

A zavartalan településű és az áthalmazott löszök mágneses szövetének jellemzése mágneses szuszceptibilitás anizotrópia (AMS) mérésekkel

*The magnetic fabric of undisturbed and redeposited loess measured by
anisotropy of magnetic susceptibility (AMS)*

BRADÁK Balázs¹

„...olyan jeleket fog fel, amelyek sok ezer,
tízezer, százezer évvel ezelőtt jöttek létre. A jelek
kibocsátási és felfogási pontja között ezenfelül még
néha száz és száz kilométer távolság is feszül. Az
idő és a távolság bőven gondoskodott arról, hogy a
fennmaradt jelcsonkokat vastagon fehér zajba
pólyálja.”

(VÉRTES, 1969)

(7 ábra, 2 táblázat, 2 függelék)

Tárgyszavak: mágneses szuszceptibilitás anizotrópia (AMS), áthalmazott lösz,
zavartalan településű/típusos lösz, Kárpát-medence, Magyarország

Keywords: anisotropy of magnetic susceptibility (AMS), redeposited loess, undisturbed
loess, Carpathian Basin, Hungary

Extended abstract

101 samples originating from different sites were measured by KLY-1 Kappabridge (Geofizika, Brno). The dull yellow, carbonate-cemented, well-compacted, homogenous (i.e. not layered) samples (55 pieces) of typical loess were collected from Basaharc, Galgahévíz, Hévízgyörk, Isaszeg and Sióagárd. Root cells, fine-grained sand, sandy loess biogallery infill (bioturbation), limonite and manganese concretion (indicating the hydromorph effect or the pedogenesis) were identified in the reworked loess samples (7 pieces) which originated from Dunaszekcső. The typical and well bioturbated loess was collected from loess above Bag tephra. Fine-bedded loess was collected from Vácbotyán and Verőce (25 pieces), pedosediment samples from the bed of Hévízgyörk site (10 pieces) and palaeovalley infill from the Bag outcrop (4 pieces) and defined as redeposited loess.

The magnetic mineral of the pilot samples was determined by isothermal remanent magnetisation (IRM) measurements. The samples were magnetized in fields from 200 mT to 10 000 mT. The normalized IRM curves (IRM/IRM_{max}) showed significant similarities in all of the samples. There were no differences between the redeposited, well-bioturbated and wind blown loess. The dominant phase was the magnetite/maghemite in the magnetic fabric that determinate the magnetic character of samples based on the analysis of the IRM_{3000}/IRM_{max} ratio (0.84–0.89).

The principal susceptibilities (κ_{max} , κ_{int} , κ_{min}) and the foliation (F), lineation (L), degree of anisotropy (P) and ellipsoid shape factor (E) were calculated. The AMS index numbers were elaborated by statistical analysis and by the presentation of principal susceptibilities in the geographical coordinate system on a stereographical projection (GeoOrient free software).

Three methods were applied to distinguish the undisturbed, redeposited and bioturbated loesses. The wind blown, bioturbated and the redeposited loesses were separated clearly by the P values of the samples, the histogram analysis of foliation and lineation, F and L plotting on a diagram, and on the stereographical projection.

A group with a new magnetic fabric character within the “redeposited loess group” was identified. The macroscopically laminated loess samples had the highest average P value (1.024–1.074) and the

¹ELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Természetföldrajzi Tanszék, 1117, Budapest, Pázmány P. sétány 1/c, bradak.b@gmail.com

directions of κ_{\max} and κ_{\min} were arranged in well-separated groups on the stereographical plot. In contrast with these results the P vs. L and P vs. F regression analysis (applied on Chinese Loess samples by LIU et al. 1988) indicated that the sample had not been redeposited. The results of the statistical analysis of the Hungarian laminated loess samples supplemented the results of the redeposited loess from the Chinese Loess Plateau (LIU et al. 1988).

Osszefoglalás

Az áthalmazott, átkevert, illetve a zavartalan településű löszök mágneses szöveti jellegzetességeit 103 darab, a Gödöllői-dombságból, illetve a Duna mentén található löszfeltárásokból származó mintán vizsgáltam.

A mágneses szövetet alkotó (mágneses szuszceptibilitás) ásványok meghatározására telítettségi mágnesezettség (IRM) vizsgálatokat végeztem az egyes feltárásokból származó mintákon. Az elemzések alapján feltételezhető, hogy a minták mágneses szövetének tulajdonságait döntően a könnyen telítődésbe menő ásványok, lösz esetén általában magnetit/maghemit határozzák meg.

A mágneses szövet jellemző főszuszceptibilitások (maximum = κ_{\max} , intermedier = κ_{int} , minimum = κ_{\min}), a foliáció (F), lineáció (L) és az anizotrópia fokának (P) meghatározása után az adatokat statisztikai elemzésekkel és földrajzi koordináta-rendszerben sztereografikus projekción ábrázolva (GeoOrient szoftver) dolgoztam föl.

Az elsődleges (zavartalan településű), illetve másodlagos (áthalmazott, bolygatott) szövetű löszök elkülönítésére három módszerrel tettem próbát. Bár egyik módszer sem volt egyértelműen alkalmazható a mintákon, az áthalmazott, bolygatott és a típusos löszök a különböző módszerekből kiemelt részvizsgálatokkal — F- és L-értékek hisztogramon, a fenti két mutatószám pontdiagramon történő ábrázolásával, a P-értékcsoportok meghatározásával, illetve a főszuszceptibilitás-irányok sztereografikus projekción történő megjelenítésével — elkülöníthetőek voltak.

A vizsgálatok során az áthalmazott löszminták közül egy eddig nem ismertetett AMS-jellegzetességekkel rendelkező csoport volt azonosítható. A finoman rétegzett, nagy P-értékű (1,024–1,074) vácbottyáni és verőcei minták áthalmazottságát a statisztikai elemzések nem támasztották alá, azonban a émax és éint irányainak sztereografikus projekción történő megjelenítése egyértelműen laminált üledékekre jellemző mágneses szövet jellegzetességeit mutatta.

Bevezetés

Az üledékek mágneses szuszceptibilitás anizotrópia vizsgálatának haszna

A kőzetek mágneses szemcséi általában anizotrop mágneses tulajdonságokkal rendelkező kristályok, vagy olyan szemcsék, amelyek lencseszerű, vagy hosszúkás alakjuknál fogva anizotropok. Ennek következtében a kőzetből kivett minta maga is anizotrop tulajdonságokat mutathat. Így pl. az indukált mágnesezettség (I) általában a

$$I = \mu_0 k H$$

relációnak tesz eleget, ahol μ_0 a vákuum permeabilitása ($4\pi \cdot 10^{-7}$), H a mágnesező tér, k pedig a szimmetrikus szuszceptibilitás anizotrópia tenzor.

A k érték azonos indexű elemei a térirányú, vegyes indexű elemei pedig az arra merőleges szuszceptibilitás komponensek. Pozitív szuszceptibilitások esetén az anizotrop szuszceptibilitás tenzor geometriailag ellipszoiddal (magnitúdó ellipszoid) reprezentálható, amelynek főtengelyei a (κ_{\max} , κ_{int} , κ_{\min}) ún. főszuszceptibilitások reciproknégyzetgyökével azonos hosszúságúak. A főszuszceptibilitás irányokat általában földrajzi koordináta rendszerben, sztereografikus projekción ábrázolják. Ha általában üledékekről van szó, az adatok tektonikai koordináta-rendszerben való megjelenítése is fontos lehet. Vízzintes településkor a földrajzi- és tektonikai koordináta-rendszer egyazon.

