

Új, kombinált módszerek a Közép-Tisza jelenkori mederképződményeinek jellemzésére

Sedimentation and erosion in the recent channel of the Tisza: integrated study methods

NAGY Ágnes Tímea¹ – TÓTH Tamás² – SZTANÓ Orsolya¹

(12 ábra)

Tárgyszavak: Tisza, holocén, ultra nagy felbontású szeizmikus mérések, mederkeresztmetszelvény, folyóvízi, folyószabályozás

Keywords: Tisza, Holocene, ultra-high resolution seismic, channel cross-section, fluvial, river regulation

Abstract

The aim of the study was to characterize the recent sedimentation on the middle part of the Tisza River by using new, combined methods and datasets. The ultra-high resolution shallow water seismic profiles acquired along the Tisza between Martfű and Kisköre provide the database for the geological interpretation. Two horizons – the recent river floor and the base of the unconsolidated sediments – were depicted and digitalized along more than 100 kms segment of the Tisza in order to show the occurrence and to quantify the morphology of the unconsolidated sediment.

The seismic profiles demonstrate that a great amount of unconsolidated sediment is present on the riverbed. These are arranged partly in sandy dunes with variable size and form on the floor, the flat riverbed is covered by less – most likely fine-grained sediment. Along the half of the track of the seismic sections there is no deposition. Otherwise the sediment is mostly distributed evenly in an average thickness of 1–2 m, forming mainly positive morphological forms on the bed.

The thickness of the unconsolidated sediment was printed on detailed digital maps. Most of the positive morphological elements were interpreted as underwater parts of recent pointbars. The lateral shifting of the channels was strongly influenced by the hydro-dynamical changes induced by the regulation-cut-offs: in general the sinuosity increased on segments affected by regulations. The form and size of the channel-cross sections are also changed significantly, particularly during the first 40–60 years following the regulation works. Majority of the channel-cross-sections showed deepening and narrowing.

Összefoglalás

Munkánk célja a Tisza-meder jelenkori üledékképződése egyes vonásainak bemutatása volt új vizsgálati módszerek felhasználásával. Ebben az első lépés a Tisza Martfű és Kisköre közti szakaszán mért ultra nagy felbontású, egycsatornás, vízi szeizmikus szelvények földtani értelmezése volt. A konszolidálatlan üledék elhelyezkedésének, mennyiségi és morfológiai viszonyainak vizsgálatához két horizontot (a mederfeneket és a konszolidálatlan üledék alját) követtük végig a Közép-Tisza több mint 100 km-nyi szakaszán. A szeizmikus szelvények szerint a területen jelenlévő nagy mennyiségű üledék nagyrészt homok anyagú dűnékbe rendeződik a mederfenéken. A párhuzamos rétegzettségű fekvélelti egyenes mederfenéken lényegesen kevesebb az üledék. A horizontok felhasználásával készült hosszszelvény értelmezése során bebizonyosodott, hogy a mérési nyomvonal felén nincs üledéklerakódás, valamint az, hogy az üledék nagyjából egyenletesen oszlik el a területen 1–2 m átlagvastagságban, és főként pozitív formákban jelentkeznek. A számolt vastagságadatokat koordinátahelyes ábrázolása digitális térképeken a konszolidálatlan üledék elhelyezkedésére derített fényt. Nyilvánvalóvá vált a recens

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Általános és Történelmi Földtani Tanszék, H-1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/c

²Geomega Kft., H-1095 Budapest, Mester u. 4. 1/2.

övezőnyépülés jelentős mértéke, valamint a kanyargósság növekedése, és a kettő összefüggése. A Kötivíz mederkeresztmetszvényeinek zöme a meder kimélyülését mutatta. Számos esetben alátámasztotta az élő övezőny oldalirányú gyarodását is. A keresztmetszvények rámutattak arra, hogy nagymértékű változások a szabályozást követő 40-60 évben következtek be.

Bevezetés

Az ezredforduló katasztrofális árvizei ismét a Tiszára irányították a figyelmet. Ennek nyomán számos munka jelent meg a hullámtér változásával és feltöltődésével kapcsolatban (NAGY et al. 2001; SCHWEITZER 2001; GÁBRIS et al. 2002). A szabályozást követő időszak folyómeder-változásait leíró tanulmányok és ellenőrző mérésekről szóló beszámolók (CHOLNOKY 1907; FEKETE 1911; FÉLEGYHÁZI 1929; SÜMEGHY 1947) és az összefoglaló jellegű művek (LÁSZLÓFFY 1982; MIKE 1991) sorában a mederben végbemenő üledékképződésről és annak változásairól – érthető technikai okokból – sem a korai, sem a mostani kutatásokban nem találkoztunk.

A Tiszán mért egycsatornás sekélyszeizmikus szelvényezés eredeti célja a felszínközeli üledékes és tektonikai szerkezetek feltérképezése volt, melyek a Tisza negyedidőszaki fejlődéstörténetének jobb megismeréséhez járultak hozzá (TÓTH et al. 1997; MIHÁLFY 2001; SZTANÓ et al. 2002, 2003; TÓTH 2003). A szelvények azonban lehetőséget adnak a mederfenék és a recens üledék tanulmányozására is. A szabályozás során létrehozott mederszakaszokon közvetlenül vizsgálható az azóta lerakott üledék, vagy éppen az erodált felszín. A vizsgálatainkba bevontuk a Kötivíz által rendelkezésünkre bocsátott Tisza nyilvántartási szelvényeinek mérési adatait is 1890-től napjainkig. Mindezen adatokat különböző tematikájú térképekkel összevetve térinformatikai rendszerbe helyeztük. E cikk célja az említett módszerek alkalmazhatóságának, valamint különböző eredményeinek bemutatása. A tiszai üledékképződés fejlődésére vonatkozó eredményeket egy korábbi tanulmányban (NAGY et al. 2005) mutattuk be.

