

A Maros hordalékkúp felső-pleisztocén–holocén fluviális képződményei

SÜMEGHY Borbála¹, KISS Tímea¹, SIPOS György¹, TÓTH Orsolya¹

¹ Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2–6.,
sumeghyb@geo.u-szeged.hu, kisstimi@gmail.com, gysipos@geo.u-szeged.hu

Late Pleistocene – Holocene fluvial landforms of the Maros River Alluvial Fan

Abstract

The surface of the extensive Maros/Mures Alluvial Fan is densely (0.78 km/km²) covered by palaeo-channels. The aim of the present study is to determine the direction of the river-courses, the channel morphology and OSL age distribution of the palaeo-channels, and to reconstruct the final period of the development of the alluvial fan.

On the surface of the alluvial fan, 18 palaeo-channel zones were identified; their channel pattern is meandering, braided, anastomosing or misfit. The existence of these channels indicates that the main process of the fan development was an avulsion rather than a gradual lateral migration and overbank floodplain accumulation. The oldest palaeo-channels (18.7±2.3 ka – 14.2±1.4 ka) shifted towards the north from the EW-axis of the alluvial fan, draining water to the Körös Basin. The similar age of the palaeo-channel zones indicates rapid avulsions and river course changes, or the coexistence of palaeo-channels. In the northern part of the alluvial fan the last river-course change happened ca. 12 thousand years ago, when the channel turned slightly southwards. The huge meandering channel (12.4±2.1 ka – 9.6±1.3 ka) and the coexisting misfit channels drained a large amount of water (Q_b=2500 m³/s). In the next development phase the Maros ran northwards, but after a sharp bend it turned towards the south and started to form the southern lobe of the alluvial fan. Approximately 8.5±0.9 ka – 5.3±0.8 ka ago the coexisting channels had a large bankfull discharge (1000–2000 m³/s). The last palaeo-course of the Maros River dates back to 1.9±0.3 ka, indicating decreasing discharge (Q_b=1400 m³/s) at the end of the Holocene. In the final phase of the evolution of the alluvial fan, the present-day course of the river was developed and its discharge dropped even further (680 m³/s).

Keywords: alluvial fan, channel pattern, palaeo-discharge, OSL dating, Maros River

Összefoglalás

A Maros a negyedidőszakban kiterjedt hordalékkúpot épített, amelynek felszínét az egykori medrek sűrű hálózata (0,78 km/km²) borítja. Célunk a felszíni paleomedrek (napjainkban már nem aktív, elhagyott medrek) futásirányának, morfológiájának és korának meghatározása, illetve az, hogy segítségükkel a hordalékkúp fejlődéstörténetének utolsó szakaszát rekonstruáljuk.

Eredményeink szerint a Maros-hordalékkúp felszínén 18 paleomeder-pászta különíthető el, amelyeket meanderező, fonatos, szövedékes (anasztomizáló) és „bele nem illő” (misfit) medermintázat jellemez. Ezek a jól kivehető medrek egyértelműen azt mutatják, hogy a hordalékkúp nem fokozatos és folyamatos ártérátdolgozással épült, hanem a Zámiszorosból kilépve irányváltoztatások sorozatán keresztül. A Maros legidősebb medrei (a–c folyásirány). 18,7±2,3 – 14,2±1,4 ezer évvel ezelőtt a hordalékkúp tengelyéről egyre északabbra vándoroltak a Körösök irányába. Több paleomeder-pászta hasonló OSL kora arra utal, hogy ekkortájt vagy nagyon gyors folyásirányváltások zajlottak, vagy egyszerre több meder is aktív lehetett. A hordalékkúp északi részén az utolsó nagy folyásirányváltás kb. 12 ezer éve történt, amikor a meder délebbre tevődött (d folyásirány). A hatalmas meanderező meder (12,4±2,1 ka – 9,6±1,3 ka) és a vele egykorú „bele nem illő” (misfit) fattyúágak mederkitöltő vízhozama (kb. 2500 m³/s) a mai értékeket (Q_b=680 m³/s) sokszorosan meghaladta. A következő nagy irányváltás során bár a Maros kezdetben északra fordult, utána a Battonyaihátat már dél felől kerülte meg, és a hordalékkúp déli részét kezdte építeni. A 8,5±0,9 – 5,3±0,8 ezer éve létező medrek együttesen igen nagy vízmennyiséget szállíthattak (1000–2000 m³/s). A hordalékkúp legfiatalabb medrei közel 2 ezer évesek és csökkenő (kb. 1400 m³/s) vízhozamot jeleznek, amely folyamat végén a mai Maros áll, a legkisebb mederkitöltő vízhozammal (680 m³/s).

Tárgyszavak: hordalékkúp, medermintázat, egykori vízhozam, OSL kormeghatározás, Maros

Bevezetés

Az Alföld-peremi hordalékkúpok kialakulása a pliocénban kezdődött a peremterületek felől indulva (BORSY 1987, MIKE 1991). Azonban a hordalékkúpok épülése sem térben, sem időben nem volt folyamatos, hiszen a tektonikus mozgások hatására a folyók hordalékkúpjuk kisebb-nagyobb felszíneit hosszabb-rövidebb időre elhagyták (SCHAFARZIK 1918, BORSY 1989, SÜMEGI et al. 1999), így horizontálisan és vertikálisan is komplex mintázatot követve épültek fel. Míg a hordalékkúpok területi kiterjedése és kavics-homokrétegeik egymásra épülése részletesen vizsgált (SCHAFARZIK 1918, PÉCSI 1959, BORSY 1989, NAGY 2002), addig számos korábbi kutatásban az üledékek korának meghatározása — a kor technikai lehetőségeiből adódóan — leginkább feltevéseken és következtetéseken alapult. Az utóbbi évtizedekben azonban a hordalékkúpok, illetve a környezetükben lévő süllyedécterületek fiatal felszíni képződményeinek numerikus korát pollenanalízissel, radiokarbon és OSL mérésekkel bizonyos helyeken már sikerült meghatározni (BORSY et al. 1989, FÉLEGYHÁZI 1998, GÁBRIS 1998, NÁDOR et al. 2007a). BORSY (1989) szerint az Alföldön a holocén második felében már nem volt egyetlen épülő hordalékkúp sem, amit a klimatikus és tektonikus okok megváltozásával magyaráztak. Azonban például a Maroson a szabályozások után a megnövekedett esés és hordalékhozam miatt fiókhordalékkúp épült a korábbi hordalékkúp előterében (KISS et al. 2011), tehát egyes helyeken akár a holocén során is épülhettek a hordalékkúpok, vagy megváltozhatott a folyók futásiránya.

Jelen kutatásban célunk a Maros hordalékkúp felszíni képződményeinek vizsgálata (amelyet elsősorban a magyarországi részen tudtunk megvalósítani, a román és szerb részletes topográfiai térképek hiányában). A vizsgálat első lépéseként célul tűztük ki a hordalékkúp magyarországi és romániai területére eső medrek futásának és medermintázatának meghatározását, amiből következtetni lehet egykori vízhozamokra. A medrek és övzatonyaik korának meghatározásával pedig célunk annak vizsgálata volt, hogy mikor változtatta a Maros a folyásirányát a vizsgált hordalékkúpfelszínen, illetve, hogy működhetett-e egy időben több meder.

A hordalékkúpok formái és folyamatai

A hordalékkúpokat a vízgyűjtő területről érkező hordalékban gazdag vízfolyások építik fel. A hordalékkúp legmagasabb részét, ahol a folyó kilép a hegyek közül a hordalékkúp csúcsának nevezzük. Ettől a ponttól kiindulva kis méretarányban három részre oszthatók a hordalékkúpok: (1) proximális (axiális) rész a hordalékkúp csúcsához közel eső terület, (2) középső, centrális rész és a (3) peremi, disztális rész (RACHOCKI 1981, MURKERJI 1990), majd a hordalékkúp belesimul az előtte lévő síkságba.

A hordalékkúpok felépítésében a legfontosabb szerepe a főmedernek van, hiszen ez a meder szállítja a hordalékot a vízgyűjtőről a hordalékkúp felszínére. A hordalékkúp

növekedése során a főmeder — az alsóbb szakasz irányváltásai, tektonikus vagy éghajlati változások hatására — bevágódhat a csúcsi részbe, amely hordalékkúpterasz kialakulásával jár (RACHOCKI 1981). Inflexiós sávnak is nevezik a hordalékkúp azon részét, ahol megszűnik a főmeder bevágódása, eltűnik a teraszperem, így a meder egybeolvad a hordalékkúp felszínével (LECCE 1990, BLAIR & MCPHERSON 2009). Az inflexiós sávtól lefelé a vízfolyások a hordalékkúp felszínén oldalirányban szétterülnek. Ahol aktív hordaléklerakódás zajlik, ott található az aktív lerakódási lebeny (RACHOCKI 1981, BLAIR & MCPHERSON 2009).

A hordalékkúpok felszínén a legjellegzetesebb formák az egykori elhagyott medrek és az időszakosan aktív vízfolyások, amelyek hirtelen bekövetkező nagy mennyiségű csapadék hatására válhatnak újra aktívvá. Ezek az időszakos vízfolyások általában fonatos mintázatú medrek formájában vezetnek el a vizet a hordalékkúp felszínéről (MURKERJI 1990). A fonatos medrek általában a hordalékkúp csúcsi részén található teraszperemeken, illetve a hordalékkúp peremi részén alakulnak ki, ahol megnő a felszín esése (RACHOCKI 1981). A hordalékkúp peremi részein gyakran hátravágódó eróziós vízfolyások is megjelennek (BLAIR & MCPHERSON 2009) és a hordalékkúp anyagának áthalmozásával másodlagos, fiók hordalékkúpok alakulhatnak ki (RACHOCKI 1981, KISS et al. 2011).

BLAIR & MCPHERSON (2009) szerint a hordalékkúp felszíni képződményeit elsődleges és másodlagos folyamatok alakítják. Az elsődleges folyamatok a hordalék szállításáért felelősek a vízgyűjtő területtől a hordalékkúpig, míg a másodlagos folyamatok a hordalékkúpon már lerakott hordalék elmozdítását és átalakulását idézik elő. Az elsődleges folyamatok felelősek tehát a hordalékkúp főbb geomorfológiai vonásainak kialakulásáért, így ide tartoznak a fluviális folyamatok mellett a víz- és hordalékhozamot befolyásoló klimatikus peremfeltételek, az esést, a mintázatot és az avulziót meghatározó szerkezeti mozgások, valamint az emberi tevékenység (SÜMEGI et al. 1999, NAGY 2002). A hordalékkúp felszínét átalakító másodlagos folyamatok közé tartozik a felszíni lefolyás és az általa okozott felszabdaldódás, az eolikus tevékenység, szerkezeti mozgások, a mállás és aprózódás, a bioturbáció, a talajfejlődés, a felszín alatti vizek hatására történő összecementálódás, illetve tömegmozgások (BLAIR & MCPHERSON 2009). Ezek a folyamatok a hordalékkúp anyagának áthalmozása mellett szélsőséges esetben a hordalékkúp pusztulását eredményezhetik. Így a hordalékkúpon egyszerre találkozhatunk az őket felépítő folyóhálózat maradványaival és a pusztulásukat jelző, a hordalékkúpi felszínbe vágódó medrekkel is (NAGY & FÉLEGYHÁZI 2001).

