

Budapest-környéki idős Duna-teraszok nehézasvány-tartalmának statisztikai vizsgálata

BURJÁN BALÁZS¹

Abstract

Statistical investigations into heavy mineral composition of old Danubian terraces nearby Budapest, Hungary

Deploying cluster analysis in comparative investigations into heavy mineral composition of gravel samples of the V. terrace of the Danube River nearby Budapest, which formerly were believed to be of uniform origin, two different sediment types could be distinguished. The heavy mineral variations are different in the gravel bodies covered with the bentonite bed and in those lying above it. It can be assumed that the material of the latter was partly redeposited from the adjacent Gödöllő Hills consisting sand rich in epidote called the „Gödöllő Sand”.

The comparative analyses of heavy mineral composition of the sediments have supported that there is a difference in the between lithology of gravel sediments of the V. and IV. terraces. These results contradict the former assumption that the material of IV. Danubian terrace in the environs of Budapest was entirely redeposited from the sediments of the V. terrace covered by bentonite clay. They rather suggest a fairly close relationship between the two kinds of sediment. The sediments of the terrace IV. contain more garnet and less epidote than those of terrace V. do. At the same time different origin of these materials is also assumed due to an increased amount of magmatic components from the Börzsöny and Visegrád Mountains.

Bevezetés

Magyarország egyik legtöbbet vizsgált és talán a legtöbb kérdést felvető dunai teraszterülete a Pesti-síkság. A másfél évszázadot átívelő kutatási időszak során az ismeretek gyarapodása következtében a terület felszínfejlődési kérdéseire vonatkozóan más-más nézetek láttak napvilágot.

SZABÓ J. (1858) a főváros környéki kavicsos képződményeket még csupán magas fekvésű „trachytos” és alacsonyabb fekvésű „trachytmentes” kavicsokra osztja fel. CHOLNOKY J. (1910) még további két szintet, az ártértől elválasztható ún. „városi”, és a magas morfológiai helyzetű kavicsokon belül ún. „fellegvári” teraszszintet különített el. A Pesti-hordalékkúp-síkságon az alacsony és

¹ Középiskolai tanár, József Attila Gimnázium és Közgazdasági Szakközépiskola, 2200 Monor, Ady Endre u. 12–14. E-mail: burjanb@freemail.hu

magas ártéri (I. terasz) szinteken kívül Pécsi M. (1959) már – a máig érvényesnek tekinthető beosztásnak megfelelően – öt ármentes teraszt különböztetett meg.

Korábban, 1114 db Budapest környéki kavicsos minta szemcseeloszlási összeggörbéje helyi maximumainak gyakoriságát vizsgálva kitént, hogy a törmelékes képződményekhez jellegzetes eloszlástípusok kapcsolódnak (BURJÁN B. 2002). Az V. terasz esetében a vizsgálatok alapján eltérő a móduszok gyakorisági eloszlása a kavicsanyagot két részre osztó bentonitos agyag alatti kavicsos komplexumban és Ferihegy, ill. Vecsés körzetében a bentonitos agyag felett előforduló, vagy bentonitos agyaglencsüket tartalmazó erősen homokos üledékek esetében. Így tehát a móduszok gyakoriságai alapján legalább két eltérő üledékcsoport mutatható ki, ami a két – bentonitos agyaggal elválasztott – kavicszint eltérő képződési körülményeit igazolhatja. Megállapítható volt, hogy a IV. terasz nagyon rosszul osztályozott görgeteges anyaga – a szemcseeloszlási adatok alapján – részben a helyenként alatta fekvő V. terasz anyagából származik.

A Pesti-síkság idősebb kavicsstelepeivel foglalkozó publikációkban egymásnak ellentmondó nézetek élnek egy régi kérdéssel kapcsolatban: honnan származik a főváros területe alatt húzódó IV. sorszámmal jelölt „fellegvári” terasz anyaga? Alapvető probléma, hogy egyáltalán különálló dunai üledéktestnek tekinthető-e a IV. terasz (SZABÓ J. 1858; INKEY B. 1894; SCHAFARZIK F. 1918; BÓDI B. 1938; PÉCSI M. 1959), vagy anyaga teljes egészében a Gödöllői-dombság hajdani kisebb vízfolyásai által az V. terasz anyagából áthalmozott lejtőüledék (RAINCSÁKNÉ KOSÁRY Zs. 1975; SZABÓNÉ DRUBINA M. 1981)? Feltételezhető-e genetikai kapcsolat a részben alatta települő V. terasz anyagával, vagy annak egy részével (BOGÁRDI J. 1955; ERDÉLYI M. 1967)? Az V. terasz és a helyenként rátelepülő IV. középsőpleisztocén dunai terasz anyagának szétválaszthatóságára már INKEY B. (1894) és SCHAFARZIK F. (1918) felhívta a figyelmet – bár utóbbi szerző az elkülönítésük alapjául még első rendű indoknak a IV. terasz anyagának jelentősen nagyobb szemcseméretét tekintette. MAURITZ B. (1958) ugyanakkor tagadta szétválaszthatóságukat, mert szerinte a IV. terasz üledékei között minden olyan közetelem megtalálható, amely az V. terasz anyagában előfordul.

A szemcseeloszlási tulajdonságaik alapján bizonyítottan többosztatú (SZABÓNÉ DRUBINA M. 1981; BURJÁN B. 2002), de morfológiailag egységesen az V. teraszhoz sorolható üledékek (PÉCSI M. 1959) tagolhatósága nehézásvány-vizsgálatok alapján, szintén elemzésre váró probléma.

Jelen munka célja a fenti kérdésekkel kapcsolatos új, clusteranalízison nyugvó nehézásvány-vizsgálati eredmények ismertetése, amelyek további segítséget nyújthatnak a terület fejlődéstörténeti összefüggéseinek feltárásához, hangsúlyozva ugyanakkor, hogy egy-egy vitatott földtani probléma megoldásához a változatos módszerek egyidejű alkalmazása szükséges. Nem célja ugyanakkor annak a kérdésnek vizsgálata, hogy a nehézásvány spektrum alapján milyen lepusztulási terület(ek)ről származhatnak a különböző üledékanyagok, mert pontos geotektonikai következtetések levonására a rendelkezésre álló adatok nem elégségesek, ez további részletes munkálatokat igényel.

A kutatási terület áttekintése

A Pesti-hordalékkúp-síkság félmedenceszerű, teraszos felszínét 5–20 m vastagságban durvatörmelékes, homokos-kavicsos üledékek fedik, az ármentes teraszfelszíneket futóhomok, kötött homok és löszös homok foltjai borítják, a magasabb teraszokon a dunai kavicsösszlet a vékony talajtakaró, vagy homoklepel alatt közel a felszínhez található (PÉCSI M. 1959). A kistáj alapját képviselő harmadidőszaki kőzetek Ny-ról K felé egyre fiatalodnak és egyre magasabb orográfiai helyzetben található meg: a Duna mai medre közelében oligocén, miocén képződmények – ka-

vics, homok, agyag, mészkő, tufa –, ettől távolodva pannóniai homokos és agyagos üledékek következnek. Ezek a képződmények párhuzamosan futó ÉNy–DK irányú törésvonal-rendszerrel tömbökre tagolódtak, az Alföld felé haladva a pleisztocénban egyre nagyobb mértékben süllyedtek (MAROSI S.–SOMOGYI S. 1990). A Pesti-síkság É-i részén a teraszok jól meghatározható, orográfiaileg különböző szintekben helyezkednek el. A szintkülönbség D felé haladva fokozatosan csökken, a teraszok lealacsonyodnak és az idősebbeket a fiatalabbak fokozatosan elfedik, betakarják.

