta a homokkővek területére esik, ami összhangban van a modális és ásványos összetételükkel.

Következtetések

Csiszolt kőszközök egyszerű műszerrel mérhető paraméterei (sűrűség, mágneseles szuszceptibilitás) alapján egyedi közzet típusok elkülönítése csak limitáltan lehetséges. Ennek oka, hogy az egyes közzet típusok között sűrűség és mágneseles szuszceptibilitás szerint nem csak az azonos közzetcsaládba (pl. bazaltoidok) tartozó minták esetében fordul elő folyamatos átmenet. Az MS és sűrűség értékeik szerint vizuálisan elkülönülő csoportok nem feltétlenül fednek át a valós közzetani csoportokkal. Az egyetlen biztos kivételt a szerpentinitek jelentik, amelyeket a nagyobb MS értékük alapján jól el lehet különíteni a többi közzettől (**5. ábra, 4. diagram**). Habár makroszkóposan a legtöbb szerpentinit könnyen felismerhető, a mágneseles szuszceptibilitás bizonyos esetekben döntő tényező lehet a határozásuk során. Ezen felül az általunk készített PCA ordináció a szerpentinitek jól elkülöníthetők a többi metabázittól és metaultrabázittól (**5. ábra, 5. diagram**) is.

A leggyakoribb nyersanyagok a bazaltos (s.l.) kőzetek, azaz az alkáli bazalt, dolerit, metadolerit, gabbró, valamint a fonolit és a mikrofoyait is. Ezek több kisebb, részben átfedő halmaza egy nagy csoporttá olvad össze a morfotérben. Külön ábrázolás azonban segíthet a makroszkópos közzet-határozás során felmerülő bizonytalanságok tisztázásában. A különböző vulkáni területekre jellemző bazaltok (pl. Mecsek – Balaton-felvidék) egymástól kis átfedéstől eltekintve jól elkülönülnek a PC1-es tengely mentén. Egy adott vulkáni terület folyamatos sorozatot képező közzetei (pl. mecseki bazaltok és fonolitok/mikrofoyaitok) mérsékelt átfedés mellett átmenetet mutatnak a PC2-es tengely mentén (**5. ábra, 6. diagram**). Utóbbi esetben az átmeneti részbe eső kőzetek a makroszkópos határozás alapján doleritek/mikrogabbrók, valamint telérkőzetek, amelyek gyakran geokémiai és modális összetételük szerint valóban átmeneti típust képeznek a jól megkülönböztethető bazaltok és fonolitok között.

A törmeléken üledékes és kontakt metamorf kőzetek nagy átfedése a morfotérben (**5. ábra, 7-8. diagram**) megerősíti a makroszkópos közzet-határozást, mivel ezeknek eleve hasonló a modális és kémiai összetételük.

A második leggyakoribb nyersanyag, a változatos eredetű és összetételű fehérekő esetében különösen hasznosnak bizonyult a mért paraméterek szerinti vizsgálat. Ezek a PC1-PC2 síkban három jól elkülönülő klasztert képeznek (**5. ábra, 9. diagram**). Ezek közül az első egy kis méretű (tömegű, térfogatú és magasságú), nagy sűrűségű csoport (a), a második egy kis méretű kis sűrűségű

együttes (b), míg a harmadik egy nagy méretű, közepes sűrűségű alminta (c).

4a. A nagy sűrűségű fehérekővek makroszkópos kőzetleírása során gyakran alkalmaztuk a „tisza fehér”, „sima”, „tömör” jelzőket. Anyaguk – sűrűségük alapján – legvalószínűbben kis kovartartalmú, magnezit-gazdag kőzetek.

4b. A kis sűrűségű fehérekő eszközök leírásakor a „tufitos jellegű”, „porózus” „sárgás-fehér” jelzők fordulnak elő leggyakrabban. Az ebbe a csoportba tartozó kőbalták valószínűleg kovás összetételűek vagy tufitos eredetűek, származási területük feltehetően az előbbi klasztertől eltérő.