Mintaterület

A Maros hordalékkúpja szabályos legyezőszerű forma, amelynek sugara közel 80–100 km (MIKE 1991), bár MÁRTON (1914) már korábban felhívta a figyelmet arra, hogy a Marostól északra és délre lévő hordalékkúpfelszín

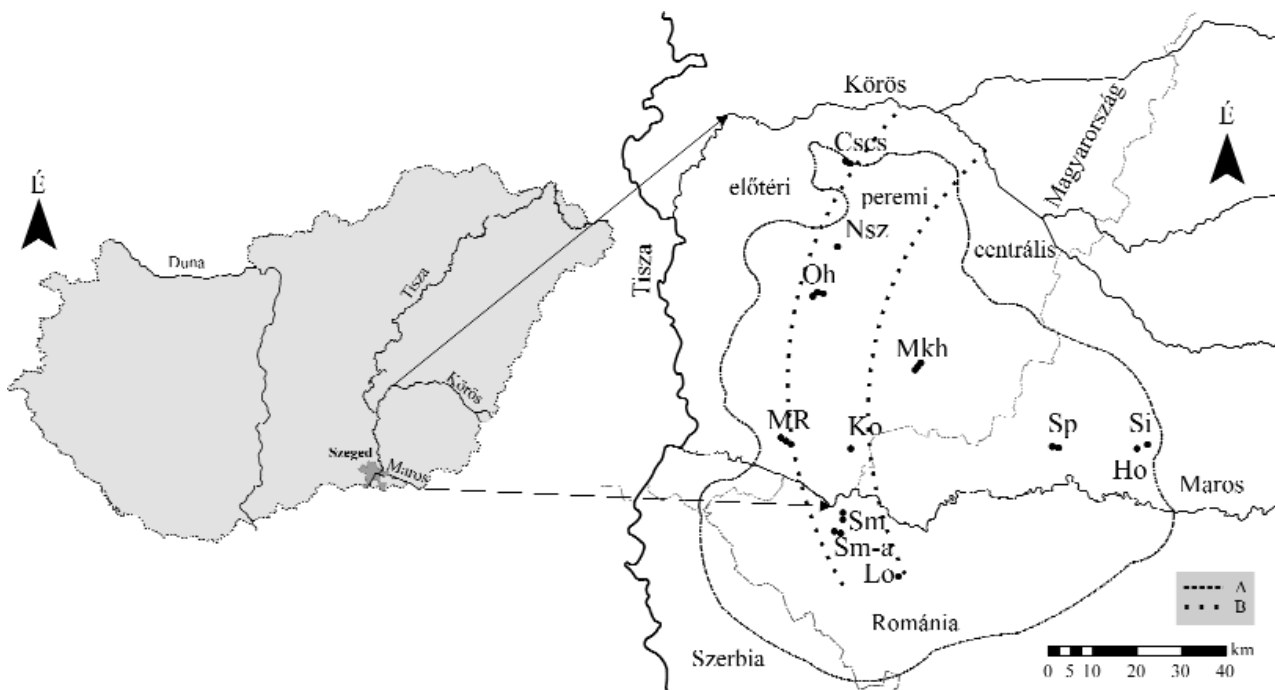
jelentősen különbözik, mivel a „törmeléklegyező” északnyugati irányban messzire kiterjedt. Magyarországi részét (a terület 35%-a) északról a Körösök-vidéke, nyugatról az Alsó-Tisza-vidék határolja, dél felé Románia (50%) és Szerbia (15%) területére nyúlik be. Jelen tanulmányban azonban csak a hordalékkúp Magyarországra eső részének felszíni képződményeivel foglalkozunk (mivel a medrek azonosítására alkalmas részletes topográfiai térképek csak itt álltak rendelkezésünkre), bár OSL mintákat gyűjtöttünk a romániai területeken is, hogy a felszíni medrek folyásirányát pontosabban tudjuk rekonstruálni (1. ábra).

A tektonikus mozgások miatt az aljzat különböző mélységekben található, így az intenzíven emelkedő területek között süllyedő medencék helyezkedtek el, amelyekben folyóvízi üledékképződés folyt a negyedidőszak folyamán (MIHÁILĂ et al. 1990, NÁDOR et al. 2007a, b). A viszonylagosan süllyedő területekhez tartozik a Békési-medence, a Makó–Hódmezővásárhelyi-árok, az Észak-Bánsági-árok és az Erdélyi-medence, míg ezekhez képest kiemelt helyzetűek a Battonyai-hát, a Battonya–Pusztaföldvári-hát, a Nagykikinda–Szegedi-hát, illetve az Erdélyi-középhegység peremi területei (MIHÁILĂ et al. 1990, JOÓ et al. 2000, DÖVÉNYI 2010).

A Maros hordalékkúpjának épülése — hasonlóan a többi nagy hordalékkúphoz — a negyedidőszak folyamán zajlott (FLOREA et al. 1966; BORSY 1987, 1989; MIKE 1991). Míg a Zarándi-hegység előterében főleg kavicsosteketek találhatóak, addig hordalékkúp nagyobb része homokból, iszaptól és agyagtól épült fel (SAWICKI 1912). A hor-

dalékkúpi összletek vastagsága a csúcsi részen nem éri el a 100 m-t, azonban nyugat felé 500–700 m-re vastagodik (BORSY 1989). A hordalékkúpon a folyók az emelkedő területek felől a süllyedő medencék irányába tartottak, amelyek egyben a mindenkori helyi erózióbázist is jelentették (NÁDOR et al. 2007a).

MIKE (1991) részletesen leírta a Maros hordalékkúpjának fejlődését, jóllehet az nem derült ki, hogy ezt milyen bizonyítékokra alapozta. Ugyanakkor úgy tűnik, hogy csak a felszínen levő medrek folyásirányát vette alapul, s ezt vetítette ki térben és időben. Így MIKE (1991) szerint a gүнzben a Maros még az Ős-Duna mellékfolyója volt, a mai Körös–Maros közén váltogatta medrét. Véleménye szerint különösen intenzíven építette hordalékkúpját a mindel-riss interstadiálisban, amit az Erdélyi-medence kiemelkedésével, a Szegedi-süllyedék gyors süllyedésével és a megnövekedett vízhozammal magyarázott. Véleménye szerint a rissben főága a Battonya–Orosháza vonal lehetett, amitől folyamatosan tevődött egyre délebbre. A würm közepén a Maros a Szász-ér mentén haladt és Algyő környékén volt a torkolata, majd a würm végén a mai Aranka mentén futott (MIKE 1991). BORSY (1989) szerint a würm elején a Maros bevágódott a hordalékkúpja csúcsrészébe, azonban előterében tovább építette fiókhordalékkúpját, majd a későglaciálitól kezdődően a Tisza enyhén bevágódott, amit követett a Maros bevágódása is, így a Maros hordalékkúpjának is megszűnt a továbbépülése. Ugyanakkor a szabályozások hatására a gátak között újabb fiókhordalékkúp épült a 19–20. században (KISS et al. 2011).



1. ábra. A mintaterület a Maros hordalékkúp északi része

A: hordalékkúp határa; B: hordalékkúp részeit elválasztó vonal. Az OSL mintavételi helyek: Cscs = Csabacsüd, Ho = Horia, Ko = Kövegy, Lo = Lovrin, Mkh = Mezőkovácsháza, MR = Makó-Rákos, Nsz = Nagyszénás, Oh = Orosháza, Si = Şiria/Világos, Sm = Sănnicolau Mare/Nagyszentmiklós, Sm-a = Sănnicolau Mare-Aranka, Sp = Sănpaul/Szentpál

Figure 1. The study area is the northern part of the Maros Alluvial Fan

A: limit of the alluvial fan; B: line between the three main parts of the alluvial fan; The OSL sampling sites: Cscs = Csabacsüd, Ho = Horia, Ko = Kövegy, Lo = Lovrin, Mkh = Mezőkovácsháza, MR = Makó-Rákos, Nsz = Nagyszénás, Oh = Orosháza, Si = Şiria, Sm = Sănnicolau Mare, Sm-a = Sănnicolau Mare-Aranka, Sp = Sănpaul

A hordalékkúp felszínét infúziós lösz, homokos lösz és ártéri iszapos-agyagos üledékek fedik, azonban ezek heterogénean helyezkednek el — összefüggő durvaüledékes takaró nem alakulhatott ki — a változatos medergenerációknak köszönhetően (SÜMEGI et al. 1999). Sokszínű formakincsét az egykori folyóágak, fattyúágak és különböző mértékben feltöltődött morotvák és morotvacsonkok adják (DÖVÉNYI 2010). Ugyanakkor SÜMEGI et al. (1999) szerint a hordalékkúpon futóhomokmozgás nem folyt, így a hordalékkúp megőrizte eredeti heterogén fluviális szerkezetét.

Módszerek

A hordalékkúp felszínén található elhagyott medrek geomorfológiai elemzésével, egymásra épülésük vizsgálatával és a medrek korának meghatározásával a hordalékkúp felszínfejlődésének utolsó fázisát rekonstruáltuk.

A hordalékkúp geomorfológiai jellemzőinek vizsgálata

A geomorfológiai vizsgálatot csupán a Maros hordalékkúp hazai részén végeztük el, mivel a szomszédos országokban a legrészletesebb elérhető térkép méretaránya csupán 1:25.000, amin az elhagyott medrek alig látszanak. A felszíni képződmények vizsgálatához 1:10 000 méretarányú topográfiai térképekből digitális domborzatmodellt készítettünk ArcGIS 10 szoftver segítségével. A hordalékkúp határvonalát a medrek folyásiránya és a környező területek geomorfológiai sajátosságai alapján húztuk meg.

A hordalékkúp felszínén az elhagyott medrek a legjellegzetesebb képződmények, amelyeket medermintázatauk alapján meanderező, fonatos, szövedékes és „bele nem illő” meder csoportokba soroltunk LEOPOLD & WOLMAN (1957) illetve ROSGEN (1994) definícióit követve. Fonatosként definiáltuk azokat a medreket, melyek partjai közel párhuzamosak és bennük nagy számú zátony maradványa megtalálható. A szövedékes (anasztomizáló) medrek hosszabb kanyargós mellékágakból tevődnek össze, amelyek között egykori ártéri szigetek vannak. A misfit („aránytalan vízfolyás”; LÓCZY & VERESS 2005) medrek idősebb, nagyobb medrek alján kanyarognak és a vízhozam lecsökkenése miatt nagyságrendileg kisebb kanyarulatok jellemzik őket, mint a bennfoglaló medreket. A medrek mintázata, folyásiránya és morfometriája alapján paleomederek-pásztákat különítettünk el. A meanderező és misfit medrekhez tartozó mederkitöltő vízhozamot a Tisza vízrendszerére kidolgozott képletek (SÜMEGHY & KISS 2011) segítségével határoztuk meg. Feltérképeztük a medrekhez kapcsolódó mederközepi zátonyokat, szigeteket, övzátony(sor)okat, sarlólaposokat, lecsapoló-medreket és folyóhátakat is, hiszen ez feltétele volt a helyes OSL mintavételnek.

OSL kormeghatározás

Az OSL mérések célja az üledékképződés idejének meghatározása. A vizsgálatok során az üledék szemcséiben azok eltemetődése óta elnyelt radioaktív dózis nagyságát mérjük közvetett módon. A mintában elnyelt dózist a felhalmozódó lumineszcens jel rögzíti, utóbbi mérésből következtetni lehet az előbbire (egyenérték dózis). Ha mindemellett meghatározzuk a mintát egységnyi idő alatt érő radioaktív sugárzás energiájának nagyságát (környezeti dózisteljesítmény), akkor a két érték hányadosából az eltemetődés óta eltelt idő számítható.