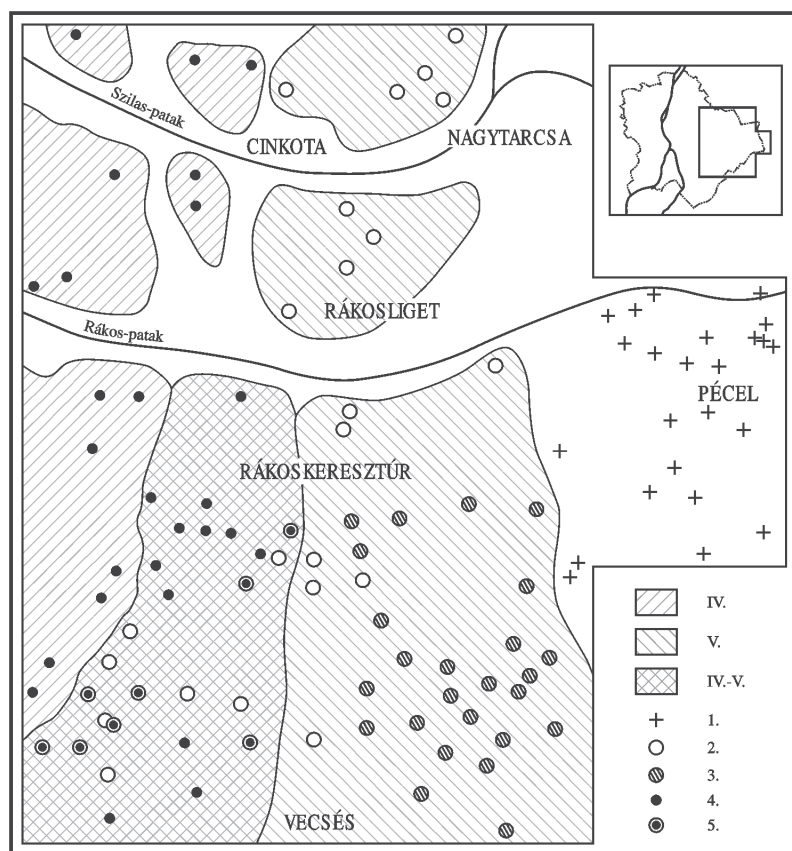
A terület homokos-kavicsos képződményei közül csak a vizsgálatok szempontjából fontos képződményeket ismertetem: a Pesti-síkságot K-ről határoló dombvidéket a pliocén eleji (rusciniumi faunaszakasz) ún. „Gödöllői homok” építi fel, amely dús csillámtartalmú, gyengén koptatott, helyenként kavicszinórokat is tartalmazó keresztretegzett homokösszlet. Felső részén a mélyebben fekvő névadó homoküledékekhez képest már jelentősen finomabb összetételű, kevés finomszemcsés homokot tartalmazó agyagos, kőzetlisztes „tarka agyag” jellegű képződmények kerülnek előtérbe.

A Pesti-síkság ÉK-i pereménél, D felé szélesedő zónában agyagos–homokos pannóniai üledékekre alsó-középső pliocén gerinces faunát tartalmazó (JASKÓ S.–KORDOS L. 1990) kavicsképződmény települ (*1. ábra*). Az V. számú terasz kavics teste a fekü mélyebbre kerülésével párhuzamosan D felé vastagszik, negyedidőszaki üledékekkel fedve húzódik tovább az Alföld süllyedéke felé. Ny felé határa tisztázatlan, K felé kiékelődik és idősebb képződményekkel érintkezik. A kavicsképződmény szemcseeloszlási vizsgálatok segítségével az alábbi üledékcsoportokra tagolható (SZABÓNÉ DRUBINA M. 1977, 1981; BURJÁN B. 2002):

1. A Szilas-pataktól É-ra lévő, morfológiailag magasabban, rétegtanilag mélyebben fekvő Kistarcsa, Mogyoród környéki üledékek durvább összetevői döntően 12–16 mm közötti nagyon jól osztályozott aprókavicsból állnak, a finomszemű és a durvakavics teljesen hiányzik. A kavicsok közvetlen fedőjében, D felé egyre vastagodva és részben közberétegződően, mészkonkréciós bentonitos agyag található.

2. A Szilas-pataktól D-re a bentonitos agyag alatt, az alsó kavicsszintben levő területekhez képest az üledék osztályozottsága romlik. Az aprókavicsok aránya csökken, a domináns kavicsméret ugyanakkor a 24–48 mm intervallumra tevődik át, sőt a 100 mm körüli durvakavics sem ritka. A Szilas-pataktól É-ra lévő mintákhoz hasonlóan a szemcseeloszlás második maximuma a közép- és finomszemcsés homoknál jelentkezik, de feltűnő a durvaszemcsés homok (0,5–2 mm) aránya.

3. Ferihegynél a bentonitos agyagokra kavicsos homok települ, majd ettől D-re Ferihegy, ill. Vecsés körzetében a bentonitos és a durvatörmelékes üledékek sűrűn váltakoznak, az üledékek „szétseprűződnek” (MOLNÁR P. 1995). A bentonitos agyag a Gödöllői-dombság Ny-i peremén már 180 m körüli szintben jelentkezik, Ferihegy K-i dombvidékén vele azonos szintben, vagy rátelepülve vörösayag is előfordul. A morfológiai alapon szintén az V. teraszhoz sorolt kavicsok móduszainak osztályozottsága hasonlóan a bentonittal fedett kavicsösszletéhez rossz, annál kissé finomabbak a kavicsok (a domináns szemcsenagyság 8–22 mm), a durvakavics teljesen hiányzik. A mintákban szembeszökő a finom- és közészemcsés homok mennyisége, a durvaszemcsés



1. ábra. Idős folyóvízi (IV., V.) teraszok elterjedésének vázlata (PÉCSI M. 1959 után) és a felhasznált nehézsóvíz-minták helye. – 1 = a „Gödöllői homok” mintái; 2 = a V. terasz alsó csoportjának mintái; 3 = az V. terasz felső csoportjának mintái; 4 = a IV. terasz mintái; 5 = a IV. és V. terasz mintái

Sketch map of the old alluvial terraces (IV., V.) (after PÉCSI, M. 1959) showing the sites sampled for heavy minerals. – 1 = samples of „Gödöllői Sand”; 2 = samples of lower group of terrace V.; 3 = samples of upper group of terrace V.; 4 = samples of terraces IV.; 5 = samples of terraces IV. and V.

homok teljes hiányával. A homokrétegek oldalirányban 20–60 m-en át követhetők, különösen a finomabb szeműek lencsések, gyengén ferde- és keresztarégettek.