Nyugodt környezetben, közel vízszintes felszínre történő ülepedés során a szuszceptibilitás ellipszoid κ_{\min} -értékkel jellemzett legrövidebb főtengelyének iránya merőleges az ülepedés síkjára (közel 90°), a *mágneses foliációs sík* pedig egybeesik az ülepedés síkjával. Ha az ásványok lejtőn halmozódnak föl, a fölhalmozódás után átkeverednek, a foliációs sík szöget zár be a vízszintesnek feltételezett ülepedési síkkal. Ennek a meghatározásához különböző kutatók más-más módszereket dolgoztak ki, melyet a későbbiekben ismertetek.

A maximum szuszceptibilitás iránya a mágneses foliációs síkon belül üledékes kőzetek esetén kijelölheti az esetleges szállítási, áthalmazási irányokat (REES 1966).

A mágneses szövetet a mérések eredményeül kapott főszuszceptibilitásokból számolt mérőszámokkal is jellemezhetjük, melyek így, közvetett úton, az üledéket ért folyamatokra utalhatnak. Az alapvető mérőszámok közül az *anizotrópia foka* (P) az anizotrópia mértékét mutatja. A *mágneses lineáció* (L) áramlás hatását (víz, szél) vagy tektonikai deformációt jelez. A *mágneses foliáció* (F) mértékének különbségei pedig visszavezethetők a diagenézis során bekövetkező tömörödéssre, vagy az üledék-felhalmozódást követő átkeverő hatásokra (pl. KENT 1978; LAGROIX & BANERJEE 2002; HUS 2003; TAUXE 2005) (meghatározásuk matematikai alapjait az I. függelék tartalmazza).

A mágneses szuszceptibilitás anizotrópia sokoldalú alkalmazási lehetőségére, köztük a lehetséges szállítási irányok kimutatására, GRAHAM (1954) hívta fel a figyelmet. Az 1960-as években kibontakozó vizsgálatok egyik legfontosabb ágát a REES (1965), FULLER, (1963) és UYEDA et al. (1963) által megalapozott szedimentológiai kutatások jelentették. A negyedikidőszak jellegzetes üledéktípusai közül varv- (GRANAR 1958), tavi- (KODAMA et al. 1985) és barlangi üledékek (ELLWOOD 1984) AMS-elemzését is elvégezték. Az üledékekben, az ülepitő közeg energiájától és a lehetséges lejtőviszonyoktól függően kialakuló mágneses szövet jellemzésére modellkísérleteket végeztek (STACEY 1960; REES 1966; REES & WOODALL 1975; ELLWOOD & HOWARD 1981).

A negyedikidőszak egyik legelterjedtebb képződményén, a löszön csak a nyolcvanas években kezdtek alkalmazni az AMS-módszert (LIU et al. 1988). A mágneses szövet tulajdonságai alapján, az ülepedési irány meghatározása mellett, a szél által szállított, illetve az áthalmazott lösz típusát korrelációs elemzésekkel különítették el.

A kínai löszfeltárások vizsgálata (ZHU et al. 2004) mellett Alaszka középső területén végeztek még átfogó kutatásokat, a lehetséges szélirányok kimutatására (BEGÉT et al. 1990; LAGROIX & BANERJEE 2002). Kurtak és Bachat (Szibéria) típusfeltárásaiban MATASOVA et al. (2001), lengyel és ukrán löszökön pedig NAWROCKI et al. (2006) végzett vizsgálatokat. Az európai és ázsiai feltárások anizotrópia karakterét HUS (2003) vetette össze.

Magyarországon az első lösz/paleotalaj rendszereken végzett próbamérések a módszer alkalmazhatóságát vizsgálták (BRADÁK 2006). A kiválasztott löszrétegtani szintből (bágyi tefra feletti löszpászta) származó minták mágneses szövetének vizsgálata során, a lehetséges szállítási-üledékes irányok meghatározásakor fontos szempont volt az áthalmazódások kimutatása, mely az elsődleges mágneses szövetet teljesen megváltoztatva másodlagos szövetet hoz létre. Ilyenkor az AMS-jellemzőkkel leírható szövet már nem a por esetleges ülepedési irányát, hanem az áthalmazó folyamatok, vagy akár a paleodomborzat jellegzetességeit tárhatja fel.

Áthalmazott vagy nem? – A löszök mágneses szövete

Az elsődleges (nem áthalmazott) és másodlagos (áthalmazott, ill. bioturbációval bolygatott) mágneses szövet elkülönítésére számos módszert dolgoztak ki. A vizsgálatokat változatos üledéktípusokon végezték el a barlangi felhalmozódásoktól kezdve az ár-apály üledékeken át a kísérleti úton ülepített homokdűnéig bezárólag (pl.: GRANAR 1958; KODAMA et al. 1985; ELLWOOD 1984; STACEY 1960; REES 1966; REES & WOODALL 1975; ELLWOOD & HOWARD 1981; LIU et al. 1988; LIU et al. 2005).

ELLWOOD (1984) a bioturbáció mágneses szövetre gyakorolt hatásának vizsgálatokor a foliációs sík és az ülepedési sík viszonyát kifejező V , valamint a q alakfaktor meghatározását (lásd I. függelék) és a főszuszeptibilitások földrajzi koordináta-rendszerben, sztereografikus projekción való ábrázolását tartja szükségesnek. Vizsgálatai alapján az elsődleges mágneses szövet esetén V nagyobb, mint 45° , a q pedig kisebb, mint $0,7$. A másodlagos mágneses szövet megjelenésére, pl. élővilág üledéket átkeverő hatására a κ_{max} és κ_{int} irányainak szórt elhelyezkedése utalhat a sztereografikus projekción.

Kifejezetten löszös üledékek mágneses szövetének jellemzésére dolgoztak ki statisztikai elemzési módszert LIU és munkatársai (1988). A főszuszeptibilitásokból képzett P , F és L értékek összefüggését regressziós elemzésekkel vizsgálták. A P - és F -, illetve a P - és L -értékeket pontdiagramon ábrázolva, a pontokra illesztett egyenes egyenletének ($y = ax + b$) együtthatóit elemezték, és ezek alapján határozták meg az áthalmazott és nem áthalmazott löszök tulajdonságait. A trend-vizsgálatok mellett az F - és L -értékeket hisztogramon, illetve a két mutatószámot együtt pontdiagramon is ábrázolták, melyen szintén jól elkülöníthető volt a két csoport. A különbségek mellett azonban a hasonlóságokra is rávilágítottak: a κ_{min} eltérése az ülepedés síkjától mindkét típus esetén kisebb, mint 15° és a mágneses szövetben a lineáció az uralkodó.

LIU et al. (2005) az ELLWOOD (1984) által is alkalmazott q mellett (elsődleges szövet $q < 0,7$) a κ_{min} irányából határozta meg az elsődleges és másodlagos szövet különbségeit. Ha az üledék vízszintesen települ, az elsődleges mágneses szövet esetén a κ_{min} irányának eltérése a függőlegestől nem lehet nagyobb, mint 25° .

DERBYSHIRE et al. (1988) szerint a ténylegesen szél által ülepített, majd kőzetté vált anyag mágneses szövete izotrop, így bármilyen, a löszök szövetében található anizotrópia utólagos, a felhalmozódást követő folyamatok eredménye.

BEGÉT et al. (1990), LAGROIX & BANERJEE (2002), ZHU (2004) és jelen vizsgálataim alapján mindenképpen létezik valamilyen uralkodó irány a felhalmozódás során, mely anizotropiát teszi az anyagot.

A szél által ülepített poranyagból képződött típusos löszöket számos hatás érheti a felhalmozódás után, ezek pontosabb azonosítása végett, a fent ismertetett elemzések közül (ELLWOOD 1984; LIU et al. 1988; LIU et al. 2005), mindegyik módszerrel vizsgáltam az egyes mintacsoportokat.