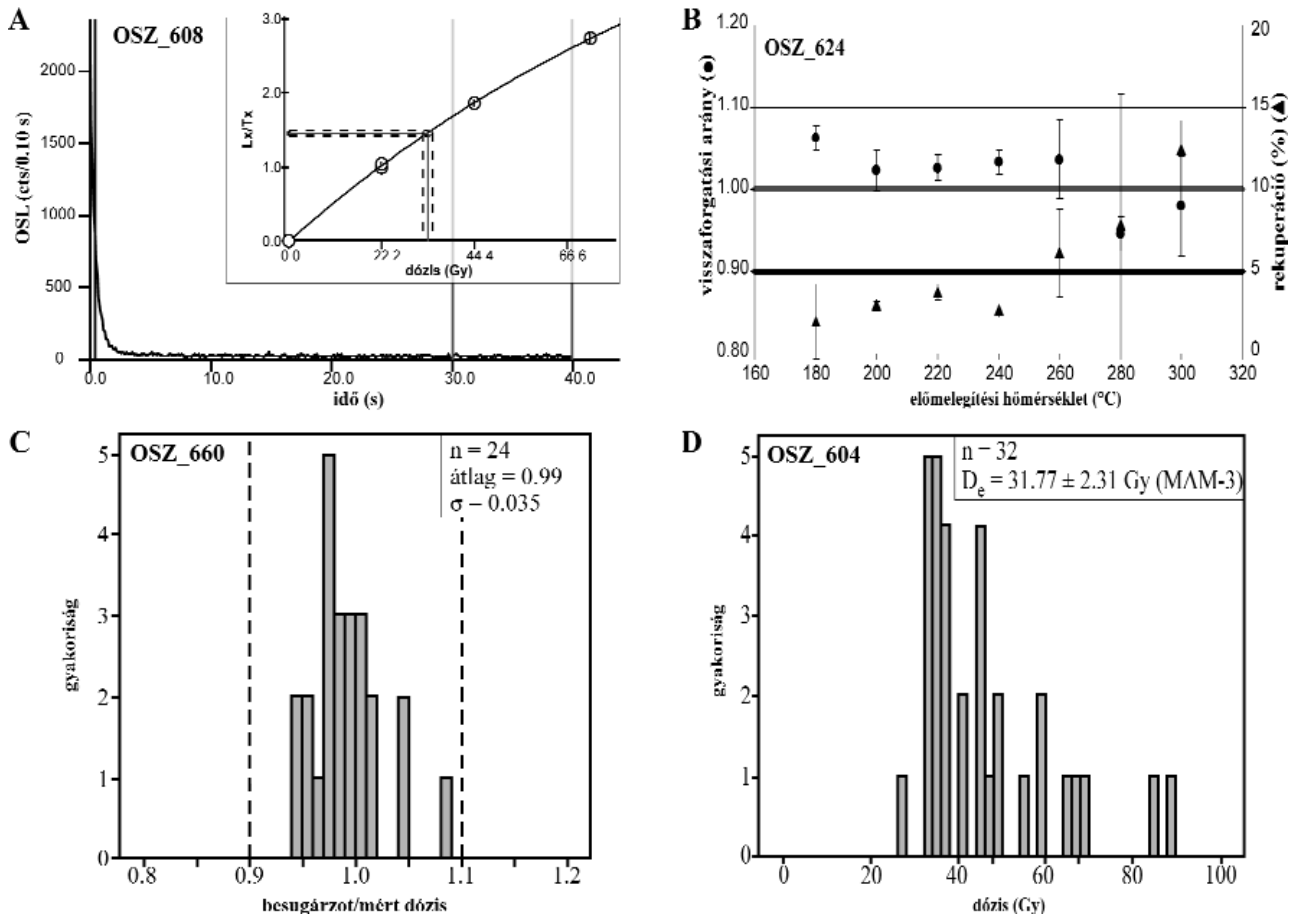
Az OSL mintákat a meanderező paleomedrek övzátonyainak, illetve a fonatos medrek mederközepi zátonyainak homokos anyagából gyűjtöttük. A mintavétel előtt tájékozódó fúrásokat mélyítettünk, s ezek szemcse-összetételei vizsgálata alapján jelöltük ki a legfelső homokos, még egyértelműen folyóvízi felszínformálásra utaló rétegeket. Ahol a meanderekhez jól fejlett övzátonyos csatlakoztak, ott a morfológiaiilag legidősebb és legfiatalabb formát is megmintáztuk (5. ábra). Összesen 22 homokmintát gyűjtöttünk Eijkelkamp bolygatatlan mintavevő segítségével (3. ábra).

A fentieknek megfelelően a korok a fő mederformálási időszakokat, illetve a legjelentősebb mederváltások idejét (avulzió) reprezentálják, semmint a fluviális folyamatok teljes megszűnését, hiszen a medrek egy-egy nagyobb árvíz idején reaktiválódhattak, igaz ekkor már csak finomabb ártéri üledékek rakódhattak le.

A feltárást és minta előkészítést kis nyomású Na-lámpák szűrt és tompított sárga fénye mellett végeztük, a szakirodalomban elfogadott lépéseket követve (MAUZ et al. 2002, THAMÓNÉ BOZSÓ & NAGY 2011). Törekedtünk a minél durvább, még elegendő mennyiségben jelenlévő szemcsefrakció szeparálására (RITTENOUR 2008), így méréseinket 150–220 µm, illetve 90–150 µm méretű szemcséken végeztük. A lumineszcens vizsgálatok RISR DA-15 típusú TL/OSL műszerrel történtek.

A minták egyenértékűdózisát (D_e) az egy mintás regenerációs (SAR – single aliquot regeneration) mérési protokoll segítségével határoztuk meg (WINTLE & MURRAY 2006). Ennek során a természetes lumineszcens intenzitáson túl három növekvő nagyságú regenerációs dózis, egy zéró dózis és egy megismételt regenerációs dózis által előidézett lumineszcens intenzitásokat mértük meg (2. ábra).

A minták hőkezelése szempontjából legalkalmasabb előmelegítési hőmérsékleteket plató tesztek segítségével határoztuk meg, melyek során 10 °C lépésközzel emeltük az előmelegítés nagyságát. A tesztek során a minták általában a 200–220 °C tartományban nyújtották a legmegbízhatóbb eredményeket (2. ábra). Az egyes mérési körök végén próbaként magas hőmérsékletű kezelésnek (hot bleach) is alávetettük a részmintákat (WINTLE & MURRAY 2006), ez azonban nem növelte a mérések reprodukálhatóságát, így a későbbiekben már nem iktattuk be ezt a lépést. Az első melegítés hatására bekövetkező lumi-



2. ábra. Egy-egy reprezentatív minta OSL tulajdonságai: (A) OSL lecsengési görbe, illetve a mérési körök alapján megszerkesztett dózis-lumineszcens válasz összefüggés, (B) az első regenerációs dózis, és annak ismétlésére adott lumineszcens válaszok hányadosa (visszaforgatási arány), valamint a zéró dózissra adott lumineszcens válaszok az előmelegítési hőmérséklet függvényében (rekuperáció), (C) ismert dózis besugárzását követő egyenérték dózis meghatározás pontossága, (D) a részminták egyenérték dózis eredményeinek eloszlása

Figure 2. Characteristic OSL behaviour of some representative samples: (A) natural glow out curve and dose response curve of a characteristic aliquot, (B) the ratio of luminescence signals in terms of the first regeneration dose and its repeated measurement (recycling ratio), and the luminescence in terms of the zero dose (recuperation), both in function of preheat temperature, (C) the precision of the measurement of a known artificial dose (dose recovery), (D) the distribution of equivalent doses measured from sample aliquots

neszcens érzékenységváltozás jelentőségét dózis visszamérési tesztekkel (dose recovery test) vizsgáltuk (2. ábra). A mesterségesen besugárzott, majd később visszamért dózis hányadosa 1-hez közeli értékeket mutatott, azaz a minták alkalmasnak bizonyultak a további mérésekhez.

A minták egyenérték dózisát 2 mm átmérőjű (~100 szemcsét hordozó) részminták segítségével határoztuk meg, hogy növeljük a fluvialis üledékek esetében jellemző dózis szóródást, s a legkisebb dózisokat elnyelő részminták segítségével minimum kort tudunk meghatározni. Mintánként 72–96 rész minta vizsgálata történt meg, melyeknek mintegy 50%-a szolgáltatott jól mérhető természetes lumineszcens lecsengési görbéket (2. ábra), illetve felelt meg a további SAR kritériumoknak. A mérések kiértékelését Analyst 3.24 (2007) szoftver segítségével végeztük.

Az egyes részmintákból meghatározott egyenérték dózisok eloszlása jelentős ferdeséget mutatott, mint

általában a fluvialis minták esetében (2. ábra). ARNOLD et al. (2007) döntési mechanizmusát alkalmazva az egyes minták részeredményeit a 3 paraméteres minimum kor modell (MAM-3) segítségével elemeztük (GALBRAITH et al. 1999). Ez a módszer a legalacsonyabb dózissal rendelkező rész minta populációhoz illeszt csonkolt normál eloszlást. Az így kapott minimum dózisokat alkalmaztuk ezt követően a további számításokhoz (1. táblázat).

A környezeti dózisteljesítményt (D^*) a mintákat befoglaló kiszáritott üledék nagy felbontású gamma spektroszkópiás elemzésével, a bennük lévő ^{232}Th (ppm), ^{238}U (ppm) és K (%) koncentráció alapján határoztuk meg, ADAMIEC & AITKEN (1998) konverziós együtthatóit felhasználva. A nedves közegre vonatkozó dózisteljesítményt az in situ nedvességtartalom és a talajvíz szintjének figyelembe vételével adtuk meg. A kozmikus sugárzás intenzitását PRESCOTT & HUTTON (1994) módszerét követve számítottuk.

I. táblázat. A Maros hordalékkúpon lévő paleomederek zátonyaiból gyűjtött minták főbb jellegzetességei

Table I. Main features of the collected samples

Paleo meder pászta Mintavételi hely	Minta száma	w (%)	Mélység (cm)	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)	D* (Gy/ka)	D _e (Gy)	Kor (ezer év)	Mintázat	Q _{mk} (m ³ /s)	Futásvonal
I. (Mkh) Mezőkovácsháza	OSZ_612	11±2	225	1,84±0,09	7,65±0,38	1,31±0,07	2,21±0,24	41,40±3,00	18,7±2,3	M	508	a
	OSZ_610	17±3	225	2,28±0,11	9,53±0,48	1,58±0,08	2,51±0,22	32,36±2,34	12,9±1,4	Mf	27	
	OSZ_608	9±2	255	1,67±0,08	6,67±0,33	1,13±0,06	1,99±0,23	22,70±2,72	11,4±1,7			
VI. (MR) Makó-Rákóc	OSZ_602	15±3	255	1,70±0,08	7,14±0,36	1,30±0,06	2,05±0,20	33,47±2,85	16,3±1,9	M	2220	a
	OSZ_604	18±4	275	2,13±0,11	8,37±0,42	1,39±0,07	2,23±0,18	31,77±2,31	14,2±1,4			
	OSZ_606	20±4	295	2,19±0,11	9,27±0,46	1,54±0,08	2,37±0,19	31,46±2,95	13,3±1,4			
III./b. (Ko) Kövecgy	OSZ_614	9±2	175	1,52±0,08	5,91±0,30	1,13±0,06	1,91±0,22	29,56±2,35	15,5±2,0	F	-	b
X. (Nsz) Nagyszénás	OSZ_622	9±2	175	1,71±0,09	6,47±0,32	1,28±0,06	2,12±0,25	32,28±2,63	15,2±2,0	F	-	c
XIII. (Cscs) Csabacsüd	OSZ_626	13±3	195	2,16±0,11	8,08±0,40	1,17±0,06	2,14±0,23	35,96±3,29	15,1±1,9	M	2427	c
	OSZ_624	9±2	165	2,31±0,12	8,36±0,42	1,30±0,06	2,39±0,28	34,09±2,95	14,3±1,9			
XX. (Si) Siria - Világos	OSZ_657	12±2	205	1,82±0,09	7,07±0,35	1,26±0,06	2,10±0,19	30,61±2,72	14,6±1,7	F	-	c
IX. (Oh) Oroszháza	OSZ_616	5±1	165	1,10±0,05	4,41±0,22	1,18±0,06	1,84±0,25	18,67±1,87	12,4±2,1	M	2655	d
	OSZ_618	5±1	115	1,17±0,06	4,75±0,24	1,11±0,06	1,81±0,25	20,77±2,49	11,5±1,9			
	OSZ_620	18±4	215	2,27±0,11	8,20±0,41	1,55±0,08	2,38±0,20	22,91±3,12	9,6±1,3			
XI. (Ho) Iloria - Újpanád XV. (Sp) Sánpál - Szentpál	OSZ_661	10±2	115	2,05±0,10	8,54±0,43	1,77±0,09	2,73±0,30	21,87±2,05	8,0±1,1	M	2560	e
	OSZ_654	20±4	155	0,96±0,05	4,46±0,22	1,26±0,06	1,63±0,13	13,98±1,42	8,5±0,9	M	1180	e
	OSZ_655	5±1	95	0,75±0,04	3,26±0,16	1,14±0,06	2,10±0,19	11,03±1,82	5,3±0,8			
XVIII. (Lo) Lovrin - Lórántfalva XIV. (Sim) Sănnicolau Mare - Negyszentmiklós	OSZ_664	6±1	125	1,43±0,07	6,29±0,31	1,28±0,06	2,11±0,25	15,08±1,61	7,1±1,0	F	-	c
	OSZ_665	6±1	115	0,99±0,05	3,82±0,19	1,20±0,06	1,77±0,21	10,82±1,76	6,1±1,1	M	2062	e
	OSZ_667	8±2	165	1,02±0,05	4,36±0,22	1,23±0,06	1,81±0,17	6,34±0,64	3,5±0,4			
XV. (Sm-a) Sănnicolau Mare - Negyszentmiklós	OSZ_659	3±1	115	1,31±0,07	5,10±0,25	1,20±0,06	1,99±0,24	3,22±0,61	1,6±0,3	M	1426	f
	OSZ_660	7±1	65	1,32±0,07	5,06±0,25	1,28±0,06	1,98±0,21	3,71±0,45	1,9±0,3			