A IV. terasz üledékei É-on Csömörnél jelentkeznek először, majd fokozatosan egyre alacsonyodva Árpádföld, Sashalom, Mátyásföld, Kőbánya, Pestszentlőrinc, Pestszentimre, Gyál, ill. Rákoskeresztúr, Vecsés vonalában kisebb kavicsstakaró-foszlányok formájában található meg. Aljzata É-on változatos összetételű: Csömör, Cinkota körzetében felsőoligocén korú homokra, az Egyházasgergei Formációhoz kapcsolható kárpáti korú homokos kavicsra települ, Rákoskeresztúr környékén kárpáti korú riolittufa és felsőpannoniai finomszemcsés üledékeket borít lefelszerű, néhány dm vastagságú rétegben. Budapest D-i részén, Pestlőrinc térségében fokozatosan elfedi az V. terasz alsó, bentonitos agyaggal tartart üledékcsoportját, ill. az itt foltokban előforduló bentonitos agyagot. Feküje legnagyobb részét az V. terasz üledéktömege. Jelentős százalékban előfordulnak benne 100 mm-nél is nagyobb görgetegyek és ártéri fi-

nomiszapok is. Az V. terasz Szilas-pataktól D-re lévő anyagához hasonlóan a kavicsok domináns szemcsemérete 24–48 mm, a minták közép- és finomszemcsés homok tartalma magas. Az üledékszemcsék modális gyakoriságában azonban lényeges eltérés tapasztalható: változatos anyagú, nem ritkán m-es görgetegek is vannak ebben a szintben, és egyedül ennek a terasznak az üledékei közt fordul elő jelentős arányban finomszemű kavics. A IV. terasz felkavicsolódása az ebbe a szintbe sorolható budai Várhegyet fedő mészkő faunamaradványai alapján Mindel glaciális korú.

A vizsgálati módszer leírása

A hazai folyóvízi üledékekkel foglalkozó mikromineralógiai irodalom igen gazdag (VENDL A. 1915; PÉCSI M. 1959; MOLNÁR B. 1959, 1964, 1966, 1969; HAJDÚNÉ MOLNÁR K. 1968; GEDEONNÉ RAJETZKY M. 1973; SZABÓNÉ DRUBINA M. 1981; MIKE K. 1991; GYURICZA GY. 1994; CSAPÓ L. 1998; THAMÓNÉ BOZSÓ E.–KERCSMÁR Zs. 2000) a budapesti dunai teraszüledékeket ilyen szempontból ugyanakkor a két évtized óta nem vizsgálták. A terület földtani felépítését taglaló munkák között meghatározó fontosságú a hetvenes években a MÁFI-ban Budapestről készített, 1:10 000 ma. építésföldtani térképsorozat és a hozzá tartozó összefoglaló földtani magyarázó. Ez a területet érintő szerkezetkutató-, nyersanyagkutató-, vízkutató- és kifejezetten építésföldtani térképező fúrások adatainak felhasználásával 28 térképszelvényen minden korábbinál részletesebben ismerteti Budapest geológiai viszonyait, bár a feldolgozás során a geológusok között sem alakult ki mindig egységes álláspont egy-egy vitás kérdést illetően.

A térképezés Országos Földtani és Geofizikai Adattárban megtalálható dokumentumai, alapadat-gyűjteményei pótolhatatlan információtömeget biztosítanak főként petrográfiai tekintetben. A jelen munkában feldolgozott nehézasvány-vizsgálati adatok is innen származnak, az ásványtani értékelés tehát az irodalomban fellelhető korábbi mikromineralógiai vizsgálati adatok felhasználásával készült. Innen került ki az a 217 db nehézasvány-minta, amelyet az összehasonlító vizsgálatokra felhasználhattam: a Gödöllői homokból 29, az V. terasz bentonit alatti részéből 72, bentonit feletti részéből 58, a IV. teraszhoz tartozó üledékek közül szintén 58 nehézasvány-minta állt rendelkezésre (*1. ábra*).

Az adatfeldolgozás nagyban megkönnyítette, hogy a vizsgálatokat az 1970-es években teljes egészében a MÁFI laboratóriumaiban végezték, így érvényesülhet az egységes mintaválasztás feltétele. Mivel a nehézasványok a kőzet finomabb frakcióiban dúsulnak, az üledékek különböző nehézasvány-fajtáinak teljes spektruma a 0,1–0,2 mm-es frakcióban található. Az itt megállapítható mennyiségi arányok csak akkor jellemzik a teljes kőzetet, ha a törmelékszemcsék méreteloszlásának maximuma erre a szemcsetartományra esik (MOLNÁR B. 1969). A téves következtetések elkerülése céljából meg kellett vizsgálni az egy rétegtani egységhez tartozó aprókavicsos-homokos minták móduszainak gyakorisági eloszlását. Kitéünk, hogy a felhasznált adatok alkalmasak az adott minták nehézasvány-eloszlásának összehasonlítására, mivel kiszámítva a különböző képződményekben a homokfrakció móduszainak gyakorisági maximumait, az a fenti tar-

tomány közelébe esik. Emellett a nehézasványok különböző szemcseméretekben való dúsulásának csak kisebb vízfolyások által szállított, igen változatos összetételű lepusztulási területekről származó, még át nem halmozott üledékminták ásványspektrumainak összehasonlításakor van nagyobb fontossága, a Kárpát-medencei többszörösen áthalmazott dunai származású üledékek esetében ennek kisebb a jelentősége.

A domináns nehézasványok részarányának megállapításához LUDWIG, G. (1955) legalább 100, MOLNÁR B. (1959) legalább 150, a teljes nehézasvány-spektrum elkészítéséhez pedig minimum 300 szemcse azonosítását tartja szükségesnek. A rendelkezésre álló mintákban 100–100 nehézasvány-szemcse határozása történt meg, ezért a szükséges statisztikai pontosság a vizsgálati minták számának növelésével volt biztosítható. Az összehasonlító vizsgálatok során ugyanis inkább a domináns nehézasványok egymáshoz viszonyított részarányának, mintsem a teljes spektrumnak van nagyobb jelentősége, lévén 1–1 mintára jellemzőnek – különösen a dunai üledékek esetében – alig néhány ásványcsoport tekinthető (GYURICZA GY. szóbeli közlése). Homokos-aprókavicsos üledékekben csak 7 nehézasvány (cirkon, turmalin, apatit, gránát, staurolit, epidot, rutil) fordul mindig elő, ezek egyben a legellenállóbbak is (CSAPÓ L. 1998). Emellett pedig nem egy-egy mintának, hanem a több mintával jellemezhető rétegtani egységeknek az összehasonlítása volt a kitűzött cél.