Mintavétel és az eredmények feldolgozása

A zavartalan településű és az áthalmazott löszök mágneses szövetének jellemzéséhez kilenc, a Gödöllői-dombság területén és a Duna mentén elhelyezkedő feltárásból vettem mintát (1. ábra). Négy feltárásból — Basaharc, Galgahévíz,

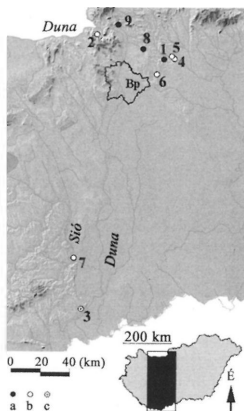
Hévízgyörk 1, Isaszeg, Sióagárd — származnak a „típusos löszként” definiálható minták (55 db). A világossárga-fakó színű, kalcium-karbonáttal cementált anyagban nem volt megfigyelhető az áthalmazódásra utaló rétegződés, illetve az ülepedést követő átkeverő hatást jelző állat- és gyökérvázak sem. E minták löszrétegtanilag jól meghatározható szintből, a bagi tefra feletti löszből származtak.

A másodlagos szövet jellemzésére több, áthalmazásra utaló bélyeget mutató, lösz-szerű üledékből készültek minták. A mintavétel itt már nem minden esetben kötődik a bagi tefra feletti löszpásztához, hiszen az eredeti ülepedés irányát utólagos hatások felülírták. A hévízgyörki feltárás feküjét képező üledék (Hévízgyörk 2, 10 db), finoman rétegzett lösz- és paleotalaj-maradvány sávjaiból felépülő anyaga a paleofelszín egykori lemosására utal. LANGOHR (2006, szóbeli közlés) véleménye szerint a finoman rétegzett anyag egy rövidtávon ható deflációs folyamat által áttelepített üledék felhalmozódása is lehet.

A verőcei feltárás alsó részén különböző tömörségű, porozitású finomszemcsés anyag található. A lösz rétegzettsége mellett számos áthalmazásra utaló jel figyelhető meg a feltárásban. Az áthalmazott löszbe egy, a jelenlegi lejtés irányának megfelelő paleovölgy vágódott be, mely utólagosan talajjal töltődött ki. A több talaj keverékéből álló kitöltés a völgy széle felé kiemelkedik, iránya szintén a jelenlegi lejtéshez kapcsolható. A terület fejlődése során, a területen leülepedő lösz, illetve az azon képződő talajok a különböző tömegmozgások és a Duna-völgy felé lefutó vízfolyások eróziós tevékenységének hatására feltehetőleg hegylábi törmelékként helyeződtek át. A mintavétel során a paleotalaj feküjéül szolgáló, finoman rétegzett löszből vettem mintákat (11 db).

A vácbottyáni feltárás mintái (15 db) a löszfalban megfigyelhető, rétegtanilag pontosan nem azonosított dupla paleotalaj-csoport felett található szintből származnak. Az anyag rétegzettsége mellett a feltárásban megfigyelhető, tömegmozgásra utaló jegyek, illetve a paleotalajok lejtéséből kirajzolódó paleodomborzat is az áthalmazás megjelenését támaszthatják alá.

A felhagyott bagi (csintoványi) téglagyári fejtőt szinte teljesen benötte a növényzet, azonban a bagi tefra felett húzódó löszkőteg egy rövid szakaszon még mintázható volt. KRIVÁN (1965) terepi megfigyelései a tefraszintet a felette húzódó löszköteggel együtt egy dellekitöltés tagjaiként értelmezi. A minták ebből az áthalmazott egységből származnak (4 db).



1. ábra. A vizsgált feltárások elhelyezkedése. 1 = Bag, 2 = Basaharc, 3 = Dunaszekcső, 4 = Galgahévíz, 5 = Hévízgyörk, 6 = Isaszeg, 7 = Sióagárd, 8 = Vácbotyán, 9 = Verőce, a = áthalmazott lösz, b = zavartalan településű lösz, c = átkevert (bioturbált) lösz

Figure 1. Location of the studied profiles. 1 = Bag, 2 = Basaharc, 3 = Dunaszekcső, 4 = Galgahévíz, 5 = Hévízgyörk, 6 = Isaszeg, 7 = Sióagárd, 8 = Vácbotyán, 9 = Verőce, a = redeposited loess, b = undisturbed loess, c = reworked loess (bioturbated)

A dunaszekesői feltárásból származó minták anyagában különböző, szürkés színű finom homokkal, homokos löszsel kitöltött, változatos méretű gyökér-, illetve állatjártatok utalnak a bioturbáció jelenlétére (7 db). Ebben az esetben a másodlagos mágneses szövetet nem az áthalmazás, hanem biológiai bolygatás alakította ki.

A letisztított felületű feltárásokból a mintavétel során egy mintatömböt emeltem ki úgy, hogy a kifaragott tömb felszíne vízszintes felület legyen. A faragványon még a falból való kiemelés előtt feltüntettem az északi irányt. A kiemelt tömbből $2 \times 2 \times 2$ cm oldalélű kockákat faragtam. A kifaragott löszkockákat vízüveg (Na_2SiO_3) hig oldatának beitatásával fixáltam. Az AMS meghatározásakor mintánként összesen tizenöt mérést végeztem el (Jelinek-eljárás in: TAUXE 2005) egy KLY-1 Kappabridge típusú műszerrel (Geofyzika, Brno).

A mérés során kapott adatok számítógépes feldolgozásával állítottam elő az anizotrópia jellemzőit (κ_{max} , κ_{int} , κ_{min} és ezek irányai), továbbá a fősuszceptibilitás-értékekből NAGATA (1961), BALSLEY & BUDDINGTON (1960) és STACEY et al. (1960) számítási módszerével meghatároztam az anizotrópia fokát, a lineációt és a foliációt (lásd II. függelék).

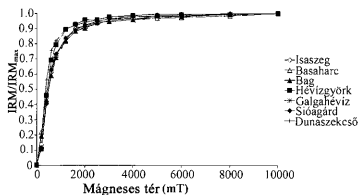
A zavartalan településű, az, áthalmazott, illetve a bioturbációval bolygatott anyag elkülönítését célzó statisztikai elemzések mellett a fősuszceptibilitás-irányokat földrajzi koordináta-rendszerben sztereografikus projekción ábrázoltam.

Egyes feltárásokból származó minták mágneses ásványtani jellemzőinek meghatározására telítési mágnesezettség (IRM) vizsgálatokat végeztem.

A vizsgálatok eredményei

A minták mágneses ásványtani összetétele

A lösz-szerű üledékek és paleotalajok vizsgálata során az elsődleges és másodlagos mágneses szövet mellett, általában a minták mágneses ásványtani összetevőjét is vizsgálják. Az ülepedés során lerakódó ásványok mellett az áthalmazódás, talajképződés során új ásványok jelenhetnek meg, melyek a mágneses szövet tulajdonságait is befolyásolhatják. A mágneses ásványtani jellemzők meghatározására a bagi, basaharci, dunaszekesői, hévízyörki, galgahévízi, isaszegi és sióagárdi mintákon telítési mágnesezettség (IRM) méréseket végeztem. A természetes remanens mágnesezettség (NRM) meghatározása után több lépcsőben a minta z tengely irányában mágneseztem az anyagot (200-tól 10 000 mT-ig) és mértem az IRM-értékeket. Az elemzések alapján feltételezhető, hogy a minták mágneses szövetének tulajdonságait döntően a könnyen telítődésbe menő ásványok (lösz-szerű üledékekben leggyakrabban magnetit/ maghemit) határozzák meg (2. ábra). Az



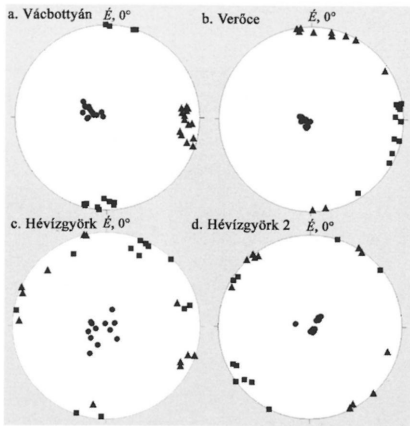
2. ábra. A telítettségi mágnesezettség vizsgálat eredményei

Figure 2. Results of the isothermal remanent magnetization measurements

említett ásványok mellett nem zárható ki egyes kemény ásványok (nehezen telítődésbe menő pl. limonit) jelenléte sem.