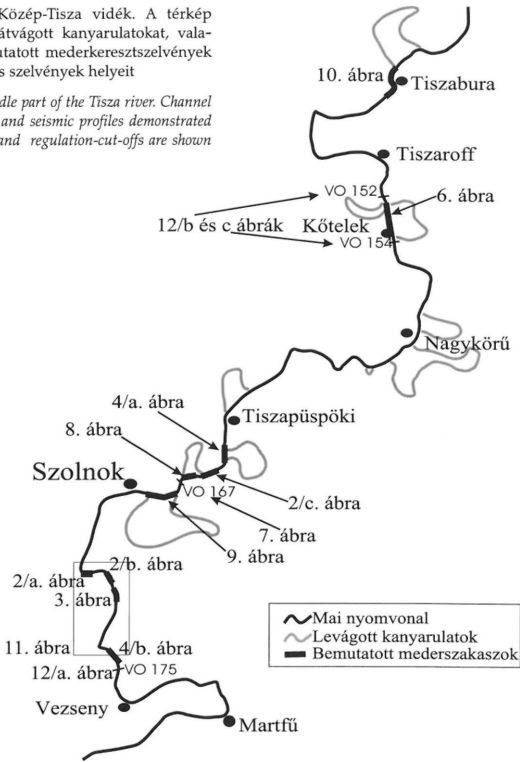
Vizsgált terület

A vizsgálatokat a Közép-Tisza Kiskörétől Martfűig terjedő 102 km-es szakaszán végeztük el (1. ábra). A folyó medrének alakításában a szabályozások kezdetéig a természetes folyamatok játszottak szerepet: tektonikus mozgások, éghajlati hatások, szállított üledék mennyiségének és minőségének változásai. A 19. század második felétől azonban mindezek mellett az emberi tevékenység vált meghatározóvá: a kanyarulatok átmetszése, valamint a töltésépítés megváltoztatta a folyó esését, sebességét, áramlási rendszerét és hordalékszállítási viszonyait. Vásárhelyi terve nyomán a vizsgált területen 1846–1866 között elkészült az összes kanyarátvágás (IHRIG 1973), viszont áttörő eredményeket csak az 1890-es években értek el a KVASSAY irányítása alatt lezajló egységes szabályozással: kotrással és párhuzamos töltésezéssel (KÁROLYI & NEMES 1975).

A Tisza esése a területen az átvágások ellenére is igen kicsi, mindössze 3,7 cm/km, így a folyó meanderező jellegű. A vizsgált szakaszon egyetlen jelentős mellékfolyója, a Zagyva nem szállít be jelentős hordalékot.

1. ábra. A Közép-Tisza vidék. A térkép mutatja az átvágott kanyarulatokat, valamint a bemutatott mederkeresztmetszvények és szeizmikus szelvények helyeit

Fig.1 The middle part of the Tisza river. Channel cross-sections and seismic profiles demonstrated in this paper and regulation-cut-offs are shown on the map



Vizsgálati módszerek

Az ELTE Geofizika Tanszéke és a Geomega Kft. több mint 200 km-nyi egycsatornás sekély szeizmikus szelvényezést végzett a Tisza Martfű és Tiszadob közötti szakaszán IKB-SeistecTM rendszerrel (forrás: Boomer detektálás: 6 hidrofon egy fókuszáló kúpban) (TÓTH 2003). A vízi reflexiós szeizmikus mérések esetében mind a gerjesztés, mind pedig az észlelés víz alatt történik. A vízben a rugalmas hullámok minimális energiavesztéssel terjednek, így a mérések nagy előnye, hogy már a közvetlen mederfenékről és az alatta elhelyezkedő üledékekről is részletes képet kapunk. A felvételezés gyors, egyszerű és relatíve olcsó kivitelezhetősége sem elhanyagolható szempont. Az ultra nagy felbontású egycsatornás szeizmikus mérések

során a szeizmikus forrás hasznos frekvenciája a 1–10 kHz tartományba esik, így a mérések vertikális felbontása 0,1 m, a horizontális 0,5 m (TÓTH et al. 1997).

A mérés folyamán nyert szeizmikus szelvények lövéspontjaihoz MIHÁLFY (2001) rendelt koordinátákat és archiválta. A ProMAX rendszerben végzett szeizmikus feldolgozási műveletei (szűrések, amplitúdó visszaállítás, NMO korrekció, dekonvolúció) javították a szelvények értelmezhetőségét.

A szelvényeken jól elkülöníthetők az idősebb, konszolidált – felső-pleisztocén ártéri és medenceüledékek a fiatal – immár a Tisza által lerakott – konszolidálatlan üledékektől (SZTANÓ et al. 2002, 2003). A laza üledék vastagsága számítható: a felületek két utas futási időben (tw_t) megadott mélysége és a hullámok konszolidálatlan üledékben való terjedési sebességének (1600 m/s) szorzatából.

A kinyert EOVS koordinátahelyes adatokból hossz-szelvény szerkeszthető a mérés nyomvonalán, amelynek segítségével a konszolidálatlan üledék morfológiai viszonyaira világíthatunk rá.

Az üledék eloszlásának okait keresve – az alábbiakban felsorolt – különböző tematikájú térképekkel vetettük össze a szeizmikus szelvények feldolgozásából megkapott recens üledékvastagság-adatokat:

- 1:10 000-es méretarányú digitális Tisza-térkép (Kötivizig): a mérés nyomvonalának, valamint az üledék vastagságának a térképen történt feltüntetése lehetővé tette a meanderező folyómeder alaki sajátjaiból adódó üledéklerakódás és erózió könnyű azonosítását.

- 1:10 000-es méretarányú digitális Tisza-térkép (Kötivizig) a szabályozás előtti (1840–1843) és több köztes időpontbeli (1890, 1929, 1957) nyomvonalakkal: az üledékképződés folyószabályozással való kapcsolatait világította meg.