A könnyebb áttekinthetőség érdekében – lényegi információvesztés nélkül –, néhány ásvány genetikai alapon összevonható volt nagyobb egységekbe. Így került egy csoportba a magnetit és az ilmenit, az epidot, zoizit és a klinozoizit, a hipersztén és a bronzit, a klorit és a kloritoid, a rutil és a brookit. A metamorf amfibol csoport a kék-, zöldamfibol, a tremolit, aktinolit ásványokat, a magmás amfibol csoport a barna-, és oxiamfibol ásványokat foglalja össze (BOENIGK, W.C. 1983).

A kiértékelésnél fontos szempont, hogy a határozási hiba kiküszöbölése céljából azok a százalékos értékek tekintendők szignifikáns különbözőségnek, amelyek az adott nehézasvány százalékos előfordulásához képest 10%-nál nagyobb eltérésként mutatkoznak. Az összehasonlítás során nem kizárólag az adott ásvány előfordulási arányait, hanem a vizsgálatok során az egyéb ásványfajtákhoz viszonyított relatív arányát is figyelembe kell venni (ZIMMERLE, W. 1973; PETERSON, C.D.–KOMAR, P. D.–SCHEIDEGGER, K.F. 1986; DILL, H.G. 1989, 1998).

Elsősorban a területre vonatkozó rétegtani adatokra támaszkodva – ami a szerkezetkutató, építésföldtani térképező, építőipari nyersanyagkutató, vízföldtani céllal mélyített fúrások dokumentációinak előzetes feldolgozását jelentette –, másrészt a felszíni morfológiai viszonyok figyelembevételével a nehézasvány-minták mindegyike valamely teraszanyaghoz viszonylag könnyen hozzárendelhető volt. E mintacsoportok különállóságát, vagy összetartozását voltak hívatva igazolni a nehézasványok statisztikai megoszlására vonatkozó vizsgálatok abból kiindulva, hogy akkor tekinthetők a minták ugyanazon folyó üledékének, ha ásványtani összetételük hasonló.

A kiértékelés a nagy mintaszám és a változatos anyagi összetétel miatt nehéz feladat, ezért az induktív megközelítés érdekében, a vizsgálati eredmények pontosítása céljából clusteranalízist is alkalmaztam. Néhány esetben ez a módszer hoz-

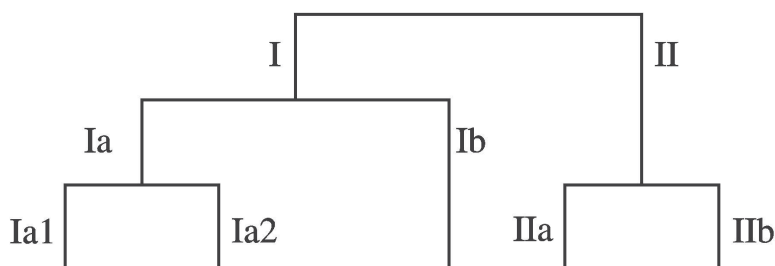
zárult egy-egy vitathatóan besorolható minta helyes értelmezéséhez, az előzetes mintabesorolás alapján elkészített táblázatok, ill. diagramok korrigálásához. Ez az eljárás az összes minta összes nehézásványának százalékos értékét egyidejűleg figyelembe véve a matematikai-statisztika segítségével alkot csoportokat a minták között a hasonlóságuk alapján, megmutatva a hasonlóság mértékét is. A clusteranalízis az SPSS for Windows 10.0 program segítségével, a súlyozott euklideszi távolságok alapján, a súlyozott átlag felhasználásával készült el.

A vizsgálati eredmények

A nehézásványok összetétele alapján készült clusteranalízis szerint a minták két fő csoportot, azokon belül pedig 5 alcsoportot alkotnak (2. ábra). Az alcsoportokon belül ugyan további alcsoportok is kijelölhetők voltak, de ezek a vizsgálati cél szempontjából csekély többletinformációt nyújtanak, ezért bemutatásuk elhagyható.

Az első főcsoportban (I) az epidot-zoizit-klinozoizit uralkodó szerepe mellett, a gránátok, a magnetit-ilmenit a metamorf amfibolok, a klorit-kloritoid ásványok magas aránya jellemző (1. táblázat). E főcsoporton belül két alcsoport különíthető el: az egyikben (Ia) az uralkodó epidot-zoizit-klinozoizit után a gránátok, a magnetit-ilmenit és a metamorf amfibolok magas részeseése jellegzetes. Az Ia alcsoport fő- és mellékásványai gyakorisági sorrendjükben és egymáshoz viszonyított arányaikban szinte teljesen azonosak az V. terasz bentonitos agyagot fedő, felső képződményéhez sorolható mintákban előforduló ásványokkal, lévén ezt az alcsoportot kivétel nélkül azok a minták alkotják, amelyek ezt megelőzően a fúrásszelvények elemzése kapcsán, ehhez a képződményhez voltak rendelhetőek.

Ezen az alcsoporton belül még két kisebb csoport volt megkülönböztethető: az Ia1 és az Ia2 csoport. Közöttük a különbség annyiban mutatható ki, hogy az epidot-zoizit-klinozoizit mögött az előbbiben a gránátoknak van nagyobb jelentősége, az utóbbiban a magnetit-ilmenit és a gránátok aránya közel egyforma.



2. ábra. Budapesti idős teraszanyagok mintáinak csoportosítása törmelékes nehézásványi összetételük alapján készült clusteranalízis segítségével

Classification of old terrace materials based on cluster analyses of the detrital heavy mineral composition of samples from Budapest

1. táblázat. A budapesti idős teraszanyagok cluster csoportjainak átlagos nehézasványos összetétele a gyakoriság függvényében