A mintavételi helyek az 1. ábrán, a paleomeder pászták a 3. ábrán vannak jelölve. w: nedvességtartalom (%); környezeti dózis értékek: U (ppm), Th (ppm), K (%); D* = dózisteljesítmény; D_e = egyenérték dózis; a mintázat oszlopban: M = meanderező, Mf = misfit, F = fonatos; Q_{mk} = mederkitöltő vízhozam SÜMEGHY & KISS (2011) képletei alapján számolva, a-f: az OSL korok alapján rekonstruált folyásirányok (1. 8. ábra)

The sampling sites are marked on Figure 1, the palaeo-channel zones are indicated on Figure 3. w: moisture content (%); environmental dose rates of U (ppm), Th (ppm), K (%); D* = dose rate; D_e = equivalent dose; Channel pattern: M = meandering, Mf = misfit, F = braided; Q_{mk} = bankfull discharge calculated using the equations of SÜMEGHY & KISS (2011), a-f: the palaeo-courses reconstructed using the OSL data (see Figure 8)

Eredmények

A Maros hordalékkúp magyarországi részének geomorfológiája

A hordalékkúp felszíne paleomedrekkel sűrűn átszőtt (a magyarországi részen a medersűrűség: 0,78 km/km²), amelyek pásztákba (18 db) rendeződtek (3. ábra). A hordalékkúp felszíne fölé 3–5 m-rel emelkedik Battonyai-hát, amelyen medrek nem találhatók.

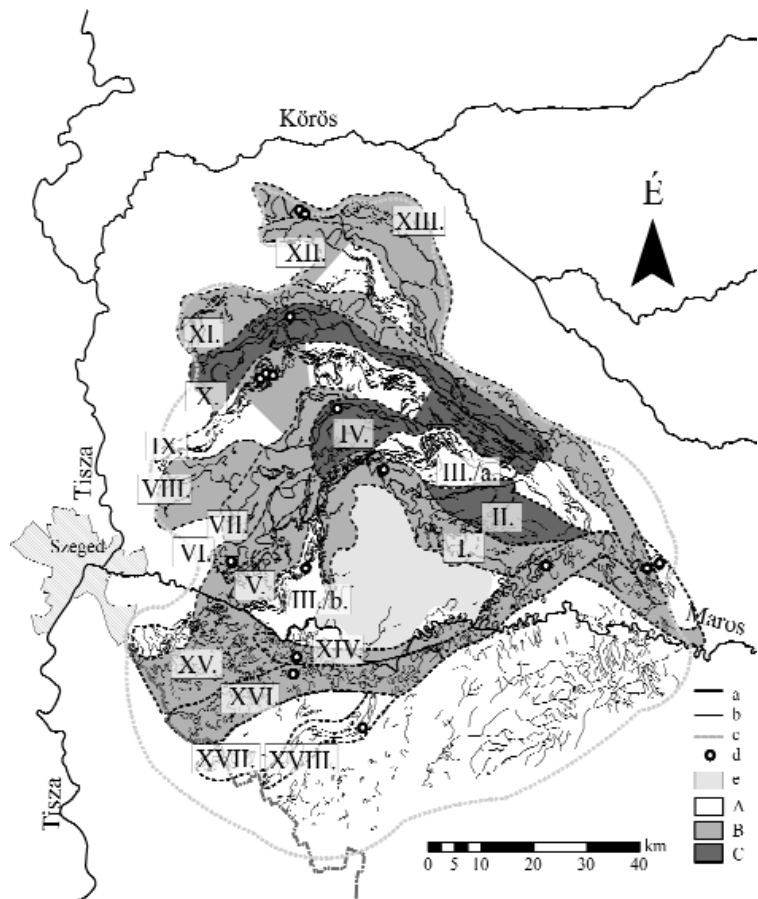
A teljes mértékben **meanderező** mintázatú paleomederpaszták (10 db) a hordalékkúp centrális, nyugati valamint a hordalékkúp északi előterének jellegzetes elemei (3. ábra). A hordalékkúp felszínén találkozhatunk egy olyan meanderező pásztával is, amelyben fonatos mintázatú szakaszok is megjelennek (XII. pászta), egyben pedig fonatos és szövédékes szakaszok is (IX. pászta). A meanderező medrek általában 40–60 km hosszan nyomon követhetők, a legépebben és leghosszabban (122 km) fennmaradt meder (XI. pászta) Aradszentmártontól (Sánmartin) Derekegyházig húzódik. A medrek átlagos görbületi sugara 410 m (max: 1727 m), átlagos ívhossza 1428 m (max: 7859 m), míg átlagos húr hossza 889 m (max: 3557 m), tehát igen változatos

mérettartományban mozognak. A meanderező medrek általában 1–2 km széles sávban kanyarognak, bár a legnagyobb kanyarulatokkal rendelkező IX. pásztához tartozó meanderövezet átlagosan 4,9 km széles.

A hordalékkúp tengelyében, a Battonyai-hátat megkerülő két pásztában (I. és V.) találkozhatunk „bele nem illő” (misfit) paleomedrekkel, amelyek idősebb meanderező mintázatú paleomedrek talpában alakultak ki, de jóval kisebb kanyarlati paraméterekkel (3. ábra). Átlagos görbületi sugaruk (67–106 m), ívhosszuk (228–340 m) és húr hosszuk (147–229 m), míg a misfit medreket magukba foglaló meanderező mintázatú paleomedrek görbületi sugara (202–208 m) és ívhossza (845–1008 m). Tehát az „anyameder”-ként szolgáló medrek általában 2–3-szor nagyobbak, mint a misfit medrek, míg ívhosszuk 3–4-szeres (435–519 m). A misfit medrek jellegzetessége a bevágódás, amely helyenként az 1–2 méter is elérheti. Például az V. pásztában elhelyezkedő misfit meder árterének tengerszint feletti magassága 0,5 m-rel csökkent 3 km-en belül, miközben medrének talpa közel 1 méterrel került mélyebbre (4. ábra).

A meanderező és misfit mintázatú medrekhez övzátontyok, övzátónysorok, a közöttük elhelyezkedő sarló-

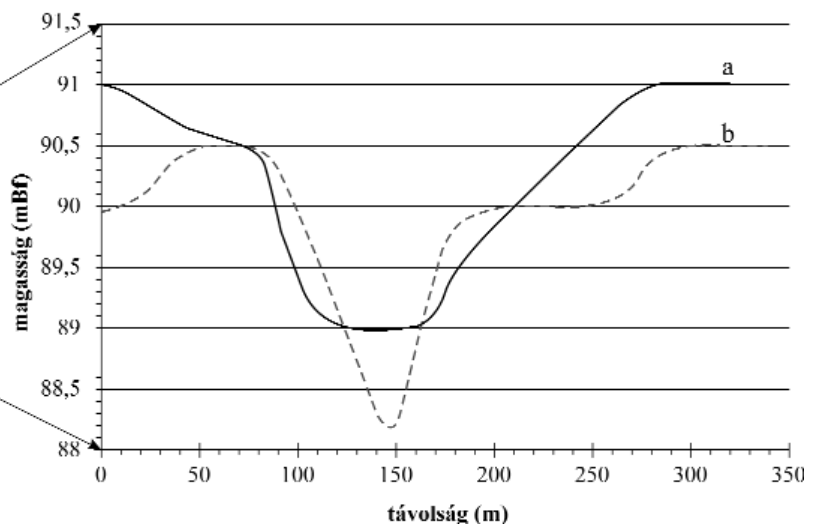
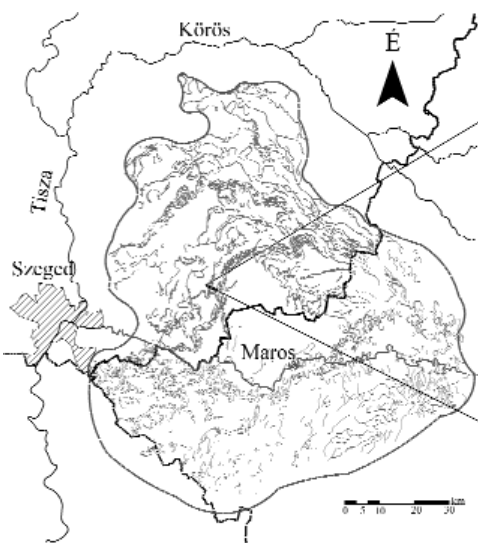
laposok és lecsapoló medrek kapcsolódnak. A meanderező mintázatú pászttákban kialakult és fennmaradt 49 **övezetnysorból** 47% kéttagú, 33% három, 14% négy, míg csupán 6% a hat vagy több tagból áll. Ugyanakkor övezetnysorok egyáltalán nem maradtak fenn az IV. és a VIII. pászta medrei mentén. A fiatalabb misfit medrek belső ívén pedig általában csak egy övezetnysor épült. Az övezetnysorok tagjainak elkülönítését a közöttük mélyebben elhelyezkedő **sarlólaposok** tették lehetővé. A legtöbb tagot számláló övezetnysorok a VII., IX., XIII. pászttában találhatóak, amelyekben az övezetnysorok átlagos távolsága 155–775 m közötti. A három, illetve négy tagból álló övezetnysorok esetében az átlagos távolság kisebb (136–318 m). A pásztták zömében a többtagú övezetnysorok elhelyezkedése általában független térbeli helyzetűtől, noha a hat vagy több tagból álló övezetnysorok a hordalékkúp peremi részén helyezkednek el, ahol az esés 29–31 cm/km közötti. Azonban az I. és XIII. pászttára jellemző, hogy folyásirányban lefelé egyre több tagból álló övezetnysorok fordulnak elő bennük, ahogy a meanderek egyre nagyobbá (pl. XIII. pászta átlagos görbületi sugaruk 458 m-ről 854 m-re nő) és érettebbé válnak (pl. XIII. pászta ívhossz/húr hossz hányadosa 1,21-ről 1,37-re nő). Az I. pászta négytagú övezetnysorai a hordalékkúp centrális részén helyezkednek el, ahol az ártér esése a legkisebb (24 cm/km). Tehát az övezetnysorok tagjainak száma bár kapcsolatban van az ártér esésével, de ezt felülírhatja a kanyarulat folyószakaszon belül elfoglalt helyzete.