- Szintvonalas mederfenék-térkép (Kötivizig 2000): a vastagságadatokkal együtt értelmezve az üledéklerakódás morfológiai sajátosságait ismerhettük meg.

- 1790-es LIETZNER-SÁNDOR-féle, valamint az 1845-ös LÁNYI-térkép (SUGÁR 1989): a szabályozás előtti viszonyokat, valamint olyan ősi lefűződés helyeit is megmutatja, melyek a mai térképeken már nincsenek jelezve.

Természetesen, a szeizmikus szelvényekből nyert és térképen ábrázolt üledékvastagság-adatok időben csak egy pillanatnyi képet tükröznek. A kanyarok, illetve a meder fejlődésére, feltöltődésére, illetve eróziójára a mederkeresztszelvények idősorai nyújtanak információt. Az adatok öt különböző időpontban (1890, 1929, 1957, 1976 és 2000) mutatják a meder helyzetét.

Szeizmikus szelvények

A szeizmikus szelvényeken a mederfenék három tipikus megjelenési formája látható: a dűnével (nagy és kis hullámhosszú, hegyes stb.) borított változat, a sík, viszonylag egyenes felszín és a mély eróziós „gödrök” – avagy kottyanók (2. ábra). A mederfenék átlagosan 9 m mélységben jelentkezett a mérés kori vízszinthez képest, ami az akkori vízállásokat figyelembe véve 74–75 mBf. A meder mélysége a legsekélyebb részen 6,4 m, míg a legmélyebb részek – a folyó egyes kanyarulataiban megjelenő eróziós mélyedések – mélységük 15–25 m (az átlagmélység 1,5– 2,5-szerese) között változik (2/a. ábra). Megjelenésük változatos: széles-sekély, mély-keskeny, szimmetrikus, illetve aszimmetrikus.

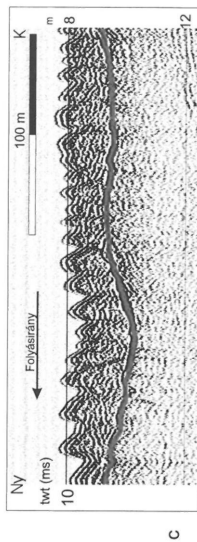
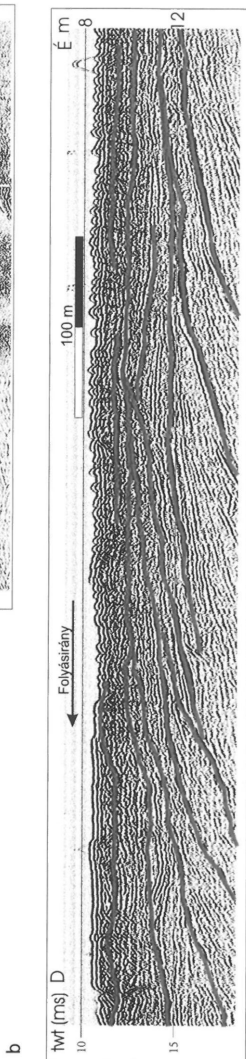
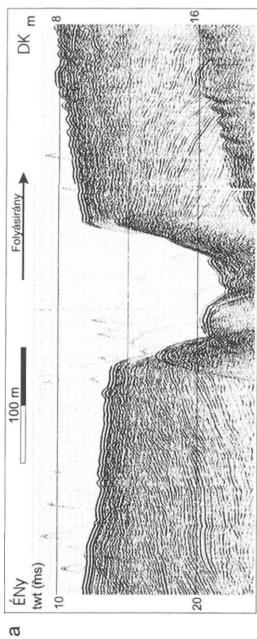
A szelvények körülbelül egyharmadán a mederfenék sík, egymással párhuzamos egyenes reflexiókkal jellemezhető. Két megjelenési formája különíthető el jól. Az első esetben a ferde reflexiókkal jellemzett idős övzátony üledéksorra (cf. SZTANÓ et al. 2002) folyamatosan települ a síkrétegzett idős ártéri, feltételezhetőleg agyagos üledék (2/b. ábra). A két rétegcsoport között nem látható éles eróziós felület, amely az ismert meanderfejlődési modellek (cf. ALLEN 1965) tükrében érthető. Az ősi ártéri rétegek felett általában nincs recens üledéklerakódás, vagy csak kis kezdeti homokdűnét hajt felettük a víz. Tehát az első típusban az idős ártéri pélitek adják a recens mederfeneket.

A második esetben a mederfeneket egy nagyon erős reflexió jellemzi, ami alatt fokozatosan gyengülő, de vele teljesen párhuzamos reflexiók jelentkeznek, melyek esetenként gyengébb, ferde reflexiókat metszenek. Ezek a párhuzamos felületek egy kemény, nagy impedancia-kontrasztal jellemzett képződmény álflexióiként értelmezhetők. Ilyen esetekben a közvetlenül alatta lévő rétegekről nem nyerhető információ, az viszont biztosan megállapítható, hogy recens, konszolidálatlan üledék nem lehet alatta, hiszen már ez a felület is kemény, konszolidált.

A konszolidálatlan üledék megjelenése általában a dűnékkel borított, azaz homok anyagú mederfenékhez köthető (2/c. ábra). A dűnék mérete, alakja – legalábbis szeizmikus leképződésük alapján – rendkívül változatos. Méret alapján két típus jelenik meg gyakrabban: a dűnék mérete mélyebb vízben valamivel nagyobb (hullámhossz=25–26 m és magasság=0,9–1 m), míg sekélyebben kisebb (hullámhossz=14–15 m és magasság=0,5–0,6 m). A gyakori „gömbölyded” hátú dűnék mellett magas, hegyes és „zászlós” formákkal is találkozunk. [Ezen összehasonlítások a szeizmikus képekre értendők, melyek többszörösen (kb. 40-szeresen) túlmagasítottak, de azért az eredeti morfológia különböző jellegeire áttételesen utalnak.] A formák és méretek közti különbség elsősorban az építéshez rendelkezésre álló anyag mennyiségétől és az áramló közeg vastagságától, azaz a folyó mélységétől függ (ALLEN 1984).