Nhézasványok gyakorisági sorrendje	db %	Nhézasványok gyakorisági sorrendje	db %	Nhézasványok gyakorisági sorrendje	db %	Nhézasványok gyakorisági sorrendje	db %	Nhézasványok gyakorisági sorrendje	db %
Ia1		Ia2		Ib		Ia		Ib	
epidot/zoizit/klinozoit	34,3	epidot/zoizit/klinozoit	45,8	epidot/zoizit/klinozoit	72,3	gránát	26,9	gránát	39,3
gránát	24,4	magnetit/ilmenit	16,3	gránát	6,9	bontott anyag	17,1	epidot/zoizit/klinozoit	15,2
magnetit/ilmenit	10,7	gránát	14,7	bontott anyag	5,7	limonit	14,2	magnetit/ilmenit	13,6
metamorf amfibol	6,4	metamorf amfibol	5,1	klorit/kloritoid	3,8	epidot/zoizit/klinozoit	10,0	metamorf amfibol	8,9
klorit/kloritoid	5,1	disztén	3,7	metamorf amfibol	2,9	metamorf amfibol	9,5	klorit/kloritoid	4,5
disztén	3,8	bontott anyag	3,0	disztén	2,7	muszkovit	5,1	magmás amfibol	2,5
limonit	3,2	klorit/kloritoid	2,9	magnetit/ilmenit	2,2	klorit/kloritoid	4,0	disztén	2,3
szillimanit	2,3	szillimanit	2,1	turmalin	1,3	disztén	3,1	hipersztén/bronzit	2,0
turmalin	1,9	turmalin	1,9	hipersztén/bronzit	0,8	hipersztén/bronzit	3,1	turmalin	1,7
muszkovit	1,5	rutil/brookit	1,1	szillimanit	0,7	turmalin	2,7	szillimanit	1,6
bontott anyag	1,4	limonit	0,9	biotit	0,5	magmás amfibol	0,9	limonit	1,5
rutil/brookit	1,1	cirkon	0,6	limonit	0,4	cirkon	0,9	rutil/brookit	1,3
magmás amfibol	0,7	augit	0,4	rutil/brookit	0,1	rutil/brookit	0,9	hornblende	1,0
hornblende	0,7	hipersztén/bronzit	0,3	leukoxén	0,1	magnetit/ilmenit	0,7	biotit	0,9
augit	0,5	magmás amfibol	0,2	cirkon	0,1	szillimanit	0,6	cirkon	0,8
biotit	0,5	muszkovit	0,2	magmás amfibol	0,1	piemontit	0,1	augit	0,7
hipersztén/bronzit	0,5	titanit	0,2	muszkovit	0,1	augit	0,1	leukoxén	0,5
cirkon	0,4	biotit	0,1	piemontit	0,1	biotit	0,1	bontott anyag	0,4
leukoxén	0,2	leukoxén	0,1	hornblende	0,0	titanit	0,1	muszkovit	0,4
hematit	0,2	piemontit	0,0	augit	0,0	hornblende	0,0	titanit	0,2
piemontit	0,1	karbonát	0,0	staurolit	0,0	staurolit	0,0	staurolit	0,2
titanit	0,1	hornblende	0,0	apatit	0,0	apatit	0,0	pirit	0,2
apatit	0,0	staurolit	0,0	hematit	0,0	leukoxén	0,0	piemontit	0,1
staurolit	0,0	apatit	0,0	titanit	0,0	hematit	0,0	apatit	0,1
pirit	0,0	hematit	0,0	pirit	0,0	pirit	0,0	karbonát	0,1
karbonát	0,0	pirit	0,0	karbonát	0,0	karbonát	0,0	hematit	0,1

Az Ia2 csoportban a metamorf amfibolok, a klorit-kloritoid, a magmás amfibolok, a hipersztén-bronzit, a muszkovit, biotit szerepe kisebb. Mindkét csoportban közel azonos a turmalin, a disztén és a szillimanit aránya, a staurolit pedig mindkettőből hiányzik.

Az első főcsoport másik alcsoportjában (Ib) a homokok epidot-zoizit-klinozoizit tartalma kiemelkedő. Ezek a minták feltűnően jól egyeztethetők voltak a „Gödöllői homok” előzetesen kialakított csoportjához, ezt igazolta a magas bontott anyag-tartalom, a gránátok, a klorit-kloritoid, a metamorf amfibol, a magnetit-ilmenit és disztén nagy jelentősége a mintában. Staurolitot ennek az alcsoportnak a mintái sem tartalmaztak.

A második főcsoport (II) homokjaira a gránátok kiugró aránya mellett az epidot-zoizit-klinozoizit viszonylagos háttérbe szorulása jellemző. A metamorf eredetű ásványcsoportok mellett – amely a többi vizsgált képződményhez viszonyítva magasabb százalékos arányú, – jellegzetes a magmás eredetű komponensek: a magmás amfibolok, az augit, a hipersztén-bronzit eddigieknél jelentősen nagyobb részesedése.

A IIa alcsoportba kizárólag a IV. teraszhoz tartozó minták kerültek, ezeknek a mintáknak a limonit- és a bontottásvány-tartalma rendkívül magas, a nehézasvány-spektrum harmadát e két csoport teszi ki.

Az alcsoport nehézasványainak összetétele egyébként a jelentősebb részesedésű ásványcsoportokat vizsgálva a magasabb muszkovit-, és az alacsonyabb magmás amfibol-tartalmat leszámítva a IIb alcsoport mintáinak összetételéhez közelít, annál azonban jóval kevesebb ásványcsoportot tartalmaz.

A IIb alcsoporton belül átlagosan a gránát a minták csaknem 40%-át alkotja, az epidot-zoizit-klinozoizit és a magnetit-ilmenit részesedése ennél jóval szerényebb, közel egyforma arányú. Az alcsoport nehézasványos összetételének további részletezése azért nem célszerű, mert a cluster analízis az V. terasz alsó képződményéhez és a IV. teraszhoz besorolható mintákat a fenti csoportban összevontan kezeli.

Megállapítható tehát, hogy a két teraszanyag között fennálló nagyfokú ásványtani hasonlóság miatt e két üledéktest további szétválasztására ez a módszer önmagában nem elegendő, a két terasztest szétválasztásához nem nyújt elégséges információt. Érdekes tény emellett, hogy a cluster csoportok számából nem lehetett a területen előforduló teraszok számára következtetni.

A rendelkezésre álló nehézasvány-mintákat a terület vizsgált 4 durvatörmelekes képződménye (a „Gödöllői homok”-nak a területre eső része, az V. terasz két üledékösszlete, valamint a IV. terasz üledékei) valamelyikéhez besorolva – a clusteranalízis segítségével néhány esetben korrigálva is az előzetes beosztást –, az így kialakított mintacsoportok nehézasvány-eloszlása a következőképpen jellemezhető (2. táblázat).

A „Gödöllői homok” epidot-zoizit-klinozoizit tartalma kimagasló, a mintatömeg átlagos nehézasvány-összetételének a felét ez teszi ki. Sokkal kisebb a gránátok szerepe, emellett a magnetit-ilmenit, klorit-kloritoid, biotit, a metamorf amfibolok, a disztén képvisel jelentősebb arányt.

2. táblázat. A budapesti idős teraszanyagok mintáinak átlagos nehézásványos összetétele a gyakoriság függvényében