3. ábra. A vizsgált hordalékkúp felszínén a paleomederek pásztták jellegzetes medermintázattal rendelkeznek

a = vízfolyás, b = paleomedér, c = hordalékkúp határa, d = OSL mintavételi pontok, e = Battonyai-hát; Paleomederek mintázattípusok = A = fonatos, B = meanderező, C = anasztomizáló

Figure 3. The palaeo-channel zones on the alluvial fan surface have typical channel patterns a = active river, b = palaeo-channel, c = limit of the alluvial fan, d = OSL sampling site, e = Battonya Plateau; Palaeo-channel patterns = A = braided, B = meandering, C = anastomosing

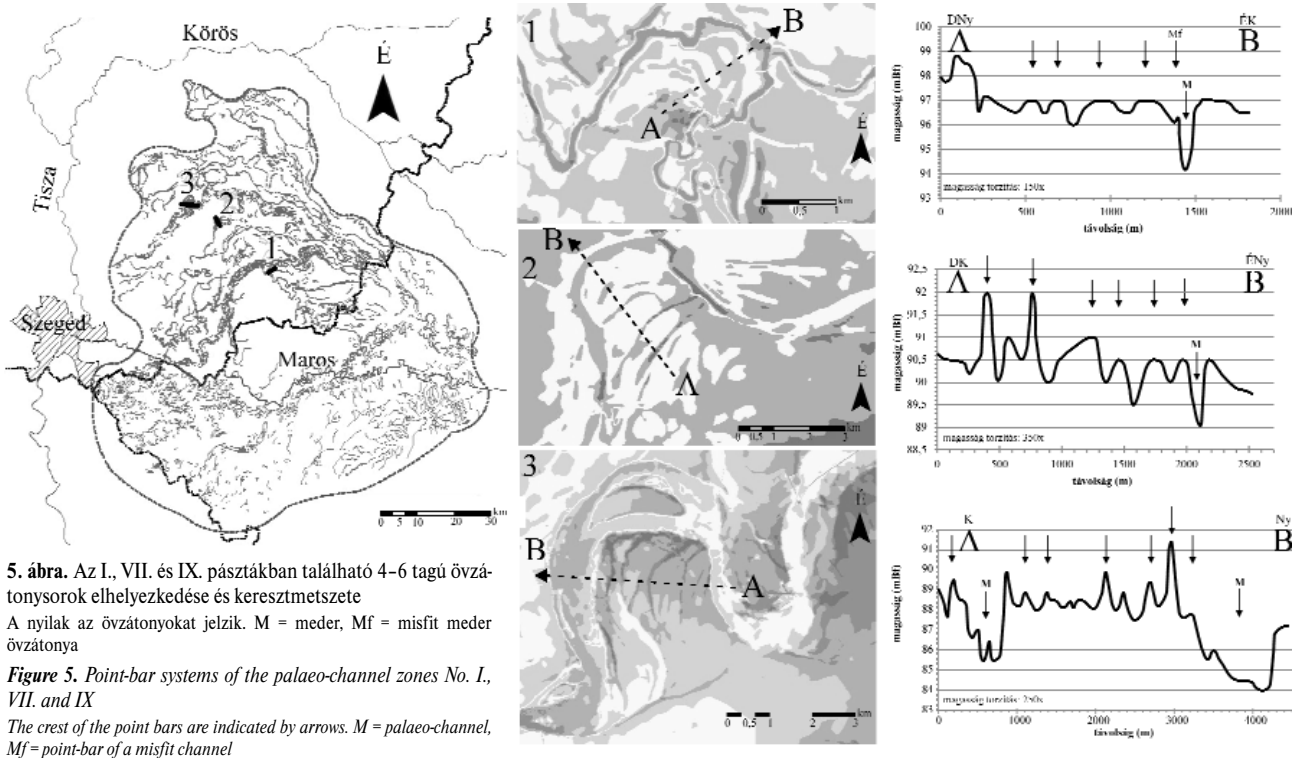


4. ábra. Az V. pászttában található misfit vízfolyás (b) bevágódott az idősebb meder talpába (a)

Figure 4. The misfit channel (b) in zone V was incised into the riverbed of an older palaeo-channel (a)

Az övzátanosorok általában csupán 0,5–1 méterrel emelkednek a partél szintje fölé, illetve azzal azonos magasságban vannak (5. ábra). A legnagyobb meanderek a IX. pásztában találhatóak, itt az övzátányok 2–3 méterrel emelkednek a paleomedér éle fölé. Azt, hogy az övzátanosorok tagjai igen gyakran hasonló magasságban helyezkednek el, okozhatja az, hogy eredetileg sem volt köztük

Szövedékes mintázatú medrek (3. ábra) a hordalékkúp proximális részéhez közeli hordalékkúpfelszínen alakultak ki, négy pásztában (II., IV., IX. és X. pászta). A szövedékes paleomedrek jellegzetessége a számos kis hozamú, többé-kevésbé kanyargós, egymással összeköttetésben álló ágrendszer (TIMÁR 2005). A legépebben és leghosszabban megmaradt szövedékes mintázatú vízfo-



jelentős magasságkülönbség, vagy kialakulásuk után az erózió, a szántás, illetve a vékony löszös köpeny miatt az övzátanosorok részben eltűntek. Ugyanakkor az megfigyelhető, hogy a medertől legtávolabb elhelyezkedő övzátány a legmagasabb, ami illeszkedik a kanyarulatfejlődés általános szabályához, miszerint ahogy nő a kanyarulat fejlettsége, úgy csökken a medermenti övzátány magassága (GÁBRIS et al. 2002). A misfit paleomedrekhez tartozó övzátányok magassága pedig csupán néhány dm, sokszor csak a terepen ismerhetőek fel (5. ábra I. paleomedér-pászta utolsó övzátánya).

Egyes kanyarulatok külső ívéhez **lecsapoló medrek** kapcsolódnak, amelyekbe a főmeder vízállásának megfelelően áramlott a víz (bifurkáció). A legtöbb az I. pászta misfit medréhez kapcsolódik, ahol a kanyarulatok 22%-nál találhatunk lecsapoló medret a kanyarulat külső ívén. A lecsapoló medrek hossza igen különböző, hiszen 200 m és több km között változik. Szélességük függ a lecsapoló meder méretétől, hiszen a már csaknem önálló medernek tekinthető, több km hosszú lecsapoló medrek szélessége 70–150 m közötti, míg a rövidebb (200–300 m) lecsapoló medrek szélessége csupán 30–40 m. A hordalékkúp centrális részén alig találhatunk lecsapoló medreket, míg a nagyobb esésű hordalékkúp-peremi területeken számuk növekszik.

lyás a X. pásztában található. Ez több, mint 70 km hosszan kanyarog a hordalékkúp csúcsi részétől egész a hordalékkúp előteréig, míg a másik három pászta rövidebb (16–28 km). A DDM elemzése azt mutatja, hogy általában a szövedékes paleomedér-pászta mentén a hordalékkúp jelenlegi esése (19–29 cm/km) nagyobb, mint ugyanezen hordalékkúpi felszíneken a meanderező vízfolyásoké (16–24 cm/km), tehát a nagyobb esés állhatott az avulziók kialakulásának hátterében.

A IX. és X. pászta centrális részén a két pászta összefonódásával találkozhatunk egy széles (5–11 km) meder-övezetben, miközben a többi szövedékes paleomedér esetében a pászta szélessége csupán 1–2,5 km.

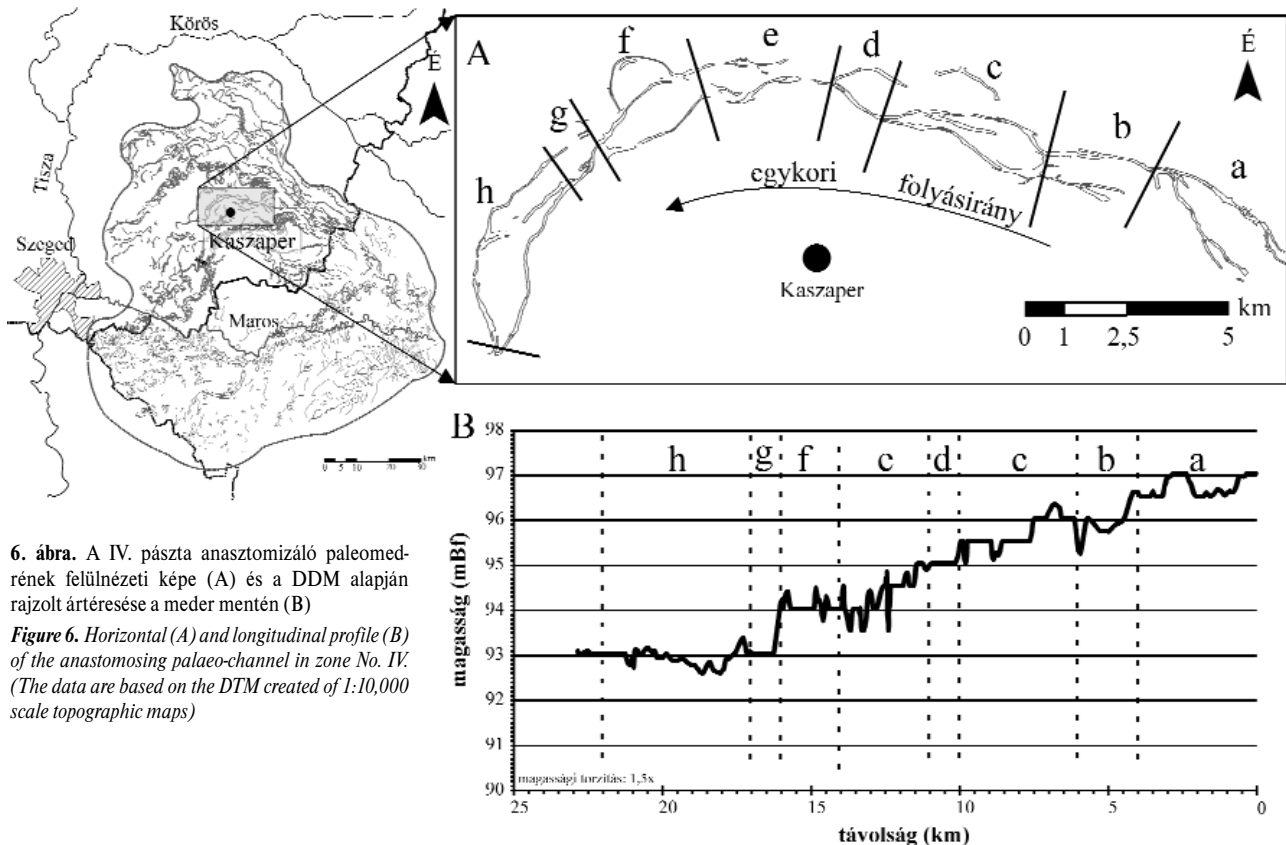
A szövedékes medrek ágrendszerei kanyargósak, a kanyarulatok átlagos görbületi sugara 790 m, ívhossza 1734 m, míg húr hossza 1573 m. A kanyarulatok fejlettségi állapota ($\beta = \text{ívhossz/húr hossz}$ — LACZAY 1982) alapján a szövedékes mintázatú medrek a fejletlen kanyarulatok kategóriájába sorolhatók. Összehasonlításképpen, a hordalékkúp felszínén vizsgált meanderező mintázatú paleomedrek átlagos paraméterei (görbületi sugaruk 1,93-szorosa, ívhosszuk 1,21-szerese, míg húr hosszuk 1,77-szerese) jóval nagyobbak a szövedékes mintázatú medrekénél.

A szövedékes paleomedrek — mintázatukból adódóan — gazdagok avulziós és összefolyási pontokban (MAKASKE 2001). Kialakulásuk nem csupán a gyors ártérfejlődést jelzi, hanem a meder üledék- és vízszállító képességének csökkenését is (MAKASKE et al. 2009). Például a IV. pászta szövedékes paleomedre mentén felvett ártérmagasság profil (6. ábra) kirajzolja a nagyobb összefolyási és avulziós helyeket (amelyek rendre együtt fordulnak elő). Az összefolyási pontok előtt viszonylag kis esésű a terület, majd az összefolyás és avulzió rövid szakasza hirtelen nagyobb esésű, ami

Az is megfigyelhető, hogy a későbbi meanderező meder szélessége az eredeti paleomedre szélességének csupán 7%-ára csökkent.

Elhagyott medrek kora

A meghatározott legidősebb meder kora $18,7 \pm 2,3$ ezer évre tehető, míg a legfiatalabb $1,6 \pm 0,3$ ezer éves, tehát a felszínt behálózó paleomedrek alapján a hordalékkúp felszínfejlődése a würm végétől rekonstruálható (1. táblázat).