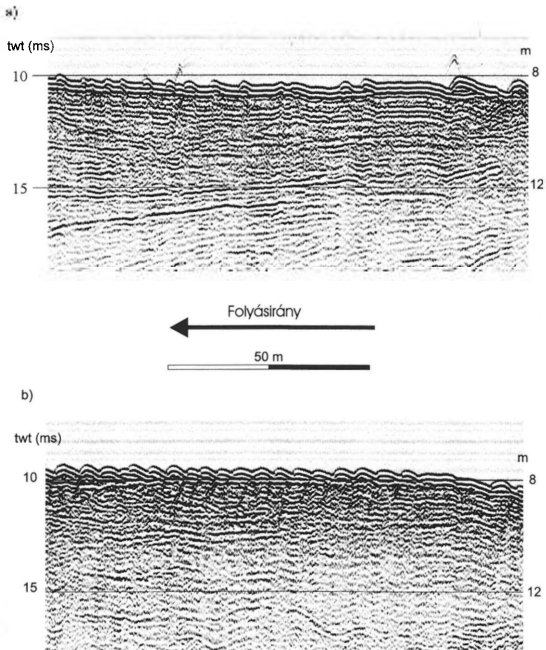
A finom, iszapos üledék felszíne majdnem teljesen sík. Ha ilyen felületre homokot sodor az áramlás, ott a dűnéképződés kezdeti szakasza és folyamata is végigkövethető a szelvényeken: a sík felszínen kezdetben csak egy-egy homokdűne jelenik meg, majd egyre több. Ott pedig, ahol sok homok áll rendelkezésre, kialakul az összefüggő dűnesor (3. ábra).

A konszolidált és laza üledék közötti határ nem mindig éles, viszont a szabályozással készített új mederszakaszokon szinte mindig határozottan kirajzolóódik (4/a. ábra). A határ az a legfelső eróziós felület, amely felett az üledék szerkezet nélküli, vagy csak foszlányokban látható a szerkezet. Ha van szerkezet, az leginkább vízszinteshez közeli rétegzést mutat (4/b. ábra). Helyenként az üledék mélyedéseket tölt ki, máshol dombok épülnek belőle. Gyakori jelenség, hogy a konszolidálatlan üledék korábbi övzátony rétegsor felett nagyobb vastagságban jelenik meg, ellenben az idős, ártéri üledék felett sokkal vékonyabb vagy hiányzik.



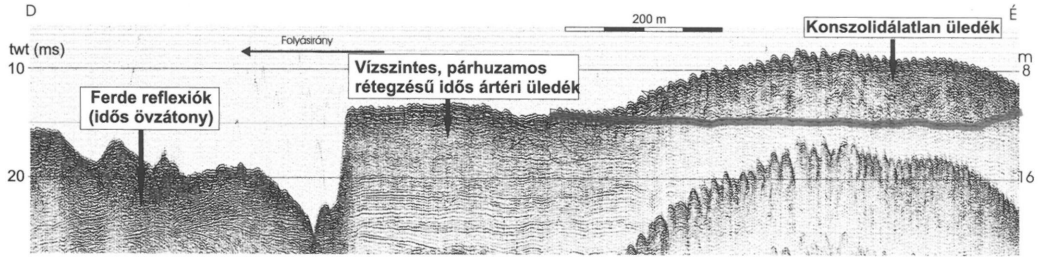
← 2. ábra. A recens mederfenék morfológiája. a) A tószegi kanyar kottyanója éles árokként jelentkezik. A hegyesszögű kanyarban a fekvő látszólag kétfelé dőlő ferde reflexiói ugyanarról a kb. ÉK-re dőlő testről (idős övzátonyról) származnak. b) A mederfeneket párhuzamos vízszintes reflexiók jellemzik a szelvény déli végén, mely pélyites mederfeneket valószínűsít. A szelvény északi oldalán a mederfenéken vándorló kis homokdűnéket látunk. c) Az eróziós felszín felett elhelyezkedő laza, homok szemcseméretű üledék az áramló közeg hatására dűnébe rendeződött. A dűnék aszimmetrikus alakjából kiolvasható a Tisza folyásiránya

Fig. 2 Morphology of the recent river floor. a) The pool of the bend of Tószeg occurs as a deep hole. The two reflexions of the underlayer seemed to dip two different directions in the acute-angled bend are derived from the one, old pointbar dipping to north-east. b) The river floor is described as horizontal, parallel reflexions at the southern end of the profile. The series of inclined reflexions dipping to south below them continue to these horizontal reflexions. It can be interpreted as the upper part of an older pointbar and the overlaid floodplain deposits. Small sandy dunes moving on the river floor can be seen at the northern part of the profile, while at the southern part the plain surface is supposed as a fine grained river floor. c) The unconsolidated, sandy deposit above the erosional surface was arranged into dunes by the flow. The flow-direction of the Tisza can be deduced from the asymmetrical form of the dunes. It could be observed that the size of the dunes in deep water (wave-length=25–26 m and height= 0.9–1 m) than in shallow water (wave-length=14–15 m and height= 0.5–0.6 m)