Nehézásványok gyakorisági sorrendje	db/%	Nehézásványok gyakorisági sorrendje	db/%	Nehézásványok gyakorisági sorrendje	db/%	Nehézásványok gyakorisági sorrendje	db/%
„Gödöllői homok”		V. terasz alsó üledékcsoportja		V. terasz felső üledékcsoportja		IV. terasz	
epidot/zoizit/klinozoizit	50,1	gránát	30,9	epidot/zoizit/klino	30,3	gránát	37,5
gránát	18,5	epidot/zoizit/klino	20,9	gránát	28,0	epidot/zoizit/klino	12,1
bontott anyag	9,1	magnetit/ilmenit	11,6	magnetit/ilmenit	15,4	metamorf amfibol	10,7
magnetit/ilmenit	6,3	metamorf amfibol	7,1	metamorf amfibol	8,4	magnetit/ilmenit	10,2
klorit/kloritoid	3,8	limonit	6,0	klorit/kloritoid	3,3	klorit/kloritoid	5,4
biotit	3,0	klorit/kloritoid	5,7	disztén	2,8	bontott anyag	3,6
metamorf amfibol	2,6	disztén	2,9	szillimanit	2,0	magmás amfibol	3,5
disztén	2,5	szillimanit	1,8	muszkovit	1,9	hipersztén/bronzit	3,2
hipersztén/bronzit	1,4	hipersztén/bronzit	1,8	limonit	1,8	disztén	2,6
szillimanit	1,0	hornblende	1,7	turmalin	1,8	turmalin	1,9
turmalin	0,9	turmalin	1,6	magmás amfibol	1,0	szillimanit	1,6
rutil/brookit	0,4	magmás amfibol	1,3	hipersztén/bronzit	0,9	augit	1,4
muszkovit	0,2	bontott anyag	1,3	rutil/brookit	0,9	rutil/brookit	1,3
magmás amfibol	0,1	rutil/brookit	1,2	cirkon	0,5	muszkovit	1,2
cirkon	0,1	augit	1,2	leukoxén	0,2	biotit	0,9
titanit	0,1	muszkovit	0,9	biotit	0,2	cirkon	0,8
piemontit	0,0	biotit	0,8	augit	0,2	limonit	0,5
hornblende	0,0	cirkon	0,7	titanit	0,2	leukoxén	0,4
augit	0,0	leukoxén	0,3	bontott anyag	0,2	hornblende	0,4
staurolit	0,0	pirit	0,2	piemontit	0,1	hematit	0,3
apatit	0,0	titanit	0,1	staurolit	0,0	staurolit	0,2
leukoxén	0,0	piemontit	0,1	apatit	0,0	titanit	0,2
hematit	0,0	staurolit	0,1	hematit	0,0	pirit	0,1
limonit	0,0	karbonát	0,1	karbonát	0,0	piemontit	0,1
pirit	0,0	apatit	0,0	hornblende	0,0	apatit	0,1
karbonát	0,0	hematit	0,0	pirit	0,0	karbonát	0,0

Teljesen hiányzik többek között a piemontit, a hornblende, az augit és a dunai behordási területtel általában kapcsolatba hozható staurolit (PÉCSI M. 1959; CSAPÓ L. 1998). A képződmény ZTR-indexe (a cirkon + turmalin + rutil ásványok aránya 100 nehézásványhoz viszonyítva (HUBERT, J.F. 1962) a vizsgált képződmények között a legalacsonyabb (1,4), a kizárólag magmás eredetű összetevők (maggmás amfibolok + hipersztén-bronzit + augit) aránya alig 1,5%. 9,1%-kal elég magas a bontott szemcsék aránya – a bontott szemcse kifejezés kényszerkategória (GYURICZA Gy. 1994), általában földpát, gránát, epidot, egyéb szilikátok közelebről meg nem határozható mállástermékei (CSAPÓ L. 1998) –, amely a limonittartalommal együtt a mállás fokát rögzíti (DILL, H.G. 1989, 1995).

Az V. terasz alsó rétegcsoportjában a legnagyobb mennyiségben a gránát fordul elő, emellett szembetűnő a „Gödöllői homok” üledékeihez, de az V. terasz felső képződményhez képest is jelentősen kevesebb epidot-zoizit-klinozoizit tartalom. Ezeket a mintákat a magnetit-ilmenit, a metamorf amfibolok, a klorit-kloritoid és a disztén ásványok-ásványcsoportok uralkodó szerepe jellemzi.

Mind a képződmény ZTR-indexe, közepes-, nagyfokú metamorf eredetű nehézásványainak aránya, mind a magmás eredetű összetevők aránya a „Gödöllői homok” üledékeihez viszonyítva jóval nagyobb. Közel 6%-os arányával kiugró a limonit ásványok jelenléte az összletben.

Az V. terasz bentonitos agyagot fedő rétegcsoportja a nehézásványok eloszlását illetően a következőképpen jellemezhető: az epidot-zoizit-klinozoizit és a gránátok ásványcsoport aránya közel egyforma (30,3 %, ill. 28%), emellett a 2% feletti előfordulási arányú ásványok (magnetit-ilmenit, metamorf amfibolok, klorit-kloritoid, disztén, szillimanit, kivéve a limonitot) azonosak az V. terasz alsó üledékcsoportjának hasonló gyakoriságú ásványaival.

A ZTR index az előző üledékcsoporttal közel azonos (3,1). A kizárólag magmás eredetű összetevők aránya alig 2,3%, a hipersztén-bronzit, augit, magmás amfibolok aránya a vizsgált képződmények között itt a legalacsonyabb.

A IV. terasz mintái esetében a gránátok aránya kiemelkedő, az epidot-zoizit-klinozoizit részesedése a vizsgált képződmények között itt a legalacsonyabb. Az üledékcsoporton belül növekszik a helyenként a fekéjében elhelyezkedő bentonitos agyaggal fedett pliocén kavicsösszlethez képest az igen ellenálló cirkon, a turmalin és a rutil aránya – a képződménycsoport ZTR-indexe (4,0) a legnagyobb –, ugyanakkor a magmás eredetű komponensek részesedése is számottevően nagyobb. A közepes vagy nagymértékben lepusztult kőzetfajtákból álló lepusztulási területről származtatható nehézásványok aránya a vizsgálat során tanulmányozott képződmények között itt a legmagasabb, csakúgy, mint a staurolit, vagy általában a metamorf amfibolok aránya.

Következtetések

A nehézásvány-spektrum segítségével bizonyítható a közeli rokonság az V. terasz bentonitos agyaggal elválasztott alsó, és az említett agyagot fedő, felső

üledékösszlete között. A kevésbé ellenálló piroxének, a magmás amfiboloknak az V. terasz alsó üledékeihez viszonyított kisebb aránya ellenére, a fő- és mellékásványok gyakorisági sorrendjében és egymáshoz viszonyított arányaiban is jelentős a hasonlóság a két üledékcsoport között. Ezt mind a clusteranalízis, mind a területet harántoló építésföldtani-térképező fúrások alapján kijelölhető mintacsoportok nehézasvány spektrumának vizsgálata alátámasztja.

A két képződmény nehézasványos összetétele azonban nem azonos, utóbbiban egyértelműen kimutatható az epidot-zoizit-klinozoizit igen jelentős aránynövekedése. A morfológiailag az V. teraszhoz tartozó, Ferihegy, Vecsés, Ecsér környékén megjelenő, erősen homokos összletnek kialakulásával kapcsolatban korábban már felmerült, hogy esetleg áthalmazással keletkezhetett az idősebb, É-abbi kavicsokból, ill. anyaga részben a Gödöllői-dombságot alkotó homokanyagból is származtatható (SCHAREK P. 1974). A nehézasvány-vizsgálatok is azt az elképzelést támogatják, hogy jelen esetben az V. terasz anyagának fő tömegét kitevő alsó üledékcsoport helyben áthalmazott, de legalábbis nagyobb szállítást nem szenvedett üledékeiről van szó (a két összlet ZTR-indexe nem tér el jelentősen). A magas epidot-tartalom kétséget kizáróan a környező dombvidéket alkotó „Gödöllői homok” anyagának az V. terasz felső, uralkodóan homokos üledékeibe való áthalmazásának a dokumentuma.