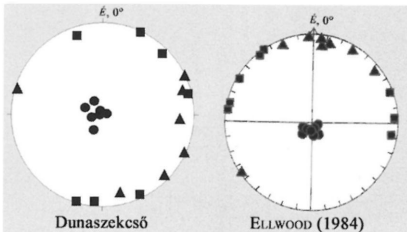
A mágneses szövet elemzése az „Ellwood-módszerrel” (ELLWOOD 1984)

A finoman rétegzett vácbottyáni és verőcei minták esetén (3. ábra, a, b) a κ_{max} és a κ_{int} irányok meghatározott csoportot alkottak, mint ahogy ez ELLWOOD (1984) laminált üledékeinek mágneses szövetén is megfigyelhető. Sztereografikus projekción a szintén áthalmazott Hévízgyörk 2 maximum és intermedier irányai már inkább a szél által ülepített anyaghoz hasonlóak, bár itt is megfigyelhető egy jellegzetes DNy-i κ_{max} -csoport (3. ábra, d). A makroszkóposan egyértelműen áthalmazott üledék mágneses szövetének értelmezése az azonos feltárásból származó, de egyértelműen típusos lösz (Hévízgyörk 1) főszuszeptibilitás-irányainak összehasonlításával lehetséges (3. ábra, c, d). A hévízgyörki fekből származó mintáknál a minimumszuszeptibilitások irányával jellemzett mágneses foliációs sík szinte egységesen az üledés síkjába esik, szemben a Hévízgyörk 1 minták minimumértékeinek szórta elhelyezkedésével. A maximum és intermedier irányok mindkét esetben egy ÉNy-DK irányú tengelyt mutatnak, mely az áthalmazott minták esetén a lejtésirányt, a zavartalan településű minták esetén a domborzat által befolyásolt szélirányt jelezheti. A dunaszekcsői minták főszuszeptibilitásának ábrázolása ELLWOOD (1984) által hasonlóan leírt bioturbáció hatását mutatja. A κ_{max} - és κ_{int} -értékek szórta helyezkednek el, nincsenek elkülöníthető csoportok (4. ábra).



3. ábra. A vácbottyáni (a), verőcei (b), Hévízgyörk 1 (c) és a Hévízgyörk 2 minták (d) ábrázolása földrajzi koordináta-rendszerben sztereografikus projekción. ■ = maximum szuszeptibilitás, ▲ = intermedier szuszeptibilitás, ● = minimum szuszeptibilitás

Fig. 3. Stereographic projection of principal susceptibilities of samples of Vácbotyán (a), Verőce (b), Hévízgyörk 1 (c) and Hévízgyörk 2 (d). ■ = maximum susceptibility, ▲ = intermedier susceptibility, ● = minimum susceptibility



4. ábra. A bioturbációval bolygatott dunaszekcsői és az ELLWOOD (1984) által vizsgált minták főszuszeptibilitás-értékeinek elhelyezkedése sztereografikus projekción

Fig. 4. The stereographical plot of the bioturbated samples from Dunaszekcső and samples of ELLWOOD (1984)

A dunaszekcsői minták főszuszeptibilitásának ábrázolása ELLWOOD (1984) által hasonlóan leírt bioturbáció hatását mutatja. A κ_{max} - és κ_{int} -értékek szórta helyezkednek el, nincsenek elkülöníthető csoportok (4. ábra).

I. táblázat. A különböző elemzési módszerekkel feldolgozott AMS-adatok összefoglalása

Table I. AMS data calculated by different analytical methods

Vizsgált paraméterek		Makroszkóposan nem áthalmazottként azonosított minták					Bioturbáció jelenléte	Makroszkóposan áthalmazottként azonosított minták				
		Basaharc	Galgahévíz	Hévízgyörk ₁	Isaszeg	Sióagárd		Duna-szekcső	Bag	Hévízgyörk ₂	Vác-bottyán	Verőce
ELLWOOD (1984) módszer, $V_{átlag}$ (°)		53,5	68,6	59,2	63,9	52,9	63,3	66,4	68,7	67,5	59,4	
Liu I.-módszer (LIU et al. 1986) $y=ax+b$	P értékek	1,006–1,016	1,008–1,018	1,007–1,015	1,01–1,017	1,0075–1,0215	1,013–1,027	1,016–1,033	1,0117–1,0212	1,0559–1,0748	1,0248–1,0443	
	P - F korreláció	a	0,281	0,258	0,116	0,462	0,046	0,566	-0,117	-0,003	0,679	0,448
		b	0,718	0,744	0,882	0,5416	0,950	0,440	1,111	1,000	0,332	0,558
	P - L korreláció	a	0,725	0,747	0,887	0,5445	0,959	0,445	1,119	1,005	0,691	0,568
		b	0,276	0,252	0,114	0,452	0,045	0,549	-0,113	-0,002	0,299	0,426
r		0,500	0,720	0,197	0,65	0,182	0,927	-0,5	-0,006	0,536	0,781	
Liu II.-módszer (LIU et al. 2005)	q (GRANAR 1958 alapján)	0,461	0,150	0,325	0,228	0,489	0,237	0,209	0,154	0,163	0,304	
	K_{min} irányának eltérése a függőlegestől (°)	14,5	11,3	13,3	21,5	8,5	9,6	11,4	7,9	15,4	7,0	

Szürke háttér: a kapott értékek alapján áthalmazott minta. a, b = a trend egyenletének együtthatói, r = korrelációs együttható, P = anizotrópia foka, F = foliáció, L = lineáció, E = ellipszoid alak

Grey shadow: the applied analytical method indicates redeposition of the sample. a, b = coefficient of the trend equation, r = correlation coefficient, P = degree of anisotropy, F = foliation, L = lineation, E = ellipsoid shape factor

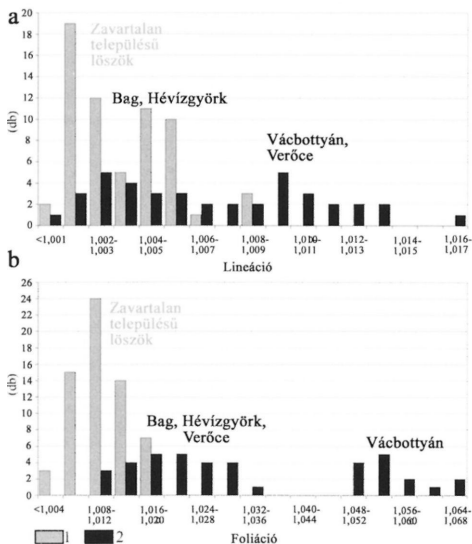
A fősuszceptibilitásokból meghatározott q - és V -értékek nem támasztották alá az eddigi kutatások megfigyeléseit. Az elemzés során, a makroszkóposan áthalmazottnak és nem áthalmazottnak minősített minták esetén, sem volt kimutatható másodlagos mágneses szövet jelenléte (1. táblázat). A fősuszceptibilitás-irányok sztereografikus projekción történő ábrázolása (3. ábra) azonban több csoport elkülönítését tette lehetővé.