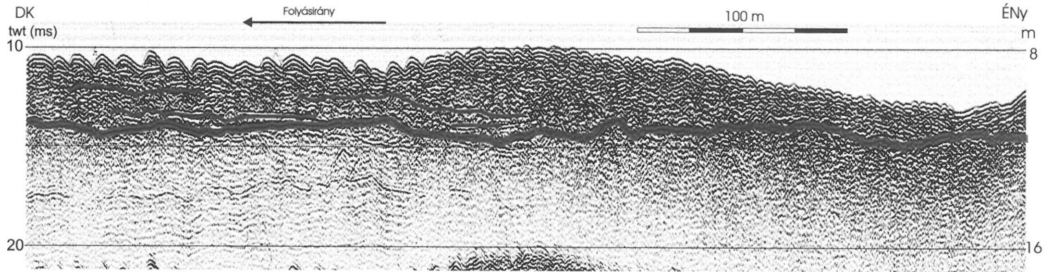


3. ábra. A dűneképződés szakaszai: a) Az egyenes (valószínűleg nem homok anyagú) mederfenéken először csak elszórva jelenik meg egy-egy kezdetleges homokdűne. b) Ahol már kellő mennyiségű homok áll rendelkezésre, ott kialakul az összefüggő dűnesor

Fig 3 The periods of dune-formation: a) At first time only some aborted dunes appear sporadically on the plain river floor. b) The continuous row of the dunes can form where enough sand is accessible



4/a. ábra:



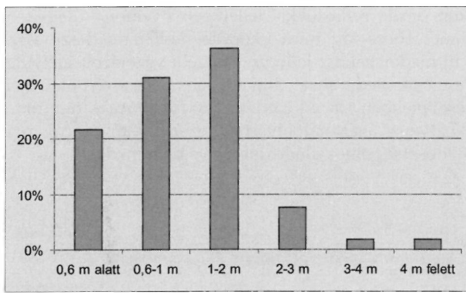
4/b. ábra:

←4. ábra. a) A szajoli levágás során kialakított új mederszakaszon a mederfenék hosszan, nagyjából vízszintesen fut az alatta települő idős, feltehetőleg agyagos ártéri üledékek által meghatározott térszínen. A szelvény déli végén kb. 6 m-rel mélyebbre vágódik a Tisza medre, a ferde reflexiók arra engednek következtetni, hogy itt a mederfenék fekéje homokos. Ez szép példája annak, hogy a szabályozás után a vezérárból anyamederré alakulás során a víz árja elmosta a könnyebben erodálható üledékanyagot, majd a péltés rétegeket elérve az erózió ezen a síkon fut végig. b) A szelvény DK-i oldalán a laza és a konszolidált üledék közt erős, nagy amplitúdójú reflexió húzódik, mely az ÉNy-i részen már nehezen követhető

Fig 4 a) The new river floor formed by the regulation near Szajol runs longly, nearly horizontally on a plain surface, which consists of older, supposable silty floodplain deposits. On the southern end of the profile the river incised 6 m deeper. Sandy underlayer can be deduced here from the inclined reflexions. It is a nice example of the fact that the water eroded the sandy (easier to erode) deposit and the erosion – reaching the silty layers – went forward on this surface. On the northern end of the profile more than 4 m thick unconsolidated deposit can be seen in the new channel. b) The high amplitude reflexion between the consolidated and unconsolidated deposit at the south-east part of the profile can be followed hardly at the north-west part of it. The light deposit shows only weak architecture as nearly horizontal reflexion

Vastagságok eloszlása

A vizsgált folyószakasz 45%-án nincs recens üledéklerakódás. A fennmaradt 55%-on a vastagságok gyakorisági eloszlását az alábbi diagram szemlélteti (5. ábra). A mérés nyomvonalán a maximális vastagság 5,3 m (a nagykörűi alsó átvágásnál). Az üledék az esetek 90%-ban 2 m-nél kisebb vastagságban rakódik le. Az átlagos



5. ábra. A konszolidálatlan üledék vastagságának megoszlása: az üledék csaknem 90%-a kis vastagságban halmozódik fel, leggyakoribb az 1–2 m közti lerakódás

Fig 5 Distribution of the unconsolidated deposit: 90% of it accumulate in weak thickness, the average thickness is between 1 and 2 m

vastagság 1–2 m közötti, de itt is dominálnak a kisebb értékek. Ez az eloszlás azt mutatja, hogy a folyó nagyjából egyenletesen osztja el a fenéken az üledéket. A kiugró nagy vastagságok ritkák.

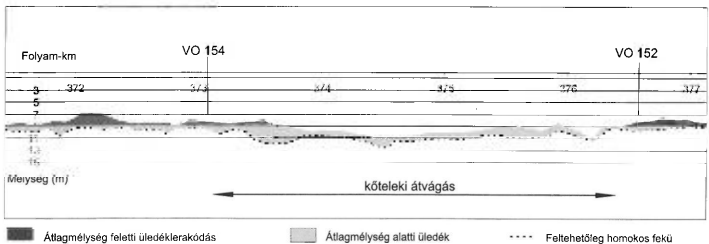
Hossz-szelvény

Mint ahogy a szeizmikus szelvények, a hossz-szelvény is túlmagasított (2-szeresen), hogy a jelenségek láthatóbbak és könnyebben értelmezhetőek legyenek. A Szolnok alatti – átvágásokkal nem érintett szakaszon – az üledék az átlagmely-

ségnél (9 m) mélyebb „gödörökben”, azaz negatív medermorfológiai formákban helyezkedik el. Míg az erősen szabályozott, Szolnok feletti szakaszon inkább „dombokban” (pozitív formákban), az átlagos mederaljazat mélysége felett halmozódik össze. Ez a felsőbb szakasz üledékbőségét jelzi, míg az alsóbb szakaszon a kevesebb hordalékot a Tisza csak a mélyedések feltöltésére használja. Az üledékbőség oka a kanyarlevágásokban keresendő: a kanyarulatok levágása után a vezérárok anyamederré alakulását a Tisza természetes eróziójára bízták. A folyó maga mélyítette ki medrét, közben rengeteg anyagot erodálva és tovaszállítva. A megnövelt esés azonban nem volt elég ahhoz, hogy ezt a hordalékanyagot messzire szállítsa a folyó, így azok az átvágások után többnyire a kanyarok élő övzátonyaiban, ritkán a meder alján feltöltődésként jelentkeznek. A nagyobb „dombok” szinte kivétel nélkül az élő övzátány hosszmetsetét jelzik. Természetesen az övzátányok Szolnok alatt is „dombokként” jelennek meg.