A clusteranalízis segítségével is egyértelműen igazolható, hogy az itt lerakódott üledékanyag, a Gödöllői-dombság epidotban gazdag homokja, sőt a sok helyen lencseszerűen közbetelepülő, helyenként magas gránát, epidot és jelentős magnetit (!), klorit-kloritoid, metamorf amfibol tartalmú homokos, kőzetlisztes betelepüléseket tartalmazó bentonitos rétegek anyaga nagymértékben keveredhetett. Azon túl, hogy a „Gödöllői homok” és a fenti üledékcsoport mintái együttesen az I főcsoportba kerültek, az Ia2 cluster alcsoport mintái feleltethetők meg azoknak az üledékeknek, amelyekben ez a kevert jelleg a legjobban tükröződik. Az Ia2 cluster alcsoport mintáinak térbeli eloszlásában nem mutatható ki szabályosság, az Ia1 alcsoport mintáival vegyesen helyezkednek el.

Ez az üledékcsoport szemcseeloszlási vizsgálatok alapján is biztosan elválasztható a bentonitos agyag alatti, döntően kavicsos lerakódásoktól (BURIÁN B. 2002), morfológiai bizonyítékokkal is alátámasztott tény ezen túl, hogy a területen az egykori potenciális szállítóközegnek tekinthető Ós-Szilas-patak egészen a felsőpleisztocénig a Dunával párhuzamosan ÉNy–DK irányban futott Vecsés felé (LEÉL-ŐSSY S. 1953).

A IV. terasz átlagos nehézasvány-összetétele az V. terasz alsó üledékeihez nagymértékben hasonló – a clusteranalízis segítségével a két mintacsoport között nem is lehetett különbséget tenni –, ami arra utal, hogy üledékanyaguk alapvetően nem különböző lepusztulási területről származik. A vizsgálatok alapján a lehordási területnek a két teraszképződmény kialakulása közötti időben bekövetkezett változására, de nem gyökeres változására lehet következtetni.

A ZTR-index a vizsgált üledékcsoportok között itt a legmagasabb, ez alátámasztja azt az elképzelést, miszerint a fenti teraszanyag kialakulása idején az Ós-Duna az idősebb V. teraszhoz tartozó üledékeket részben elrombolta, anyaga részben

abból származtatható (SZABÓNÉ DRUBINA M. 1981). A IV. terasznak a II clusterfőcsoporton belüli IIa alcsoportbeli, rendkívül magas bontott anyag- és limonit-tartalmú mintái lehetnek ezek az áthalmazott anyagok, amelyeknél megfigyelhető, hogy fekszenek mindig az V. terasz alsó összlete.

Feltűnő ugyanakkor a IV. terasz üledékeiben az epidot mennyiségének háttérbe szorulása. Ez két okra vezethető vissza: jelentősen megemelkedik a gránátok mennyisége, emellett különösen a magmás eredetű nehézásványok előfordulási arányai mutatnak ugrásszerű gyarapodást, ez utóbbi jelenség a lepusztulási terület magmás eredetű kőzeteinek megnövekedett részeseződésére utal a fenti üledékanyagban.

A gránátok növekvő mennyiségét a dunai üledékek között általában az alpi behordódás felerősödésével magyarázzák (PÉCSI M. 1959). Valószínű, hogy a gránátok egy része a bürzsönyi és visegrádi-hegységi gránátos andezitváltozatokból származhat (BOGÁRDI J. 1955), ami tovább erősíti azt a feltételezést, hogy a magmás komponenseknek fokozódott a szerepe a lehordási területen belül. Sajnos, az összehasonlító vizsgálatoknál felhasznált adatok – mikroszondás vizsgálatok híján – összevontan kezelik a gránátok csoportját, a határozások nem terjedtek ki az egyes gránát ásványok fajtáinak, előfordulásuk gyakoriságának vizsgálatára, pedig ezek igen fontos tájékoztatást adhatnának az ősi Duna, Ipoly, Garam fejlődéstörténetére vonatkozóan.

Ettől függetlenül a gránátok aránynövekedése a lepusztulási terület összetételének magmás irányban való eltolódásának feltételezése nélkül is magyarázható: a gránátok nagyobb arányát ugyanolyan összetételű lehordási terület mellett, általában összefüggésbe hozzák a befogadó medence környezetében zajló reliefenergia-növekedéssel, a mállás intenzitásának hűvösebb-szárazabb éghajlaton (Mindel glaciális?) való csökkenésével is (BALOGH K. 1991).

Összefoglalás

Clusteranalízison nyugvó matematikai statisztikai módszer alkalmazásával sikerült bizonyítani a szemcseeloszlási vizsgálatok alapján már igazoltan többosztatú (BURJÁN B. 2002) budapesti V. terasz és a IV. terasz üledékcsoportjainak a nehézásvány-tartalomban is tükröződő eltérő sajátosságait.

Jelen összehasonlító vizsgálatok alapján a Rákosliget, Ferihegy, Vecsés körzetében bentonitos agyag felett települő, ill. D-ebbre bentonitos agyaglencsét tartalmazó, de morfológiailag az V. terasz szintjébe sorolható homokos-kavicsos üledékek nagy valószínűséggel áthalmazással keletkezettek az idősebb É-abbi kavicsokból és a közeli Gödöllői-dombság epidotban gazdagabb keresztrétegzett homokjaiból.

A fenti vizsgálatok alapján az a korábbi feltételezés, hogy a budapesti IV. dunai terasz teljes egészében a helyenként alatta fekvő, É-on morfológiailag magasabb helyzetben lévő V. terasz képződményeiből, a Gödöllői-dombságból lefutó időszakos vízmosások által áttelepített, átmosott lejtőüledék lenne (SZABÓNÉ DRUBINA M. 1981), nem nyert megerősítést.

A nehézasvány-vizsgálatok segítségével igazolhatóan a IV. terasz középső-pleisztocén korú üledéktömege magasabb gránát- és magmás amfibol-, alacsonyabb epidot tartalma révén határozottan elkülönül a helyenként a fekéjében található bentonitos agyaggal fedett pliocén korú teraszanyagtól. A vizsgálatok arra is rámutattak, hogy a két összetételnek hasonló lehordási területe feltételezhető, de a fiatalabb IV. terasz esetében a magmás eredetű komponensek növekvő szerepe vélhetően a börzsönyi-, ill. visegrádi-hegységi irányú behordódás felerősödését jelzi, amiből az üledékek lehordási területének a két teraszképződmény kialakulása közötti időben bekövetkezett, de nem gyökeres változására lehet következtetni.

*

Köszönetemet fejezem ki GYURICZA Györgynek, aki munkámat kezdettől figyelemmel kísérte és hasznos tanácsaival mindvégig irányította. A kézirat egy korábbi változatának lektorálásáért KAISER Miklóst illeti köszönet.