4c. A fehérekővek között a legnagyobb (6×10^3 SI egység feletti) mágneses szuszceptibilitású kőeszköz egykori szerpentinít magnetit/krómspinell zárványait tartalmazza, ami megmagyarázza a csoporton belül kiugrónak számító MS értéket. Feltehetően a vele egy klasztert alkotó, viszonylag nagy MS értékkel rendelkező kőeszközök is hasonló anyagúak, csak a felszínükön nem észrevehető az opak ásványok, mert nagyon kicsik és valószínűleg kisebb mennyiségben vannak jelen. Közös eredetük azonban feltételezhető.

Összegzés

A csiszolt kőeszközök egyszerű mérési módszerekkel meghatározható paramétereink (tömeg, térfogat, sűrűség, mágneses szuszceptibilitás, magasság vagy valamilyen más méret-dimenszió) alapuló főkomponens analízist már a mérsékelt petrográfiai ismeretekkel rendelkező kutatók is alkalmazhatják az újonnan előkerült kőbalták nyersanyagának csoportosításához és azonosításához.

A módszer segítségével validálni lehetett az előzetesen (némi szubjektivitással terhelt) makroszkópos kőzetleírás révén azonosított nyersanyagcsoportokat. A főkomponens alapú ordináció további jelentősége, hogy lehetővé teszi a makroszkóposan egy nagy kőzetcsaládba eső minták (lásd pl. fehérekővek) további felosztását. Emellett segíthet a látszólag átmeneti jellegekkel rendelkező kőzetek csoportokba sorolásában. Egy adott kőzettípushoz makroszkóposan hasonló, de néhány szempont alapján kiugró értéket mutató minták esetében pedig felhívhatja a figyelmet az előzetes határozás bizonytalanságaira.

A módszer legnagyobb gyengeségének a kisméretű kőeszközök esetében a térfogat (és sűrűség) mérésének pontatlansága bizonyult. Precízebb térfogatméréssel ez a hiba kiszűrhető, ugyanakkor sajnos bizonyos (nagyon porózus, mállékony, repezett) kőzetek alkalmazatlanok a tanulmányban leírt térfogatmérésre, továbbá a kőeszközökön lévő felszíni bevonat is torzíthat az eredményeken.

Szerzők tudományos közreműködése

Sági Tamás Eredeti tudományos koncepció, Kutatásvezetés, Értelmezés, Eredeti kézirat, Javított kézirat, Mérések irányítása. **Józsa Sándor** Makroszkópos kőzethatározás, Javított kézirat. **Janka Péter** Kőeszközök tömeg és térfogatmérése. **Káposztás Viktória** Adatbázis építés. **Oelberg-Pánczél Emese** Kőeszközök méret-paramétereinek és mágneses szuszceptibilitásának meghatározása. **Szendrei Zsolt** Kőeszközök méret-paramétereinek és mágneses szuszceptibilitásának meghatározása. **Szücs Levente Csaba** Kőeszközök mágneses szuszceptibilitásának meghatározása. **Virág Attila** Adatelemzés, Vizualizáció, Értelmezés, Eredeti kézirat, Javított kézirat.

Köszönetnyilvánítás

Elsőként szeretnénk köszönetünket kifejezni Szakmány Györgynek, akinek a munkája nélkül a cikk nem készült volna el. Köszönjük a segítséget a kőeszközök közzétani meghatározásánál Fehér Kristófnak, Oláh Istvánnak, Szilágyi Veronikának. A mintákhoz való hozzáférést és a vizsgálatokhoz szükséges labort Osztás Anett és Marton Tibor biztosította. A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott K-131814 számú pályázat (tv. Kasztovszky Zsolt), illetve az ÚNKP-22-4-II-ELTE-491 pályázat (tv. Sági Tamás) támogatásával készült. Köszönjük két bírálónk, T. Biró Katalin és Bradák Balázs hasznos észrevételeit. Végül, de nem utolsó sorban pedig köszönjük a kötet szerkesztői, Ilon Gábor, T. Biró Katalin és Szilágyi Veronika munkáját, a határidők terén mutatott rugalmasságát és természetesen a lehetőséget, hogy csatlakozhattunk az Archeometriai Műhely e különleges számának szerzőihez.

Irodalom

BENDŐ, Zs., SZAKMÁNY, Gy., KASZTOVSZKY, Zs., T. BIRÓ, K., OLÁH, I., OSZTÁS, A., HARSÁNYI, I. & SZILÁGYI, V. (2019): High pressure metaophiolite polished stone implements found in Hungary. *Documenta Praehistorica* **39** 377–396.