A meder mélysége és a mederfekü feltételezhető litológiája közt összefüggés mutatkozik: a mederfenék hossz-szelvényének nagy részén a vízszintes reflexiókat okozó, átlagosan 9 m mélyen jelentkező idős ártéri agyagokon fut, így feltételezhető, hogy e mélységben volt egy, a Tiszát megelőző nagyobb folyó (cf. GÁBRIS 2002) ártere. A homokos aljazat mélysége ennél sokkal nagyobb szórású mutató, és nemcsak kimélyüléssel találkozunk, amit egyszerű lenne magyarázni a könnyebben erodálhatósággal.

A kanyarulatok átvágásával létrejött új mederszakaszok gyakran elkülöníthetők a hossz-szelvény alapján. Például a kőtelki átvágás esetében az új nyomvonal könnyen erodálható homokon (ferde reflexiókkal jellemzett övzátány üledéken) fut, ahol az esést nyert folyó mélyebbre vág, mint a korábbi meder, majd azt vissza is töltötte (6. ábra). A szajoli új mederszakasz jellegzetessége a vezérárok mélyüléssel kialakult majdnem teljesen sík mederaljazat, ami agyagos, idős ártéri üledéken fut végig (4/a ábra). Erre a későbbiekben vastag üledék rakódott. Arra is rámutat a szelvény, hogy a tiszapüspöki átvágás azért vált olyan nehezen anyamederré, mert a környezetéből kiemelkedő, idősebb pélites üledéken fut végig a meder.



6. ábra A kőtelki átvágás hosszmetsete. A szelvény mutatja, hogy az új nyomvonalon a folyó mélyebbre erodált az idős övzátány homokjába, mint az eredeti medre; majd ezt aztán kissé feltöltötte, de a meder még mindig mélyebb az átlagosnál. Az ábrán láthatók a bemutatott VO szelvények helyei is

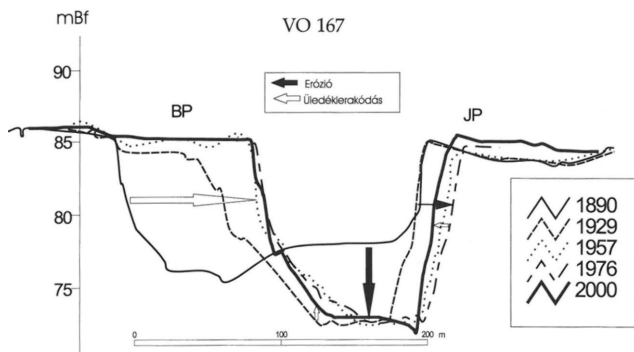
Fig. 6 Longitudinal section of the cut-off of Kőtelek. The section shows that the river eroded deeper into the sand of the old pointbar on the new route, than into its previous bed. However it filled it back a bit, it is still deeper than the average bed. VO sections also can be seen on the figure

Az átvágásokat közvetlenül követő mederszakaszokon nem észleltünk szignifikánsan vastagabb üledéklerakódásokat, ami alátámasztja azt, hogy az új szakaszból erodált üledékanyagot a folyó általában nagy területen szétteregette.

Térképek

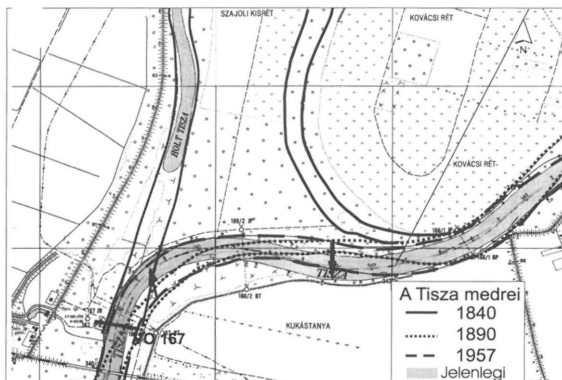
A szeizmikus szelvények (és a hossz-szelvény) által mutatott pozitív vagy negatív medermorfológiai formák magyarázhatóvá váltak a nyomvonal pontos térképi ismeretében. A legtöbb üledéklerakódás a kanyarok domború oldalán övzátóny formájában jelent meg (például: martfűi, vezsenyi, tiszavárkonyi, szolnoki kanyar, valamint Besenyszög alatt). A mély eróziós árkok pedig szinte kivétel nélkül a kanyarok homorú oldalán találhatóak (például: 361 fkm-nél, 388 fkm-nél, tiszaburai kanyar, tiszasülyi kanyar). Az övzátóny nagymértékű épülése esetén néha még a meder közepén, illetve a homorú parthoz közelebb eső részeken is található üledéklerakódást, igazolva azt, hogy az övzátóny gyakran a mederszélesség kétharmadát is elfoglalhatja (cf. ALLEN 1984).

Gyakran megfigyelhető, hogy a szabályozás során ásott egyenes vezérárók meanderezni kezdett az eltelt 100–150 év alatt, akár 100 m-t eltolódva eredeti helyétől (VO 167 – 7. ábra). Helyenként az új szakaszt megelőző, illetve követő kanyarok meanderezési iránya is megváltozott, mint például a tiszaburai, köteltki, tenyői vagy szajoli átvágások esetében (8. ábra). A folyó tehát az új körülményekhez igazodva növelte kanyargóságát ott, ahol ez lehetséges.