IRODALOM

- BALOGH K. 1991. Szedimentológia II. kötet. – Akadémiai Kiadó, Bp. pp. 137–138.
- BOENIGK, W.C. 1983. Schwermineralanalyse. – Enke, Stuttgart, 158 p.
- BOGÁRDI J. 1955. A hordalékmozgás elmélete. – Akadémiai Kiadó, Bp. pp. 241–243.
- BÓDI B. 1938. A Budapest környéki harmadkori kavicsok közettani vizsgálata, különös tekintettel a levantei kavicsképződményekre. – Földtani Közöny 68. pp. 180–207.
- BURJÁN B. 2002. A Pesti-síkság kavicsos üledékeinek szemcseeloszlási vizsgálata. – Földtani Közöny 132. (különszám) pp. 161–173.
- CHOLNOKY J. 1910. Az Alföld felszíne. – Földr. Közl. 38. pp. 413–436.
- CSAPÓ L. 1998. A kistalföldi és Gerecse-peremi Duna-teraszok nehézasvány vizsgálata. – Földtani Közöny 128. pp. 499–518.
- DILL, H. G. 1989. Facies and provenance analysis of Upper Carboniferous to Lower Permian fan sequences at a convergent plate margin using phyllosilicates, heavy-minerals, and rock fragments Erbendorf Trough, F.R.G. – Sedimentary Geology 61. pp. 95–110.
- DILL, H. G. 1995. Heavy mineral response to the progradation of an alluvial fan: implication concerning unroofing of source area, chemical weathering, and paleo-relief Upper Cretaceous Parkstein fan complex r SE Germany. – Sedimentary Geology 95. pp. 39–56.
- DILL, H. G. 1998. A review of heavy minerals in clastic sediments with case studies from the alluvial-fan through the nearshore-marine environments. – Earth-Science Reviews 45. pp. 103–132.
- ERDÉLYI M. 1967. A Dunavölgy nagyalföldi szakaszának víztározó üledékei. – Hidrológiai Közöny 35. pp. 159–169.
- GEDEONNÉ RAJETZKY M. 1973. Fosszilis folyóvízi üledékek mikromineralógiai spektrumának értelmezése recens hordalékvizsgálatok alapján. – Földtani Közöny 103. pp. 285–293.
- GYURICZA GY. 1994. Mikromineralógiai vizsgálatok Paks térségében. – MÁFI Kézirat. 50 p.
- HAJDÚNÉ MOLNÁR K. 1968. Granulometriai és mikromineralógiai vizsgálatok a pannon korú képződményekben a Mátra- és a Bükkaljáról. – Földtani Kutatás 11. pp. 5–12.
- HUBERT, J. F. 1962. A zircon–tourmaline–rutile maturity index and the interdependence of the composition of heavy-mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstones. – Journal of Sedimentary Petrology 32. pp. 440–450.

- INKEY B. 1894. Pusztaszentlőrinc vidékének talajtérképezése. – MÁFI Évkönyve 10. pp. 45–63.
- JASKÓ S.–KORDOS L. 1990. A Budapest-Adony-Örkény közötti terület kavics formációja. – MÁFI Évi Jelentése 1988-ról. pp. 153–167.
- LEÉL-ŐSSY S. 1953. A Rákosvidék geomorfológiája. – Földr. Ért. 2. pp. 70–82.
- LUDWIG, G. 1955. Neue Ergebnisse der Schwermineral- und Kornanalyse in Oberkarbon und Rotliegenden des südlichen und östlichen Harzvorlandes. – Beihefte zur Geologie 14. pp. 19–34.
- MAROSI S.–SOMOGYI S. (szerk.) 1990. Magyarország kistájainak katasztere I–II. – MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Bp. pp. 33–35.
- MAURITZ B. 1958. Budapest és környékének kőzetei és ásványai. – In: PÉCSI M.–MAROSI S.–SZILÁRD J. (szerk.): Budapest természeti képe. – Akadémiai Kiadó, Bp. pp. 119–135.
- MIKE K. 1991. Magyarország ősvízrajza és felszíni vizeinek története. – Aqua Kiadó, Bp. 698 p.
- MOLNÁR B. 1959. A statisztikus nehézasvány vizsgálat hibalehetőségei. – Földtani Közlöny 89. pp. 294–297.
- MOLNÁR B. 1964. Magyarországi folyók homoküledékeinek nehézasvány összetétel vizsgálata. – Hidrológia Közlöny 44. pp. 347–355.
- MOLNÁR B. 1966. Pliocén és pleisztocén lefordási területváltozások az Alföldön. – Földtani Közlöny 96. pp. 403–413.
- MOLNÁR B. 1969. A szemmagyság és a nehézasvány-összetétel összefüggései. – Földtani Kutatás 12. pp. 8–17.
- MOLNÁR P. 1995: Dunai teraszok – fejlődési modell. – Kézirat, MÁFI Adattár, 14 p.
- PÉCSI M. 1959. A magyarországi Dunavölgy kialakulása és felszínalaktana. – Akadémiai Kiadó, Bp. 345 p.
- PETERSON, C. D. – KOMAR, P. D. – SCHEIDEGGER, K. F. 1986. Distribution, geometry, and origin of heavy mineral placer deposits on Oregon Beaches. – Journal of Sedimentary Petrology 56. pp. 66–77.
- RAINCSÁKNÉ KOSÁRY Zs. 1975. Magyarázó a Budapest Építésföldtani Térképsorozata 1:10 000, Pestlőrinc térképlapjához. – Kézirat, MÁFI Adattár 1460 p.
- SCHAFARZIK F. 1918. A budapesti Duna paleohydrográfiája. – Földtani Közlöny 48. pp. 184–200.
- SCHAREK P. 1974. Magyarázó a Budapest Építésföldtani Térképsorozata 1:10 000, Nagytarcsa térképlapjához. – Kézirat, MÁFI Adattár, 1049 p.
- SZABÓ J. 1858. Pest-Buda környékének földtani leírása. – Természettudományi Pályamunkák 4. Bp. 58 p.
- SZABÓNÉ DRUBINA M. 1977. Magyarázó a Budapest Építésföldtani Térképsorozata 1:10 000, Ferihegy térképlapjához. – Kézirat, MÁFI Adattár 1081 p.
- SZABÓNÉ DRUBINA M. 1981. Budapest építésföldtani térképsorozatának (1:10 000) geológiai magyarázója. – Kézirat, MÁFI Adattár, pp. 195–317.
- THAMÓNÉ BOZSÓ E.–KERCSMÁR Zs. 2000. A Körös-medence negyedidőszaki beszállítási irányainak változása a képződmények ásványi összetétele és a tektonikai háttéresemények alapján. – Földtani Közlöny 130. 4. pp. 647–671.
- VENDL A. 1915. A Csepel sziget homokjáról. – Földtani Közlöny 45. pp. 331–335.
- ZIMMERLE, W. 1973. Fossil heavy mineral concentrations. – Geologische Rundschau 62. pp. 536–548.