A mágneses szövet elemzése a „Liu I- módszerrel” (LIU et al. 1988)

Az áthalmazott és nem áthalmazott mintacsoport F és L értékeit először hisztogramon ábrázoltam (5. ábra). Mindkét esetben megfigyelhető, hogy a zavartalan településű mintáknál mind a lineáció ($1,001 < L < 1,009$) mind a foliáció ($F < 1,020$) értékei egy meghatározott értéktartományban csoportosulnak. Az áthalmazott minták hasonló paraméterei jóval szórtabban helyezkednek el, bár két kisebb csúcs mind a lineáció ($1,001-1,006$ és $1,008-1,014$) mind a foliáció ($1,008-1,036$ és $1,052-1,068$) esetén megjelent. A lineáció és foliáció értékcsúcsok egyértelműen egyes mintacsoportokhoz voltak hozzárendelhetők. A nagyobb lineációhoz tartozó csúcs jelöli a vácbottyáni és verőcei finoman rétegzett mintákat, az alacsonyabb „lineáció-csúcsot”, mely tartomány egybeesik a típusos/zavartalan löszök tartományával, a bagi- és a hévízgyörki 2 minta értékei alkotják. A foliáció esetén, bár jellegzetes a két csúcs, a nagyobb értékeket egyedül a vácbottyáni mintacsoport alkotja!

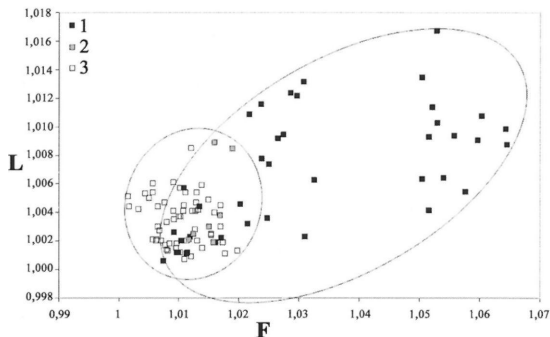
A F - és L -értékek pontdiagramon történő ábrázolásával szintén elkülönül az áthalmazott, illetve a szél által ülepített csoport (6. ábra).

A $P-L$ - (7. ábra) és $P-F$ -értékek regressziós elemzése, és a pontokra illesztett egyenes paramétereinek vizsgálata nem mutatta egyértelműen az áthalmazás jelenségét (1. táblázat). A regressziós vizsgálatok alapján a



5. ábra. Az L -értékek (a) és az F -értékek (b) eloszlása a zavartalan településű (1) és az áthalmazott (2) minták esetén

Figure 5. The L (a) and F (b) histograms of the wind blown/ undisturbed (1) and the redeposited (2) samples

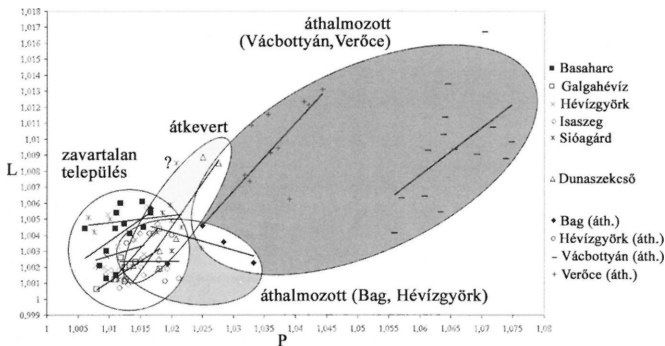


6. ábra. Az F- és L-értékek ábrázolása. 1 — áthalmazott lösz, 2 — bolygatott, bioturbált lösz, 3 — zavartalan településű lösz

Figure 6. *L* values plotted against *F* values. 1 — redeposited loess, 2 — reworked, bioturbated loess, 3 — wind blown/undisturbed loess

bagi és hévízgyörki minták inkább áthalmazottnak mutatkoztak, a rétegzett verőcei és vácbottyáni lösz anyaga azonban nem (7. ábra)!

Anizotrópia fokuk alapján az összes makroszkóposan áthalmazottnak tartott minta áthalmazottnak bizonyult. Az áthalmazott mintákon belül a vácbottyáni és verőcei finoman rétegzett minták helyzete nem egyértelmű. A mintákat az áthalmazott mintákon belül nagy, a zavartalan településű löszöktől egyértelműen elkülönülő 1,025–1,075 közé eső *P*-értékek jellemzik, eközben a regressziós



7. ábra. A *P*- és *L*-értékek lineáris regressziós vizsgálata

Figure 7. Linear regression analysis of *P* vs. *L*

vizsgálatok nem mutattak áthalmazottságot! A laminált rétegződésre, áthalmazásra utaló jellemzők csak a sztereografikus projekción jelennek meg. Az állat- és gyökérjáratokkal átjárt dunaszekcsői minta esetében szintén csak a P -értékek mutatták az átkeveredés nyomát, bár ez a tartomány közel esik a LIU et al. (1988) által meghatározott két értékthalmaz (az áthalmazott löszökre jellemző P értékek és a nem áthalmazott löszökre jellemző P -értékek) átfedési területéhez.

A nem áthalmazottnak feltételezett minták a regressziós elemzés során zavartalan településűnek bizonyultak.

A mágneses szövet elemzése a „Liu II.- módszerrel” (LIU et al. 2005)

A q -értékek alapján nem különült el a két csoport. A minimum-szuszeptibilitások eltérése a függőlegestől egyik esetben sem haladta meg a 25° -ot. Az isaszegi feltárásból származó minták esetében megjelenő $21,5^\circ$ -os eltérés kiugró. Itt az eredmények sztereografikus projekción történő ábrázolása során jellegzetes, lejtőn ülepedett anyagokra jellemző a fősuszeptibilitások elhelyezkedése. REES (1966) kísérletei alapján — bár ő nem kőzetlisztartományba tartozó anyagot ülepített — a κ_{min} eltérése az ülepedés síkjától vagyis a mágneses foliációs sík dőlése Isaszegen 20° körüli érték volt, ami $\sim 20^\circ$ -os lejtést feltételez. Az eredmények összecsengenek a terepi megfigyelésekkel, ugyanis a feltárásban megtalálható bagi tefra lejtése hasonló a mágneses szövetben megjelenő paleodomborzathoz. Tehát a κ_{min} irányának kiugróan nagy eltérése itt nem az áthalmazás, hanem az egykori lejtés eredménye.

Következtetések

A döntően magnetit/maghemit által jellemzett, elsődleges, illetve másodlagos mágneses szövet a különböző módszerek közül egyikkel sem volt egyértelműen elkülöníthető a magyarországi feltárásokból származó minták elemzésekor (*I. táblázat*).

A Liu I.-módszer (LIU et al. 1988) bizonyult a legmegfelelőbbnek az eredeti településű és az áthalmazott minták elkülönítésére. Az ELLWOOD (1984) által ajánlott V -érték azonban ellentétes eredményt adott. A q -értékek (ELLWOOD 1984, LIU et al. 2005) alapján pedig egyik lösz sem volt áthalmazott (*I. táblázat*). A kapott ellentétes eredmény talán a löszök diagenézisével és az azt követő folyamatokkal oldható föl. A poranyag kiülepedik a légkörből, felhalmozódik, diagenizálódik (elsődleges szövet), de ezt követően az enyhébb időszakok talajképző folyamatai akár makroszkóposan kevésbé azonosítható módon (hajszálgyökér-járatok jelenléte) átkeverik az anyagot. Ez a bioturbáció kis mértékben befolyásolhatja a mágneses szövetet és tükröződik a V -értékekben, de nem olyan mértékű, hogy a fősuszeptibilitások sztereografikus megjelenítésekor „kioltsa” a maximum-szuszeptibilitások által kijelölt lehetséges ülepedési irányt. Ellenben a dunaszekcsői minta esetén az átkeverő hatása erőteljesebb lehetett, amire a κ_{max} - és κ_{int} -irányok szórt elhelyezkedése is utalhat (*4. ábra*).