6. ábra. A IV. pászta anasztomizáló paleomedrenek felülnézeti képe (A) és a DDM alapján rajzolt ártérsése a meder mentén (B)

Figure 6. Horizontal (A) and longitudinal profile (B) of the anastomosing palaeo-channel in zone No. IV. (The data are based on the DTM created of 1:10,000 scale topographic maps)

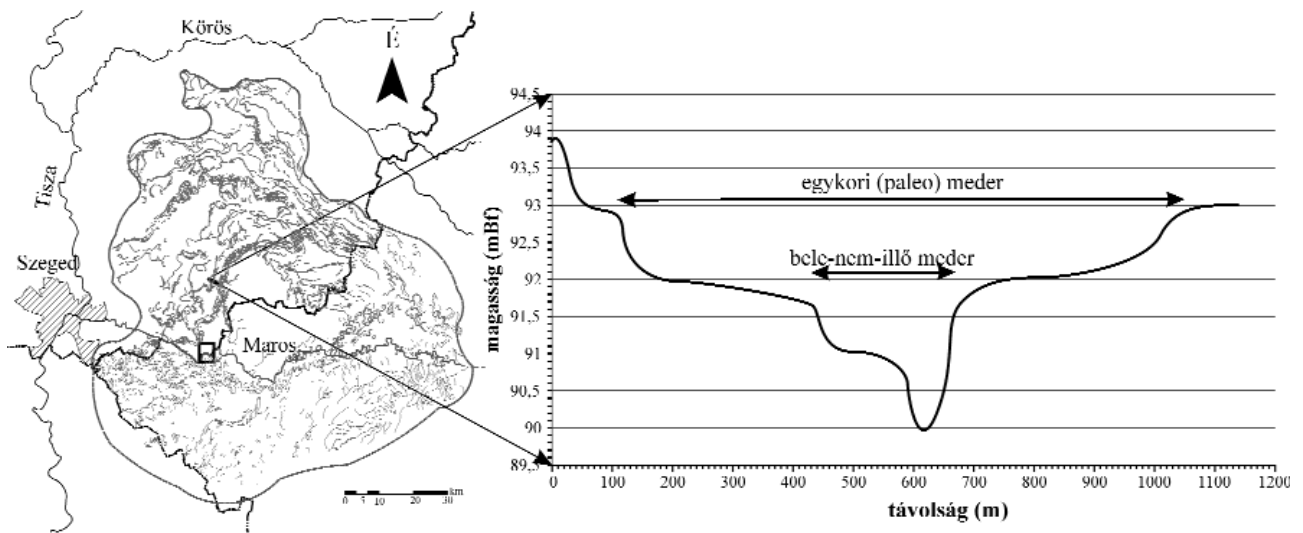
magyarázza az elágazást. A kisebb esésű szakaszok egyben a mellékágak által körülölelt ártéri szigetek előfordulási helyei is, amelyek átlagosan 3,4 km hosszúak és 1,1 km maximális szélességűek.

A fontos mintázat a nagyobb esésű peremi részeken (31 cm/km) gyakrabban jelenik meg (3. ábra). Ez megegyezik RACHOCKI (1981) eredményeivel, miszerint a fonatos medrek általában a hordalékkúp csúcsi és peremi részén alakulnak ki, ahol a terület esése nagyobb. A hordalékkúp felszínén 5 pászta fonatos mintázatú (III., IX., XII., XVII. és XVIII.), amelyek viszonylag hosszan (12–62 km) azonosíthatók. Ezen paleomedrek szélessége átlagosan 2 km, helyenként jelentős tágulatokkal (4,4 km) és szűkületekkel (0,8 km) tagoltak. A III. paleomedre-pászta középső szakaszát egy fiatalabb meanderező vízfolyás ugyan felülírta, de a zátonymaradványokból felismerhető egykori mintázata. A domború ártérmetszetű fonatos paleomedrek többosztatú sodorvonallal és a mederben lévő különböző magasságú (0,5–3 m) zátonyokkal rendelkeztek (7. ábra).

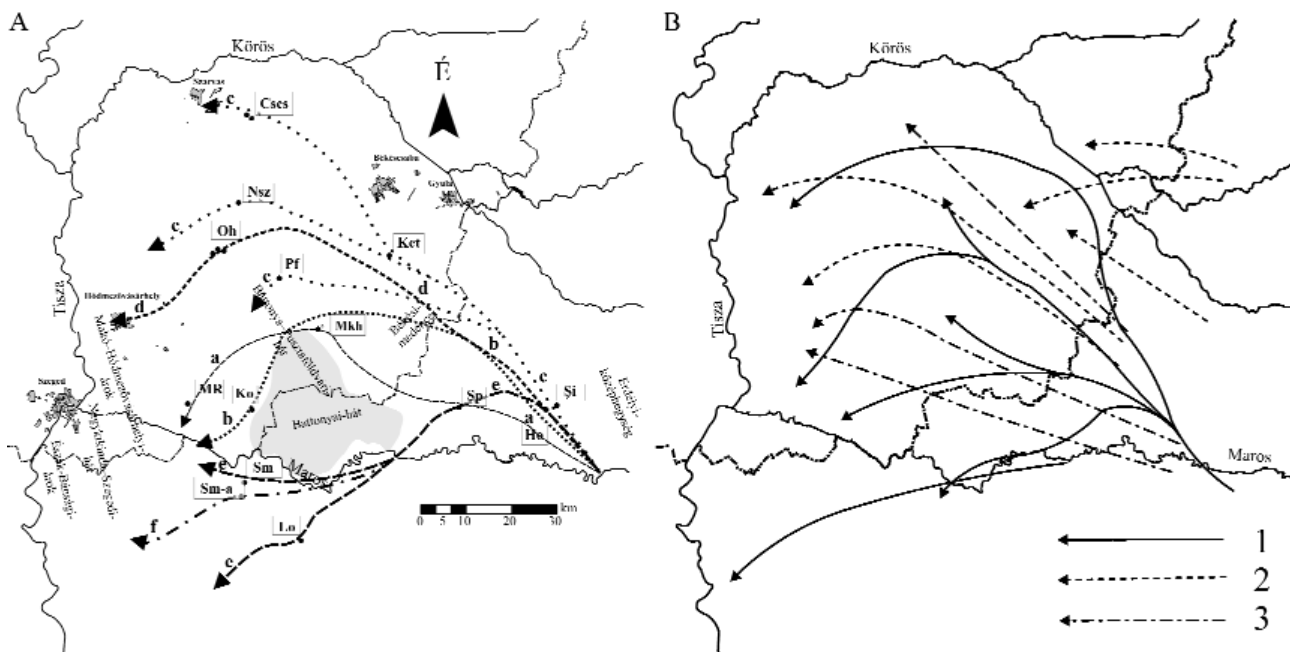
Mivel egy kanyarulatban gyakran megmintáztuk az övzátontonyos első és utolsó tagját is, így lehetőség nyílt arra, hogy meghatározzuk a Maros adott folyásirányon történő megjelenésének és utolsó aktív mederformálásának időpontját is.

A legidősebb felszínen azonosítható paleomedre-pászta $18,7 \pm 2,3$ ezer évtől $13,3 \pm 1,4$ ezer évvel ezelőtig lehetett aktív a hordalékkúp középső részén (8. ábra *a* folyásirány). Ezekben a meanderező paleomedrekben később fiatalabb misfit vízfolyások alakultak ki, amelyek közül a megmintázott I. paleomedre-pásztában lévő kora $12,9 \pm 1,4$ – $11,4 \pm 1,7$ ezer év.

Bár a fenti paleomedre pászta aktivitásának időintervallumába esik, mégis elkülöníthető további két (8. ábra *b*, *c*) folyásirány a hordalékkúpon a medre-pászták futása és kora alapján. Egy fonatos paleomedre-pászta, amely $15,5 \pm 2,0$ ezer évvel ezelőtt volt aktív (8. ábra *b* folyásirány) új folyásirányt vett fel, hiszen proximális szakasza északabbra tolódott, majd hirtelen délnyugatnak fordult,



7. ábra. A III. pászta egykori fonatos paleomedre domború keresztmetszetű, később az I. pászta meandere vágódott a mederbe
 Figure 7. The braided palaeo-channel of zone No. III. has concave cross-section, later a meandering channel (Zone No. I.) incised into it



8. ábra. A: paleomedre-pászták kora alapján meghatározott egykori folyásirányok (a-f), a paleomedre-pászták kora és főbb jellemzőik az 1. táblázatban található; B: MIKE (1975) és BORSY (1989) által meghatározott folyásirányok, ahol 1. felszínen azonosított irányok (MIKE 1975), 2. késő-glaciálisig aktív medrek (BORSY 1989), 3. késő-pleniglaciális elejéig aktív medrek (BORSY 1989)

Figure 8. The reconstructed palaeo-courses (a-f) of the Maros River. The OSL ages and the main features of the palaeo-channels can be found in Table 1; B: Reconstructed palaeo-courses by (1) MIKE (1975) and (2) Late Glacial and (3) Late Pleniglacial palaeo-courses determined by BORSY (1989)

megkerülve a Battonyai-hát kiemelkedését és részben át-dolgozva az előző medergeneráció medrét. Megközelítőleg $15,2 \pm 2,0$ – $14,3 \pm 1,9$ ezer évvel ezelőtt a Maros a hordalék-kúpján még északabbra toldott, s egyes ágai a Körös felé folytak (8. ábra c folyásirány). Ebben az időszakban volt aktív a Romániában található şiriai/világosi meder is (3. ábra, XVI. pászta). Mivel ennek és a nagyszénási paleomedre-pásztának (3. ábra, X. pászta) a mintázata is fonatos, koruk is hasonló (Si: $14,6 \pm 1,7$ ka, Nsz: $15,2 \pm 2,0$ ka), így feltételezhetően ugyanahhoz a folyásirányhoz tartoztak.

Előzetes adataink alapján a XI. paleomedre-pásztát reprezentáló meanderező kétegyházi (KET) meder és a szövedékes IV. paleomedre-pásztából vett pusztaföldvári (PF) minták kora is hasonló (kb. 14–15 ezer év, c folyásirány). A csabacsüdi meder (XIII. paleomedre-pászta) zátonyainak kora $15,1 \pm 1,9$ és $14,3 \pm 1,9$ ezer év. Feltehetően ugyanennek a paleomedrenek a korát határozták meg NÁDOR et al. (2007a), amely mérés szerint a minta $15,4 \pm 1,3$ ezer éves, tehát a hibahatárok figyelembe vételével a mért koradatok nagyon hasonlóknak adódtak, bár ők a megmintázott sza-

kaszt a Fehér-Körös maradványának tartják. Összességében ezek a paleomederek egymást jelentős mértékben átfedő OSL korai arra engednek következtetni, hogy a folyó egyszerre több ágat is táplálhatott, vagy gyakran változtatta medrét.

Megközelítőleg $12,4 \pm 2,1$ ezer éve a Maros ismét visszatért a hordalékkúp középső részére, immár egyetlen folyásirányt felvéve (8. ábra *d* folyásirány). Ennek a paleomederek az a jellegzetessége, hogy, szövedékesből fonatosba, majd fonatosból meanderezőbe, alsóbb szakaszán ismét fonatos mintázatba vált át, aminek oka a hordalék hozamában és szemcseméretében, illetve az esésben bekövetkező változásokban keresendő (KATONA et al. 2012). A meder korát három övzátányában is megvizsgáltuk. Az adatok azt mutatják, hogy a meder aktív lehetett $12,4 \pm 2,1$ ezer évtől $9,6 \pm 1,3$ ezer évig. Ugyanakkor hasonló korúak a legrégebbi medrekben (8. ábra *a* folyásirány) kialakult misfit vízfolyások is ($12,9 \pm 1,4$ ka és $11,4 \pm 1,7$ ka), tehát ekkor esetleg két medret is táplálhatott a Maros.

A Maros folyásirányában a következő nagy átrendezés a holocénben lehetett, hiszen $8,5 \pm 1,1$ ezer évvel ezelőtt a Maros hordalékkúp déli, romániai részét kezdte építeni úgy, hogy először észak felé kanyarodott, majd a Battonyai-hátat délről megkerülve délnyugat felé vette útját (I. táblázat, 8. ábra). Az *e* folyásirány kezdetét jelző horiai meder meanderező mintázatú, kora $8,0 \pm 1,1$ ezer év, majd a folytatását jelző szentpáli (Sânpaul) meanderező meder övzátányai $8,5 \pm 0,9$ és $5,3 \pm 0,8$ ezer évesek, tehát a folyásirányban ez a szakasza viszonylag hosszú időn keresztül fennmaradhatott. A Maros ezután délnyugat felé két medret táplálhatott közel egy időben. Az egyik a $7,1 \pm 1,1$ ezer éves lórántfalvi (Lovrin) fonatos meder, a másik pedig a nagyszentmiklósi (Sânnicolau Mare) meanderező mintázatú paleomeder ($6,1 \pm 1,1$ ka és $3,5 \pm 0,4$ ka), amely a mai Maros mederrel csaknem párhuzamosan futott.