<https://doi.org/10.1007/s12520-018-0618-6>

GADDUM, J.H. (1945): Lognormal distributions. *Nature* **156** 463–466.

<https://doi.org/10.1038/156463a0>

GRÖNHOLM, T. & ANNILA, A. (2001): Natural distribution. *Mathematical Biosciences* **210** 659–667. <https://doi.org/10.1016/j.mbs.2007.07.004>

JOLIFFE, I.T. (2002): Principal Component Analysis. (Second Edition) *Springer Series in Statistics, Springer New York*, p. 488.

<https://doi.org/10.1007/b98835>

- KOCH, A.L. (1966): The logarithm in biology. 1. Mechanisms generating the log-normal distribution exactly. *Journal of Theoretical Biology* **12** 276–290. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90119-6](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90119-6)
- KOCH, A.L. (1969): The logarithm in biology. 2. Distributions simulating the log-normal. *Journal of Theoretical Biology* **23** 251–268. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(69\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0022-5193(69)90040-X)
- LIMPERT, E., STAHEL, W.A. & ABBT, M. (2001): Log-normal distributions across the sciences: keys and clues. *BioScience* **51/5** 341–352. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0341:LNDATS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0341:LNDATS]2.0.CO;2)
- MCGILL, R., TUKEY, J.W. & LARSEN, W.A. (1978): Variations of Box Plots. *The American Statistician* **32/1** 12–16. <https://doi.org/10.2307/2683468>
- OSZTÁS, A., ZALAI-GAÁL, I. & BÁNFFY, E. (2012): Alsónyék-Bátaszék: a new chapter in the research of Lengyel culture. *Archaeological and Anthropological Sciences* **11** 1643–1667. <https://doi.org/10.4312/dp.39.27>
- PODANI, J. (1997): *Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeltárás rejtelmeibe*. Scientia Kiadó, Budapest, p. 412. ISBN 963-8326-06-9
- PODANI, J. (2000): *Introduction to the Exploration of Multivariate Biological Data*. Backhuys Publishers, Leiden, p. 407. ISBN 90-5782-067-6
- RODGERS, J.L. & NICEWANDER, W.A. (1988): Thirteen ways to look at the correlation coefficient. *The American Statistician* **42/1** 59–66. <https://doi.org/10.1080/00031305.1988.10475524>
- SÁGI, T. (2023): A Bátaszék-Alsónyék késő neolitikus településről származó csiszolt kőeszközök nyersanyagának provenienciavizsgálata. In: *ELTE Intézményi ÚNKP konferencia Absztrakt kötet*. Budapest, p. 276.
- SÁGI, T., SZAKMÁNY, Gy., JÓZSA, S., SZILÁGYI, V., FEHÉR, K., OLÁH, I. & OSZTÁS, A. (2022a): Mecseki eredetű csiszolt kőeszközök a Bátaszék-Alsónyék késő neolitikus településről. In: Király, Attila (szerk.) *12. Kőkor Kerekasztal. Programfüzet*. Budapest, 20–21.
- SÁGI, T., SZAKMÁNY, Gy., JÓZSA, S., SZILÁGYI, V., FEHÉR, K., OLÁH, I. & OSZTÁS, A. (2022b): Polished stone tools from the Bátaszék-Alsónyék Neolithic settlement (Hungary). In: MILOGLAV, Ina szerk., *10. Conference on Methodology and Archaeometry. Book of Abstracts. Zagreb*, p. 44. ISBN 978-953-379-040-4
- SCHOBER, P., BOER, C. & SCHWARTE, L.A. (2018): Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia* **126/5** pp. 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- SZAKMÁNY, Gy., SÁGI, T., JÓZSA, S., SZILÁGYI, V., OLÁH, I., SZILÁGYI, K. & OSZTÁS, A. (2021): Előzetes eredmények Alsónyék neolitikus csiszolt kőeszközeinek nyersanyagairól. In: MESTER, Zs.; KIRÁLY, A. & LENGYEL, Gy. szerk., *11. Kőkor Kerekasztal. Programfüzet*. Budapest, 19–20.