Az áthalmazott mintákon belül egy új, a LIU et al. (1988) által különböző mérőszámokkal áthalmazottként jellemzett csoporttól független csoport jelent meg. A finoman rétegzett mintákat az áthalmazott mintákon belül magas, 1,025–1,075 közé eső P -értékek jellemzik (II. táblázat, Vácbotyán, Verőce). A sztereografikus projekción, az ELLWOOD (1984) által vizsgált, laminált rétegződésű mintákhoz hasonlóan a maximum és intermedier szuszceptibilitások irányai csoportokat alkotnak (2. ábra, a , b). A maximum-suszceptibilitás irányok ebben az esetben az áthalmazás

II. táblázat. A Liu I.-módszer vizsgálati eredményeinek összefoglalása és összehasonlítása LIU et al. (1988) eredményeivel

Table II. The summary of the results of the application of Liu I. method and the comparison with the results of LIU et al. (1988)

Vizsgált paraméterek a pontokra illesztett lineáris trendvonal egyenletéből ($y=ax+b$)	Kínai löszök (LIU et al. 1988)		Magyarországi eredmények				
	szél által ülepített anyag	áthalmazott anyag	szél által ülepített anyag	átkevert anyag	áthalmazott anyag		
					Bag, Hévízgy. áth.	Vác., Verőce	
Anizotrópia fok (P)	1,002–1,032	1,011–1,064	1,006–1,0215	1,013–1,027	1,0117–1,033	1,0248–1,0748	
P-F korreláció	a	$a < 1$	$a > 1$	$0,54 < a < 0,95$	0,44	$1,0003 < a < 1,11$	$0,56 < a < 0,68$
	b	$b > 0$	$b < 0$	$0,046 < b < 0,46$	0,57	$-0,003 < b < -0,12$	$0,33 < b < 0,45$
P-L korreláció	a	$a > 0$	$a < 0$	$0,05 < a < 0,45$	0,55	$-0,11 < a < -0,002$	$0,30 < a < 0,43$
	b	$b < 1$	$b > 1$	$0,54 < b < 0,96$	0,45	$1,004 < b < 1,12$	$0,57 < b < 0,69$
	r	$r > 0$	$r < 0$	$0,18 < r < 0,65$	0,93	$-0,50 < r < -0,006$	$0,53 < r < 0,78$

irányára utalhatnak. A V -értékek ebben az esetben, szemben a szél által ülepített mintákkal, nem mutattak átkeveredést. Ennek lehetséges magyarázata szintén az üledék képződésében és az utólagos folyamatokban keresendő. A „nyugodt” körülmények közt leülepedett, majd később talajosodás által érintett lösszel szemben, a különböző áthalmazó folyamatokkal folyamatosan bolygatott üledéken kevés az esélye a növényzet, illetve az állatvilág megtelepedésének, mely feltételezett hatását a V tükrözheti.

A κ_{min} -irányok eltérése az ülepedés síkjától löszökben nem egyértelműen jelzi az áthalmazódás jelenségét, ez akár a poranyag lejtőn ülepedésének az eredménye is lehet (isaszegi minták).

Összegezve elmondhatjuk, hogy az áthalmazottság, vagy bolygatottság kérdését a mágneses szövet jellemzőin keresztül vizsgáló módszerek közül leginkább, a LIU et al. (1988) által kidolgozott statisztikai elemzések voltak alkalmazhatók a magyarországi löszökre. ELLWOOD (1984) és LIU et al. (2005) által használt módszerek összességében alkalmasnak bizonyultak. A különböző módszerekből kiemelt részvizsgálatok (pl. V -, F - és L -hisztogram, F/L -diagram, P -értéktartomány meghatározása, fősuszceptibilitás-irányok megjelenítése/elemezése) összekapcsolásával azonban megválaszolhatóvá válhatnak olyan lösz- és negyedidőszak kutatásban általánosan felmerülő kérdések, mint például az ülepedés, vagy az

áthalmazódás iránya, egyes talajképződésre utaló folyamatok kimutatása löszben (bioturbáció), az áthalmazódás vagy a lejtésviszonyok meghatározásán keresztül közvetve, a paleodomborzati viszonyok.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani RUSZKICZAY-RÜDIGER Zsófiának (ELTE TTK, Természetföldrajzi Tanszék) és MÁRTON Péternek (ELTE TTK, Geofizikai Tanszék) tanácsaikért. MÁRTONNÉ SZALAY Emőnek (ELGI, Paleomágneses Laboratórium) és Zilahi-Sebess Lászlónak (ELGI) a lektorálás során nyújtott segítségükért.

Irodalom — References

- BALSLEY, J. R. & BUDDINGTON, A. F. 1960: Magnetic Susceptibility Anisotropy and Fabric of Some Adirondack Granites and Orthogneisses. — *American Journal of Science* **258-A**, 6–20.
- BEGÉT, J. E., STONE, B. D., HAWKINS, B. D. 1990: Paleoclimatic forcing of magnetic susceptibility variations in Alaskan loess during the late Quaternary. — *Geology* **18**, 40–43.
- BRADÁK B. 2006: Meghatározható-e a paleoszélirány löszfeltárásokból a mágneses szuszceptibilitás anizotrópia (AMS) vizsgálatával? Válaszok Bulla Belának. — *Földrajzi Közlemények* **130 (64)**/3–4, 185–198.
- DERBYSHIRE, E., BILLARD, A., VLIET-LANOE, B.V., LAUTRIDOU, J.-P & CREMASCHI, M. 1988: Loess and paleoenvironment some results of a European joint programme of research. — *Journal of Quaternary Science* **3**, 147–169.
- ELLWOOD, B. B. 1984: Bioturbation; minimal effects on the magnetic fabric of some natural and experimental sediments. — *Earth Planetary Science Letters* **67**, 367–376.
- ELLWOOD, B. B. & HOWARD, J. H. 1981: Magnetic fabric development in an experimentally produced barchan dune. — *Journal of Sedimentology-Petrology* **51**, 97–100.
- GRAHAM, J. V. 1954: Magnetic susceptibility anisotropy, an unexploited petrofabric element. — *Bull. Geol. Soc. America* **65**, 1257–1258.
- GRANAR, L. 1958: Magnetic Measurements on Swedish Varved sediments. — *Arkiv. Geofys.* **3**, 1–40.
- HROUDA, F. 1982: Magnetic anisotropy of rock and its application in geology and geophysics. — *Geophysical Survey* **5**, 37–82.
- HUS, J. J. 2003: The magnetic fabric of some loess/paleosol deposits. — *Physics and Chemistry of the Earth* **28**, 689–699.
- JELINEK, V. 1981: Characterization of magnetic fabric of rocks. — *Tectonophysics* **79**, 63–67.
- KENT, D. V. 1978: Anisotropy in sediments. — In: FAIRBRIDGE, R. W & BOURGBOIS, J. (eds): The encyclopedia of sedimentology. Dowden, Hutchinson & Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania, 13–14.
- KODAMA, K. P., EVENSON, E. B., CLINCH, J. M., RABASSA, J. 1985: Anomalous geomagnetic field behaviour recorded by glacial sediments from northwest Patagonia, Argentina. — *Journal Geomag. Geoelect.* **37**, 1035–1050.
- KRIVÁN P. 1965: Észlelési napló. — *Kézirat*, ELTE Természetföldrajzi Tanszék, Budapest.
- LAGROIX, F & BANERJEE, S. K. 2002: Paleowind direction from the magnetic fabric of loess profile in central Alaska. — *Earth and Planetary Science Letters* **195**, 99–102.
- LIU, B., SAITO, Y., YAMAZAKI, T., ABDELDAYEM, A., ODA, H., HORI, K., ZHAO, Q. 2005: Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) Characteristics of Tidel-Influenced Sediments in the Late Pleistocene–Holocene Changjiang Incised-Valley Fill, China. — *Journal of Coastal Research* **21/5**, 1031–1041.
- LIU, X., XU, T., LIU, T. 1988: The Chinese loess in Xifeng, II. A study of anisotropy of magnetic susceptibility of loess from Xifeng. — *Geophysical Journal* **92**, 349–353.
- MACDONALD, W. D. & ELLWOOD, B. B. 1987: Anisotropy of magnetic susceptibility: sedimentological, igneous, and structural-tectonic applications. — *Reviews of Geophysics* **25/5**, 905–909.