A legfiatalabb paleomederek ($1,6 \pm 1,3$ ka és $1,9 \pm 0,3$ ka) egy darabig a jelenkori Maros medrét követhette, majd délnyugat felé fordult (8. ábra *f* folyásirány). Ma ebben a mederben található az Aranka Nagyszentmiklós közelében. A Maros tehát csupán 2–3 ezer éve foglalhatta el jelenlegi helyét, hordalékkúpjának középső tengelyében.

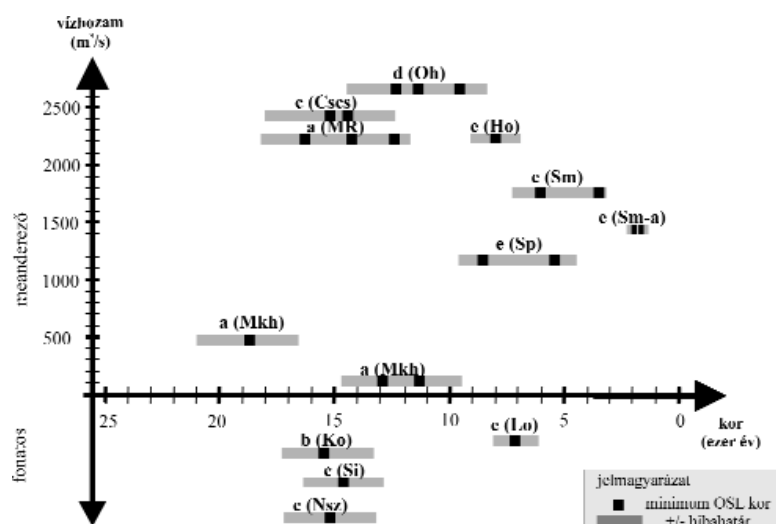
Elhagyott medrek vízhozama

Mivel vannak egyidőben, egymás mellett létező folyásirányok, ezért nem elegendő a meanderek mérete alapján a vízhozam számítása, hiszen az egy időben létező ágak vízhozama összegezve jelzi az uralkodó csapadék- és lefolyásviszonyokat. A paleovízhozam számításokat a meanderező mintázatú medrekre végeztük el (SÜMEGYI & KISS 2011) és a medrek korának függvényében vizsgáltuk (9. ábra). Mivel a fonatos medrekre nem számítottunk vízhozam adatot (recens regio-

nális analógiák hiánya miatt), ezért ezek inkább kvalitatív adatként használhatók az egykori vízhozam rekonstruálásakor. Ugyanakkor meg kell jegyeznünk, hogy KATONA et al. (2012) a fonatos medrek esése és a Manning-képlet segítségével számolt mederkitöltő vízhozamot, bár véleményünk szerint a domború keresztmetszet miatt ennek értéke inkább tájékoztató jellegű lehet.

A Maros 14–18 ezer éve gyakran változhatott az *a-c* folyásirányokon a medrét, hiszen közel 5 pászta létezett közel ugyanazon időintervallumban. Az idősebb (16–18 ezer éves) *a* folyásirány meanderező mintázatú medrei változatos vízhozamot (kb. $500\text{--}2200\text{ m}^3/\text{s}$, I. táblázat) szállítottak. Ez megfelel a korábbi kutatások eredményeinek, miszerint a Ságvár–Lascaux interstadiálisban melegebb és nedvesebb lehetett (NÁDOR et al. 2007a, SÜMEGYI & TÖRÖCSIK 2007). Ráadásul az ilyen éghajlaton jellemző sűrűbb növényzet kedvezhetett a meanderező mintázatú vízfolyások kialakulásának (MURRAY & PAOLA 2003).

A némileg fiatalabb (14–15 ezer éves) *b-c* folyásirányok hatalmas fonatos és meanderező medrei nagy vízhozamú időszakokat jelezhetek (meanderező mintázatú vízfolyás vízhozama $2400\text{--}2500\text{ m}^3/\text{s}$ lehetett, amihez még hozzáadódott a fonatos mintázatú medrek vízhozama), amikor a folyásirány-változások hirtelen bekövetkeztek vagy több meder egyszerre funkcionálhatott, hiszen 4 paleomederek pászta — zömében fonatos mintázattal — közel egy időben képződött. Ez az időszak az idős Dryas második fele és a Bölling lehetett, amelyek csapadékosabbak voltak (NÁDOR et al. 2007a, GÁBRIS & NÁDOR 2007, MEZŐSI 2011), magyarázva a nagy vízhozamú és változékony medrű vízfolyásokat. Mivel a fonatos medrek némileg idősebbek, valószínűsíthető, hogy ezek jöttek létre a gyér növényzetű idős Dryas folyamán, majd a melegedő klímán (SÜMEGYI et al. 2002) a sűrűbb növényzetű partok között jöhetett létre a hatalmas meanderező medrű XIII. pászta.



9. ábra. A kiszámított egykori vízhozamok a medrek korának függvényében ábrázolva. A kisbetűk (a–f) a 8. ábrán feltüntetett folyásirányokat jelzik. A mintavételi helyeket lásd az 1. ábrán.

Figure 9. Calculated bankfull paleo-discharge plotted against OSL ages of the channel. Letters (a–f) indicate the paleocourses of Figure 8. Sampling sites are indicated on Figure 1.

A következő, időben (kb. 9–12 ezer év) és térben is jól elkülönülő *d folyásirány* meanderező-fonatos medre és a vele egyidőben aktív misfit vízfolyások együttesen kb. 2500 m³/s vizet szállíthattak, ami kevesebb lehetett, mint a korábbi időszak egyszerre létező paleomedreinek vízhozama. Ez megfeleltethető a holocén eleji fázisok szárazabb és melegebb éghajlatával (JÁRAINÉ KOMLÓDI 1969, GÁBRIS & NÁDOR 2007, MEZŐSI 2011).

A kb. 6–8 ezer éves *e folyásirány*okhoz fonatos és meanderező medrek is tartoztak. Ezek együttesen igen nagy vízmennyiséget szállíthattak, hiszen a kb. 2000 m³/s mederkitöltő vízhozamú meanderező vízfolyással közel egyidőben még egy széles fonatos mintázatú mederpászta is létezett (melynek vízhozamát KATONA et al. (2012) kb. 1970 m³/s-ra becsülte). Ez magyarázható az atlantikus fázis meleg és csapadékos klímájával. A fonatos medermintázat pedig az atlantikus fázis második, szárazabb felében (GÁBRIS 2003, KISS et al. 2012) jöhetett létre. Az utolsó, *f folyásirány* megközelítőleg 2 ezer éves medrei lecsökkent vízhozamot (1426 m³/s) jeleznek, de még mindig többet, mint a Maros jelenlegi (680 m³/s, SIPOS 2004) mederkitöltő vízhozama.

Következtetések

1. A Maros hordalékkúpjának felszínét sűrűn átszövik (0,78 km/km²) az utóbbi 18–20 ezer évben létrejött medrek, amelyek 18 pászta rendeződtek.

2. A hordalékkúpon található meanderező vízfolyások vándorlásuk során 2–7 tagú övzátanosorokat építettek. Minél több tagú egy övzátanosor annál hosszabb ideig fejlődött, hiszen a legtöbb tagú övzátanosorokkal rendelkező IX. pászta (*d folyásirány*) övzátanosorai az OSL kormeghatározás szerint több ezer évig fejlődhettek (12,4±2,1 kától 9,6±1,3 ka-ig). Ugyanakkor az övzátányoktól mentes IV. és VIII. pászta csak nagyon rövid ideig lehettek aktívak, esetleg csupán fattyúágak voltak.

3. Az elhagyott, meanderező mintázatú vízfolyások talpában lévő „bele nem illő” (misfit medermintázatú) vízfolyásokat kisebb kanyarulati paraméterek, tehát kisebb mederkitöltő vízhozamok jellemezték. Rövid ideig fattyúágakként funkcionálhattak, hiszen míg például a 9–12 ezer évvel ezelőtti *d folyásirány* (IX. pászta) kb. 2600 m³/s mederkitöltő vízhozamot szállított, addig a vele egyidős misfit medrek csupán 20–30 m³/s-t. Rövid aktivitásukra az is utal, hogy rendszerint csupán egy apró övzátányuk van.

4. A szövedékes mintázatú vízfolyások fejletlen kanyarulatokkal jellemezhetőek, számos összefolyási és avulziós pontot fűznek fel. A medrek ártérmagasságának hosszmetrete arra utal, hogy az avulziós pontoknál a felszín esése hirtelen megnő (40–60 cm/km), míg két avulzió között lecsökken (27–40 cm/km). Hasonló változatos esésviszonyt írt le a finom üledékből felépülő hordalékkúpon KELLERHALS & CHURCH (1990).

5. A hordalékkúp felszínén a legváltozatosabb széles-

ségi viszonyok (0,8–4,4 km) a fonatos medreket jellemzik, amelyek 12–62 km hosszan fennmaradtak. Rendszerint zátonyokkal sűrűn tagolt, domború keresztmetszetű medreik vannak, amelyek a hordalékkúp-épülés olyan szakaszaiban alakulhattak ki, amikor a gyér növényzet nem volt képes a partok stabilizálására.

6. Az a tény, hogy a 18–20 ezer éve formálódó paleomederpászta legidősebbje is jól kivehetően fennmaradt azt jelzi, hogy ebben az időszakban a vertikális ártérfeltöltődés nem volt jelentős, hiszen ellenkező esetben az egykori medrek eltemetődtek volna. Ugyanakkor napjainkban a gátakkal leszűkített ártéren gyors az aktív akkumuláció (2,3±0,3 cm/év — KISS et al. 2011), aminek a hatására a hullámtéren levő, a 19. században levágott medrek teljesen feltöltődtek és lassan eltűnnek.

7. A paleomederpászta egyértelműen azt mutatják, hogy a Maros nem lassú és folyamatos ártérátdolgozással építette a hordalékkúpját, hanem a Zámi-szorosból kilépve irányváltatások (avulzió) sorozatán keresztül. Ezt a hordalékkúpon és környezetében bekövetkező relatív süllyedések vagy emelkedések irányíthatták, illetve a nagyobb árvizek okozhatták.

8. A Maros legidősebb medrei kb. 14–18 ezer évvel ezelőtt a hordalékkúp tengelyéről egyre északabbra vándoroltak a Körösök irányába. Több paleomederpászta hasonló OSL kora arra utal, hogy ekkortájt vagy nagyon gyors folyásirányváltások zajlottak, vagy egyszerre több folyásirány is aktív lehetett. A hordalékkúp északi részén az utolsó nagy folyásirányváltás kb. 12 ezer éve történt, amikor a meder délebbre tevődött. A hatalmas meanderező meder és a vele egykorú misfit fattyúágak azt jelzik, hogy ekkortájt a Maros vízhozama kb. 2500 m³/s lehetett.

A következő nagy irányváltás során a Maros kezdetben északra fordult, majd a Battonyai-hátat már dél felől kerülte meg, és a hordalékkúp déli részét kezdte építeni. A 6–8 ezer éve uralkodó meleg és csapadékos klímán kialakult medrek együttesen igen nagy vízmennyiséget szállíthattak (1000–2000 m³/s), hiszen egy nagy vízhozamú meanderező mintázatú vízfolyás mellett egy széles fonatos mintázatú mederpászta is létezett. A hordalékkúp legfiatalabb medrei közel 2000 évesek és vízhozamuk (kb. 1400 m³/s) egyre csökkent. A folyamat végén a mai Maros áll, a legkisebb mederkitöltő vízhozammal (680 m³/s).