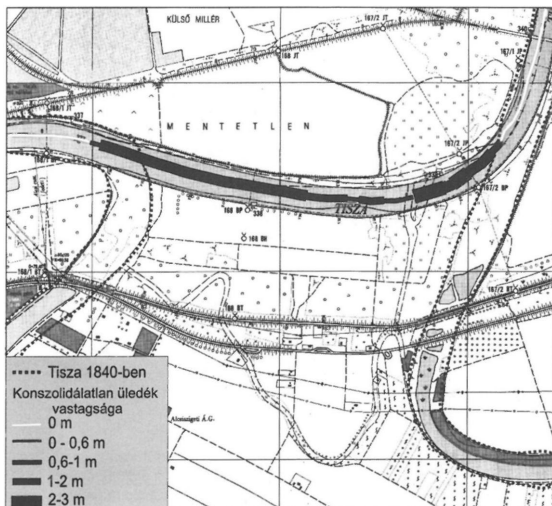
7. ábra. A széles, sekély meder mintegy 100 m-t mozdult el a jobb part irányába, miközben kimélyült és keskenyebbé is vált Nagymértékű változás a szabályozást követően 1929-ig zajlott le. A meder ezt követően kissé feltöltődött, míg az utolsó intervallumot pár méteres balra tolódás jellemezte. BP=bal part, JP=jobb part

Fig. 7 The wide and shallow channel moved against to the right bank nearly 100 m while it had been deepening and narrowing. Enormous change happened after the regulation till 1929. Then the channel filled up a bit and in the last period moved a few metres against left. BP= left bank, JP= right bank



8. ábra. A tenyői kanyarulat levágása során kialakított új mederszakaszon az élő övzátány oldalirányú gyarapodása a kanyargósság növekedésében fejeződik ki

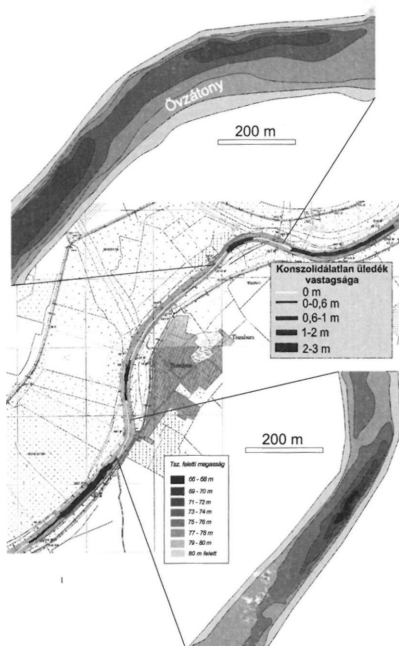
Fig. 8 The lateral accretion of the recent pointbar is expressed by the increasing of the sinuosity in the cut-off of Tenyő



9. ábra. A Szolnokonál kialakított új mederszakaszon is közel 2 méter vastag jelenkori üledéklerakódást tapasztalunk

Fig. 9 In the new channel made by the river-regulation near to Szolnok 2 m thick recent deposit can be observed

Az alig 150 éves mederszakaszokon is találhatunk konszolidálatlan üledéket, esetenként nem is keveset, ami – a mederszabályozás egyik célja ellenére – azt bizonyítja, hogy mégis rakódik le üledék a mederben, s nemcsak a természetes



10. ábra. A szeizmikus szelvényekével körülbelül megegyező felbontású medertopográfia térkép 2 részlete a Tiszabura feletti és alatti kanyar mederaljzatának részleteit is megmutatja. A felső kanyar vastag konszolidálatlan üledéke övzátóny formájában jelenik meg, míg az alsó kanyarban az üledék hiányát a kótyanó jelenléte magyarázza

Fig. 10 The two examples of the channel-topography map having near the same resolution as the seismic profiles shows the details of the river floor of the two bend at Tiszabura. In the upper bend great amount of unconsolidated sediment appears as a pointbar deposits, while the lack of it in the southern bend is explained by the presence of a pool near to the thalweg

övzátónyépülés következtében (például szajoli átvágás – 4. ábra, kőtelki átvágás – 6. ábra, szolnoki átvágás – 9. ábra).

A medertopográfia térkép segítségével a szeizmikus szelvényeken csak vonal mentén kimutatott pozitív és negatív topográfiai formákhoz (kiemelt padok, mélyedések, övzátóny vagy kótyanó) térbeli kiterjedést is rendelhetünk, mivel a felvételek felbontása összevethető a szeizmikáéval (10. ábra).

A régi térképek olyan ősi meandernyomokat is megmutatnak, melyeket a mai térképek már nem ábrázolnak. Sokszor több generációs, egymást metsző nyomokat is megfigyelhetünk, mint például a tiszavárkonyi szakaszon (11. ábra). Ezek a szeizmikus szelvényen látott jelenségek magyarázatára a legtöbb esetben nem használhatók fel, ugyanis a Tisza mai mederfeneké alatt, 72–77 mBf mélységben megjelenő üledékes szerkezetek nem vethetők össze a többnyire magas ártéren található felszíni nyomokkal (83–86 mBf). Vizsgálatuk azonban mégis hasznos volt



11. ábra. Az 1845-ös LÁNYI-térkép kivágatán fekete kiemelések mutatják a néhány fázissal korábbi természetes medrek kanyarulatait, sőt helyenként még az oldalirányú gyarodásuk során kialakuló íves övzátonyokat is látjuk

Fig. 11 On the slice of the map of Lányi from 1845 natural meanders existing some phase earlier are presented by black lines

– még ha geodéziai pontosságuk nem is vethető össze a mai térképekével – mert a Tisza eredeti (szabályozás előtti) állapotáról, természetes vándorlásairól, azok méretéről és sebességéről hozzávetőleges képet kapunk.