- MATASOVA, G., PETROVSKÝ, E., JORDANOVA, N., ZYKINA, V., KAPÍČKA, A. 2001: Magnetic study of Late Pleistocene loess/palaeosol section from Siberia: palaeoenvironmental implications. — *Geophysical Journal International* **147**, 367–380.
- NAGATA, T. 1961: Rock Magnetism. — Maruzen, Tokio, 320 p.
- NAWROCKI, J., POLECHOŃSKA, O., BOGUCKI, A., ŁANCZON, M. 2006: Palaeowind directions recorded in the youngest loess in Poland and western Ukraine as derived from anisotropy of magnetic susceptibility measurements. — *Boreas* **35/2**, 266–271.
- REES, A. I. 1966: The effect of depositional slopes on the anisotropy of magnetic susceptibility of laboratory deposited sands. — *Journal of Geology* **74**, 856–867.
- REES, A. I. & WOODAL, W. A. 1975: The magnetic fabric of some laboratory-deposited sediments. — *Earth and Planetary Science Letters* **25**, 121–130.
- STACEY, F. D. 1960: Magnetic anisotropy of dispersed powders. — *Australian Journal Physics* **13**, 196–201.
- STACEY, F. D., JOPLIN, G., LINDSAY, J. 1960: Magnetic Anisotropy and Fabric of Some Foliated Rock from S.E. Australia. — *Geofiz. Pura. Appl.* **47**, 30–40.
- TAUXE, L. 2005: Lectures in Paleomagnetism. — Essayo Press, <http://carthref.org/MAGIC/books/Tauxe/2005/>.
- UYEDA, S., FULLER, M. D., BELSCHÉ, J. C., GIRDLER, R. W. 1963: Anisotropy of Magnetic Susceptibility of Rocks and Minerals. — *Journal of Geophysical Research* **68/1**, 279–291.
- VÉRTES L. 1969: Kavics ösvény. — Gondolat Kiadó, Budapest, 235 p.
- ZHU, R., LIU, Q., JACKSON, M. J. 2004: Paleoenvironmental significance of the magnetic fabrics in Chinese loess-paleosols since the last interglacial (<130 ka). — *Earth and Planetary Science Letters* **221**, 55–69.
- Kézirat beérkezett: 2007. 01. 19.

I. Függelék

Az értekezésben használt AMS-mérőszámok:

$$\text{Anizotrópia foka (P)} = \kappa_{\max} / \kappa_{\min}$$

$$\text{Mágneses lineáció (L)} = \kappa_{\max} / \kappa_{\text{int}}$$

$$\text{Mágneses foliáció (F)} = \kappa_{\text{int}} / \kappa_{\min}$$

Az ELLWOOD (1984) és LIU et al. (2005) által az elsődleges és másodlagos szövet elkülönítésére alkalmazott mérőszámok:

A foliációs sík (κ_{\min}) és a vízszintesnek feltételezett ülepedési sík kapcsolata ($V > 45^\circ$ az elsődleges szövet esetén), ($V = \sin^{-1} \sqrt{(\kappa_{\text{int}} - \kappa_{\min}) / (\kappa_{\max} - \kappa_{\min})}$) [°]

$$\text{Alakfaktor (q)} = (\kappa_{\max} - \kappa_{\text{int}}) / [(\kappa_{\max} + \kappa_{\text{int}}) / 2 - \kappa_{\min}]$$

II. Függelék

A vizsgált minták átlagos szuszceptibilitása, anizotrópia foka (P), lineáció (L) és foliáció (F) értékei, illetve a földrajzi koordinátarendszerben megjelenített fősuszceptibilitás-irányaik.

Sz.h.	Átlag MS [10 ⁻⁶ SI]	Anizotr. foka (P)	Lineáció (L)	Fóliáció (F)	Főszuszceptibilitás-irányok					
					deklináció (°)			deklináció (°)		
					max.	intern.	min.	max.	intern.	min.
Bag (áth.)	463,67	1,0167	1,0057	1,0109	251,2	341,9	150,1	2,8	14,2	75,5
	327,47	1,0333	1,0023	1,0309	295,8	26,7	142,6	9,9	4,9	79,6
	432,08	1,0284	1,0036	1,0247	216,1	124,3	326,5	6,2	16	72,7
	432,98	1,0250	1,0046	1,0203	269,8	359,9	128,7	2,7	2,1	86,6
Basaharc	521,65	1,0167	1,0054	1,0112	165,2	75,1	340,5	8	0,6	82
	521,38	1,0153	1,0061	1,0092	95,5	185,6	278,3	9,5	0,5	80,5
	506,87	1,0133	1,0041	1,0092	170,3	264,5	21,2	20,4	11	66,6
	499,45	1,0154	1,0045	1,0109	57,6	150,7	308	7,9	20,9	67,6
	407,2	1,0096	1,0030	1,0065	56,7	326,4	174,2	3,3	6,3	82,9
	484,03	1,0124	1,0047	1,0077	159	249,2	343,1	11,7	0,8	78,2
	507,53	1,0118	1,0060	1,0057	338,8	70,8	208,8	9,9	11,4	74,9
	524,18	1,0061	1,0044	1,0017	192,4	282,7	23,4	9,8	1,9	80,1
	443,33	1,0096	1,0013	1,0082	220,6	126,8	27,3	32,1	6,1	57,2
	496,78	1,0110	1,0044	1,0065	187,8	97,5	293,9	2,1	7,2	82,5
	478,23	1,0112	1,0054	1,0057	139,1	229,9	14,1	5,5	7,8	80,4
	454,68	1,0084	1,0021	1,0063	204	113,7	295,4	0,6	25	65
423,92	1,0111	1,0015	1,0096	168,4	258,7	44	3,4	4,9	84,1	
Dunaszekcső (átkevert)	232,9	1,0250	1,0089	1,0160	196,5	286,6	82,5	1,6	3,6	86,1
	644,18	1,0138	1,0021	1,0117	341,6	73,8	209,4	10,8	11,4	74,2
	475,4	1,0276	1,0085	1,0190	25,1	115,1	268,3	1,2	2,3	87,4
	467,42	1,0208	1,0038	1,0169	44,5	135,4	258,8	8,3	5,6	79,9
	400,9	1,0181	1,0030	1,0151	184,9	93,6	290,3	4,6	16,1	73,2
	213,07	1,0178	1,0019	1,0159	154,1	64,1	328,4	3,9	0,4	86,1
Galgahévíz	414,38	1,0150	1,0025	1,0125	76,3	167,4	327,5	4,6	13,2	76
	372,05	1,0125	1,0011	1,0114	315,4	46	159,7	8,9	4	80,2
	351,35	1,0181	1,0019	1,0162	262,1	353	142,4	5,5	9,4	79,1
	439,17	1,0125	1,0020	1,0105	208,1	298,7	70	6,2	5,6	81,6
	534,02	1,0127	1,0012	1,0115	204,8	295,1	108,1	1,3	11	78,9
	465,07	1,0180	1,0044	1,0135	125,4	215,8	345,6	5,3	4,4	83,1
	387,32	1,0080	1,0006	1,0074	143	235,5	30,5	7,6	17,6	70,7
	433,43	1,0142	1,0023	1,0119	227,9	322	117,7	9,3	23,4	64,5
	377,97	1,0119	1,0026	1,0093	35,5	303,6	188,1	15	7,4	73,2
	411,03	1,0109	1,0012	1,0097	224,1	314,2	123,2	0,9	4,4	85,5
Hévízgyörk	577,85	1,0155	1,0028	1,0127	335	72	210,9	16,7	22	61,8
	662,53	1,0141	1,0037	1,0104	24,9	294,7	202,9	18,3	0,6	71,7
	543,62	1,0101	1,0050	1,0050	17,3	109,8	230,6	14,7	9,1	72,6
	419,77	1,0095	1,0017	1,0077	279,7	189	19,4	2,5	14,4	75,3
	566,78	1,0082	1,0020	1,0062	43,8	313,3	140,7	1,9	15,1	74,8
	529,18	1,0096	1,0027	1,0068	27,6	118,5	278,4	4,2	11,7	77,5
	415,82	1,0078	1,0021	1,0057	75,8	345,8	255,5	9,6	0,1	80,4
	471,23	1,0114	1,0033	1,0081	198,4	108,3	331,7	1,2	1,3	88,2
	434,63	1,0091	1,0020	1,0071	77,3	346,8	251,9	16,4	1,4	73,6
	340,12	1,0115	1,0012	1,0103	21,7	291,5	138,5	2,3	4,6	84,8
	384,13	1,0097	1,0053	1,0044	183,1	273,4	73,3	2,5	6,9	82,6
Hévízgyörk (áthalmazott)	494,33	1,0095	1,0014	1,0080	25,6	116,3	282,6	3,1	13	76,6
	397,8	1,0193	1,0022	1,0171	301	31	125,5	2,8	0,2	87,2
	377,6	1,0128	1,0035	1,0093	17,1	107,4	282	1,2	13	76,9
	413,63	1,0180	1,0025	1,0155	206,2	296,2	110,4	0,5	4,8	85,2
	356	1,0193	1,0019	1,0174	241,8	151,2	41,6	10,4	3,7	79
	328,05	1,0165	1,0041	1,0123	304,2	34,4	147,5	5,2	2,2	84,4
	319,8	1,0212	1,0013	1,0199	243,9	153,6	43,9	7,7	2,8	81,8
	386,13	1,0179	1,0024	1,0155	50,8	320,7	171,2	2,1	3,6	85,9
	368,98	1,0189	1,0011	1,0178	233,3	323,3	140,9	0,2	5,6	84,4
	426,82	1,0117	1,0007	1,0110	226,3	136,3	46,3	13,7	0	76,3
390,72	1,0200	1,0040	1,0160	231	321	51,4	9,6	0,1	80,4	