9. Összevetve ez eredményeket a Maros hordalékkúpra vonatkozó korábbi eredményekkel megállapítható, hogy a hordalékkúp épülése jóval tovább elhúzódott, mint azt korábban gondolták. A kutatók mindegyike (BORSY 1989, MIKE 1991, ANDÓ 2002) a pleisztocénre tette a hordalékkúp épülését, holott vizsgálataink szerint az a holocénben is végig aktívan formálódott, igaz a szubatantikus fázisban már csökkenő vízhozamok mellett. Ugyanakkor a MIKE (1991) által felvetett lefolyási irányok és az általunk felvázolt pászta megegyeznek, de nem az egész pleisztocént képviselik, csupán az elmúlt kb. 18 ezer évet.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az OTKA 100761 számú és a HUORO/0901/266/2.2.2/01 számú pályázata támogatta.

A kutatás az Európai Unió és Magyarország támoga-

tásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program — Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg.

Irodalom — References

- ADAMIEC, G. & AITKEN, M. 1998: Dose-rate conversion factors: update. — *Ancient TL* **16/2**, 37–49.
- ANDÓ M. 2002: A Tisza vízrendszer hidrogeográfia. — SZTE Természeti Földrajzi Tanszék, Szeged, 89–107.
- ARNOLD, L. J., BAILEY, R. M. & TUCKER, G. E. 2007: Statistical treatment of fluvial dose distributions from southern Colorado arroyo deposits. — *Quaternary Geochronology* **2**, 162–167.
- BLAIR, T. C. & MCPHERSON, J. G. 2009: Alluvial fan processes and forms. — In: PARSON, A. J. & ABRAHAMS, A. D. (eds): *Geomorphology of Desert Environments*. Springer, 413–467.
- BORSY Z. 1987: Az Alföld hordalékkúpjainak fejlődéstörténete. — *Acta Academiae Paedagogicae Nyiregyhaziensis* **11/H**, 5–42.
- BORSY Z. 1989: Az Alföld hordalékkúpjának negyedidőszaki fejlődéstörténete. — *Földrajzi Értesítő* **38/3–4**, 211–224.
- BORSY Z., FÉLEGYHÁZI E. & CSONGOR É. 1989: A Bodrogek kialakulása és vízálózatának változásai. — *Alföldi Tanulmányok*, Békéscsaba, 65–81.
- DÖVÉNYI Z. (szerk.) 2010: *Magyarország kistájainak katasztere*. — MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 274–289.
- FÉLEGYHÁZI E. 1998: Adalékok a Tisza és a Szamos folyóálózatának alakulásához a felső-pleniglaciális időszakban. — *Acta Geogr. Debr.* **34**, 203–218.
- FLOREA, N., ASVADUROV, H. & CIOFLICA, G. 1966: Considerații paleogeografice pe baza profilului cuaternar de la Semlac (Câmpia Tisei). — *Dări de Seamă ale Inst. Geologic* **52/1** (1964–1965), 443–460.
- GALBRAITH, R. F., ROBERTS, R. G., LASLETT, G. M., YOSHIDA, H. & OLLEY, J. M. 1999: Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinmium rock shelter, northern Australia: Part I, experimental design and statistical models. — *Archaeometry* **41**, 339–364.
- GÁBRIS, GY. 1998: Late Glacial and Post Glacial development of drainage network and the paleohydrology in the Great Hungarian Plan. — In: BASSA, L. & KERTÉSZ Á. (eds): *Windows on Hungarian Geography*. Akadémia Kiadó, Budapest, 23–36.
- GÁBRIS GY. 2003: A földtörténet utolsó 30 ezer évének szakaszai és a futóhomok mozgásának főbb periódusai Magyarországon. — *Földrajzi Közlemények* **51**, 1–13.
- GÁBRIS GY., TELBISZ T., NAGY B. & BELARDINELLI E., 2002: A tiszai hullámtér feltöltődésének kérdése és az üledékképződés geomorfológiai alapjai. — *Vízügyi Közlemények* **84/3**, 305–323.
- GÁBRIS, GY. & NÁDOR, A. 2007: Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary: a review and new synthesis. — *Quaternary Science Reviews* **26**, 2758–2782.
- JÁRAINÉ KOMLÓDI M. 1969: Adatok az Alföld negyedkori klíma-és vegetációtörténetéhez II. — *Botanikai Közlemények* **56/1**, 43–55.
- JOÓ I., BALÁZSIK V. & GYENES R. 2000: A jelenkori függőleges felszínmozgások és a Dél-kelet Magyarországon végzett szeizmikus mélyszondázási adatok összehasonlítása. — *Geodézia és Kartográfia* **2000/5**.
- KELLERHALS, R. & CHURCH, M. 1990: Hazard management on Fans, with examples from British Columbia. — In: RACHOCKI, A. H. & CHURCH, M., (eds): *Alluvial Fans — A Field Approach*. — Wiley, Chichester, 335–354.
- KATONA, O., SIPOS, GY., ONACA, A. & ARDELEAN, F. 2012: Reconstruction of water discharge and investigation of fluvial architecture at the Orosháza paleochannel by the means of geophysical methods, preliminary. — *Journal of Environmental Geography* **5/1–2**, 29–38.
- KISS, T., OROSZI, V. GY., SIPOS, GY., FIALA, K. & BENYHE, B. 2011: Accelerated overbank accumulation after nineteenth century river regulation works: A case study on the Maros River, Hungary. — *Geomorphology* **135**, 191–202.
- KISS, T., SIPOS, GY., MAUZ, B. & MEZŐSI, G. 2012: Holocene aeolian sand mobilization, vegetation history and human impact on the stabilized sand dune area of the southern Nyírség, Hungary. — *Quaternary Research* **78/3**, 492–501.
- LACZAY I. 1982: A folyószabályozás tervezésének morfológiai alapjai. — *Vízügyi Közlemények* **64**, 235–255.
- LECCE, S. A. 1990: The Alluvial Fan Problem. — In: RACHOCKI, A. & CHURCH, M. (eds): *Alluvial Fans — A Field Approach*. — John Wiley & Sons, 3–24.
- LEOPOLD, L. B. & WOLMAN, M. G. 1957: River channel patterns: Braided, meandering, and straight. Physiographic and hydraulic studies of rivers. — *Geological Survey Professional Paper* **282-B**. United States Government printing office, Washington, 39–73.
- LÓCZY D. & VERESS M. 2005: *Geomorfológia I. Földfelszíni folyamatok és formák*. — Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 335 p.
- MAKASKE, B. 2001: Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products. — *Earth-Science Reviews* **53**, 149–196.
- MAKASKE, B., SMITH, D. G., BERENDSEN, H. J. A., BOER, A. G., NIELEN-KIEZEBRINK, M. F. & LOCKING, T. 2009: Hydraulic and sedimentary processes causing anastomosing morphology of the upper Columbia River, British Columbia, Canada. — *Geomorphology* **111**, 194–205.
- MAUZ, B., BODE, T., MAINZ, H., BLANCHARD, W., HILGER, R., DIKAU, R. & ZÖLLER, L. 2002: The luminescence dating laboratory at the University of Bonn: equipment and procedures. — *Ancient TL* **20**, 53–61.

- MÁRTON GY. 1914: A Maros alföldi szakasza és fattyúmedrei. — *Földrajzi Közlemények* **52**, 282–301.
- MEZŐSI G. 2011: *Magyarország természetföldrajza*. — Akadémia Kiadó, Budapest, 108–117.
- MIHĂILĂ, N., POPESCU, N. & GIURGEA, P. 1990: Geologia și morfogeneza Câmpiei de Vest (sectorul Arad–Vinga–Pecica) și evoluția Mureșului în cursul său inferior. — *Dări de Seamă ale Inst. de Geologie și Geofizică* **74/4**, 157–172.
- MIKE K. 1991: *Magyarország ősrajza és felszíni vizeinek története*. — Aqua Kiadó, Budapest, 361–577.
- MURKERIJ, A. B. 1990: The Chandigarh Dun alluvial fans: An analysis of the Process-form relationship. — In: RACHOCKI, A. & CHURCH, M. (eds): *Alluvial Fans — A Field Approach*. John Wiley & Sons, 131–149.
- MURRAY, A. B. & PAOLA, C. 2003: Modeling the effects of vegetation on channel pattern in bedload rivers. — *Earth Surface Processes and Landforms* **28**, 131–143.
- NÁDOR A., THAMÓNÉ BOZSÓ E., MAGYARI Á., BABINSZKI E., DUDKO A. & TÓTH Z. 2007a: Neotektonika és klímaváltozás együttes hatása a Körös-medence késő-pleisztocén vízhálózat-fejlődésére. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* **2005**, 131–148.
- NÁDOR, A., THAMÓ-BOZSÓ, E., MAGYARI, Á. & BABINSZKI, E. 2007b: Fluvial responses to tectonics and climate change during the Late Weichselian in the eastern part of the Pannonian Basin (Hungary). — *Sedimentary Geology* **202**, 174–192.
- NAGY B. 2002: A felszínfejlődés késő-pleisztocén–holocén jellegzetességei a Sajó-Hernád hordalékkúpon. — *Földtani Közöny* **132/különszám**, 93–100.
- NAGY B. & FÉLEGYHÁZI E. 2001: A Sajó-Hernád hordalékkúp későpleisztocén mederhálózatának vizsgálata. — *Acta Geographica ac Geologica et meteorologica Debrecina* **35**, 221–233.
- PÉCSI M. 1959: A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalaktana. — In: BULLA B. (szerk.): *Földrajzi Monográfiák III*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 346 p.
- PRESCOTT, J. R. & HUTTON, J. T. 1994: Cosmic ray contributions to dose rates for luminescence and ESR dating: large depths and long-term time variations. — *Radiation Measurements* **23**, 497–500.
- RACHOCKI, A. 1981: *Alluvial Fans — An attempt at an empirical approach*. — John Wiley & Sons, 10–24.
- RITTENOUR, T. M. 2008: Luminescence dating of fluvial deposits: applications to geomorphic, palaeoseismic and archaeological research. — *Boreas* **37**, 613–635.
- ROSGEN, D. L. 1994: A classification of natural rivers. — *Catena* **22**, 169–199.
- SAWICKI, L. 1912: Beiträge zur Morphologie Siebenbürgens. — *Bull. Acad. Sci. Cracovie* 130–265.
- SCHAFARZIK, F. 1918: A budapesti Duna paleohidrográfiája. — *Hidrológiai Közöny* **48**, 184–225.
- SIPOS GY. 2004: Medermintázat és zátonyképződés homokos medrű síksági folyószakaszon (Maros 31–50 fkm). — *Geográfus Doktoranduszok VIII. Országos Konferenciája, Szeged*. CD. ISBN: 963-482-687-3.
- SÜMEGI P., KROLOPP E. & RUDNER E. 2002: Negyedidőszak végi ökoszisztémái változások a Kárpát-medencében térben és időben. — *Földtani Közöny* **132/különszám**, 5–22.
- SÜMEGI P. & TÖRŐCSIK T. 2007: Hazánk növényzete az éghajlatváltozások tükrében. — *Természet Világa* **138/7**, 1–9.
- SÜMEGI P., MAGYARI E., DÁNIEL P., HERTELENDI E. & RUDNER E. 1999: A kardoskúti Fehér-tó negyedidőszaki fejlődéstörténeti rekonstrukciója. — *Földtani Közöny* **129/4**, 479–519.
- SÜMEGHY, B. & KISS, T. 2011: Discharge calculation of paleochannels on the alluvial fan of the Maros River, Hungary. — *Journal of Environmental Geography* **4/1–4**, 11–17.
- THAMÓNÉ BOZSÓ E. & NAGY A. 2011: Késő-negyedidőszaki üledékek betemetődési korának meghatározása kvarcsezemcsék lumineszcens (OSL) vizsgálatával. — *Földtani Közöny* **141/1**, 41–56.
- TIMÁR, G. 2005: Az alluviális folyók alakításai és a típusok kialakulásának feltételei, Irodalmi áttekintés és gyakorlati következtetések. — *Hidrológiai Közöny* **2005/1**, 1–10.
- WINTLE, A. G. & MURRAY, A. S. 2006: A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating protocols. — *Radiation Measurements* **41**, 369–391.

Kézirat beérkezett: 2012. 12. 21.