Sz.h.	Átlag MS [10 ⁶ SI]	Anizotr. foka (P)	Lineáció (L)	Fóháció (F)	Főzusceptibilitás-irányok					
					deklináció (°)			deklináció (°)		
					max.	interm.	min.	max.	interm.	min.
Isaszeg	529,43	1,0149	1,0041	1,0108	47,7	314,9	150,7	6,1	24,5	64,7
	651,15	1,0103	1,0018	1,0085	9,3	274,4	112,8	8,3	30,4	58,3
	597,03	1,0151	1,0020	1,0131	13,1	281,9	143,7	7,9	9	78
	476,75	1,0160	1,0057	1,0103	250,5	341,3	110,7	9,2	7,7	77,9
	468,37	1,0115	1,0018	1,0097	307,6	37,8	132,2	14,1	1,1	75,9
	608,73	1,0134	1,0020	1,0114	39,4	308,3	143,4	3,9	15,3	74,2
	574,55	1,0177	1,0047	1,0129	244,6	340,3	141,5	8,7	32,5	56,1
	504,18	1,0154	1,0015	1,0139	80,8	350,3	178,2	2	15,4	74,4
	711,42	1,0138	1,0037	1,0101	192,6	286,1	89	7	26,5	62,5
	595,28	1,0170	1,0041	1,0128	30,3	299,3	131,1	3,3	16,6	73,1
487,35	1,0130	1,0009	1,0121	15,8	277,6	135,9	16,9	25,3	58,9	
Sióagárd	372,63	1,0075	1,0042	1,0033	202,6	292,7	66,3	2,4	2,3	86,7
	316,98	1,0101	1,0050	1,0050	170,2	261,8	50,8	7,3	12,6	75,4
	293,17	1,0176	1,0042	1,0133	249,9	340,2	89,5	6,8	2,4	82,8
	339,05	1,0216	1,0045	1,0170	259,1	168,9	23,5	2,6	3,8	85,4
	343	1,0185	1,0054	1,0130	173,7	264,8	49,9	6,5	9,5	78,5
	276,53	1,0200	1,0030	1,0170	152,5	242,5	59,6	0,3	6,4	83,6
	330,13	1,0066	1,0051	1,0015	184,8	278	62	11	16,2	70,3
	256,65	1,0207	1,0085	1,0121	332,8	62,8	153,9	4,3	0,1	85,7
	330,35	1,0198	1,0059	1,0139	301,3	31,3	126,6	4,4	0,4	85,5
	323,08	1,0199	1,0049	1,0150	313,8	223,4	114,4	8	2,8	81,5
Vácbotyán (átalmazott)	361,62	1,0559	1,0041	1,0516	194,7	103,4	295,5	3,9	19,5	70,1
	401,33	1,0571	1,0063	1,0504	193,2	101,2	296,3	5,1	20,9	68,4
	406,05	1,0739	1,0087	1,0645	175,4	84	288,8	5,9	13,2	75,5
	342	1,0638	1,0103	1,0530	184,6	94,5	279	0,7	9,1	80,8
	382,62	1,0634	1,0054	1,0576	174,7	82,6	292,9	8,1	14,5	73,3
	376,35	1,0705	1,0167	1,0529	193,9	103,6	312,1	3	5,6	83,6
	389,8	1,0641	1,0114	1,0521	185,9	95,3	287,2	2,7	13	76,7
	398,42	1,0693	1,0091	1,0597	1,5	92,1	265,7	1,9	17,7	72,2
	363,85	1,0717	1,0107	1,0603	16,7	107,1	277	2	11,3	78,5
	426,85	1,0748	1,0098	1,0644	175,1	82,9	280,5	6	20,7	68,4
	411,72	1,0613	1,0093	1,0516	177,8	85,1	299	9,8	15,4	71,6
	348,1	1,0607	1,0064	1,0540	358,8	88,9	267,7	0,3	16,8	73,2
	364,95	1,0657	1,0094	1,0558	18,3	108,4	274,4	0,8	3,3	86,6
406,35	1,0646	1,0134	1,0505	182	86,9	303	13,4	20,4	65,2	
Verőce (átalmazott)	378,32	1,0422	1,0121	1,0297	112,6	22,3	260,1	5,4	3,4	83,7
	391,18	1,0329	1,0109	1,0218	88,4	178,9	281,7	10,1	2,3	79,6
	355,68	1,0356	1,0116	1,0238	82,3	351,8	218,7	5,4	5,1	82,5
	381,42	1,0318	1,0078	1,0238	91,4	1	209,6	3,4	6,3	82,8
	396,22	1,0372	1,0094	1,0275	83,4	353,3	244,3	4	1,4	85,8
	397,95	1,0390	1,0062	1,0326	79,9	349,9	200,3	1,2	2	87,7
	394,72	1,0443	1,0131	1,0308	103,8	13,5	206,8	2	8,6	81,1
	351,57	1,0248	1,0032	1,0215	147,5	56,9	283	6,1	5,9	81,5
	324,75	1,0326	1,0074	1,0251	80,1	170,5	284,7	7,2	3,3	82
	425,9	1,0413	1,0123	1,0287	119	28,9	261,9	3,8	2,8	85,3
	343,73	1,0359	1,0091	1,0265	103,2	12,6	257,5	8,5	4	80,6