Mederkeresztshelvények

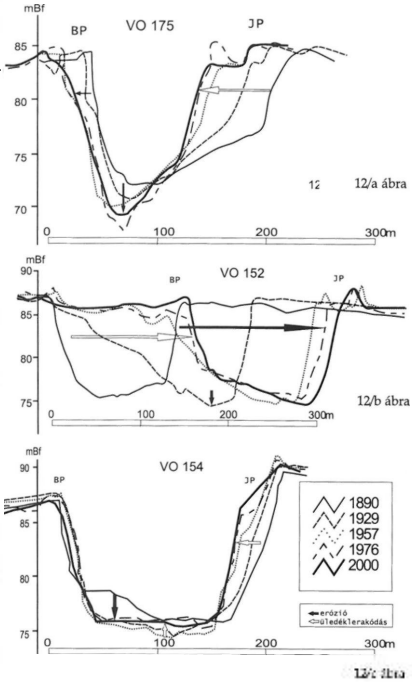
A mederkeresztshelvények (Kötivizig) jó összhangban vannak a szeizmikus shelvények értelmezéséből nyert üledékvastagság adatokkal.

A kisebb eltérések egyik feltételezhető oka, hogy míg a mederkeresztshelvényekhez felhasznált adatsorok csak az elmúlt 100 év időintervallumát fogják át, addig a szeizmikus shelvények az üledékképződés sokkal hosszabb időtartalmáról nyújtanak képet.

A térképeken megfigyelhető kanyarfejlődés, valamint medervándorlás a keresztshelvényeken is vizsgálható. A shelvények egyik előnye, hogy a laterális vándorlás mellett a meder alakjának, valamint a keresztmetszet méretének válto-

12. ábra. a/ A bal part kisebb mértékben tolódt el az erózió következtében, mint ahogy a jobb parti övzátony gyarapodott. Mindeközben bevágódás is történt, tehát a meder keskenyebbé és mélyebbé vált. A változások fokozatosan mentek végbe, de a nagyobb mértékűek 1957-ig lezajlottak.. b/ Az első két lépésben a meder több mint 150 m-t vándorolt oldalirányban, ami a meanderézis-irány megváltozásának köszönhető. Az első 40 évben a meder aszimmetrikussá, és kissé mélyebbé vált, ezt követően azonban már csak oldalirányban mozgott: 1957-ig még intenzíven, aztán egyre csökkenő mértékben. c) A meder 1957-ig több m-t mélyült, majd azóta a mederfenéken üledéklerakódást tapasztalunk. A meder keskenyebbé és mélyebbé válása itt is megfigyelhető. BP=bal part, JP=jobb part.

Fig. 12 a/ Left bank moved less distance by erosion than the right bank moved by the lateral accretion. During it incision happened so the channel became deeper and more narrow. The changes occurred continuously, but enormous one took place till 1957./ In the two first step the channel shifted laterally more than 150 m due to the changing of the direction of meandering. In the first 40 years the channel became more symmetrical and a bit deeper, but after it only lateral shifting happened c/ The channel deepened a few meters till 1957. After it deposition can be observed on the river floor. Deepening and narrowing can be described on this channel-cross-section too. BP= left bank, JP= right bank



zását (ami a levezethető vízmennyiséget meghatározza) is megmutatja, mindehhez időbeliséget társítva.

Általában elmondható, hogy a meder kis mértékben keskenyebbé és mélyebbé, valamint szimmetrikusabbá vált az ábrázolt idő alatt a vizsgált 41 db szelvényben (7. és 12/a ábra). Speciális esetben a vezérárok anyamederré válása is megfigyelhető.

A jelenség a már korábban tárgyaltakhoz hasonlóan a Szolnok alatti szakaszon érzékelhető erőteljesebben, ami összefüggésben lehet azzal, hogy a Tisza által mozgott üledék mennyisége ezen a szakaszon kevesebb. A laza üledék itt többnyire oldalirányú gyarapodásként jelenik meg, a kanyarok belső oldalán „élő övzátonyok” formájában (12/a és 12/b ábra), de helyenként megfigyelhető a mederfenék feltöltődése is (12/c ábra).

A keresztshelvények nagy hányadánál – a történelmi adatokkal összhangban – a legtöbb esetben 1890 és 1929 között tapasztalható nagy mértékű változás. Ez kisebb mértékben még folytatódhatott 1957-ig, majd fokozatosan csökkent, illetve szinte

megállt (7., 12. ábra). A nagymértékű mederváltozási szakasz összhangban áll az árvízszint növekedés intenzív szakaszaival is (cf. NAGY et al 2001).

Ezek okát nyilván a szabályozásban kereshetjük: a kanyarátvágások fő üteme a 19. század közepén kezdődött párhuzamosan több területen, de a valóban egységes szabályozás gyakorlatilag az 1890-es években zajlott. Ekkor a szükséges kotrásokkal és töltésezéssel elősegítették az új szakaszok anyamederré válását. Így érthető, hogy e hatalmas változások a folyó medrében 1929-ig, illetve 1957-ig terjedő időintervallumban zajlottak le.

Sajnos, a szabályozás előtti időkből nem álltak rendelkezésünkre adatsorok, így pontos következtetéseket csupán a mederkeresztmetszelvevényekből nem lehetett levonni arra vonatkozólag, hogy a beavatkozások előtti Tisza milyen mértékben építette övzátonyait, illetve erodálta partjait. A szelvényekből látható, hogy alig 30–60 év alatt a legtöbb esetben végbementek az antropogén hatásra bekövetkezett mederalak-változások, s kialakult a meder mai képe. Az ezt követő kisebb mértékű változások már feltételezhetően a meder természetes fejlődésének következményei. Azonban az nyilvánvalóan látszik, hogy a szabályozás alap gondolata – a meder kimélyítése a víz gyorsabb lefolyása érdekében – helyesnek bizonyult.

VAJK (2004) mederkeresztmetszet-számításai is azt mutatják, hogy a szabályozást követő kimélyüléssel együtt a vízátbocsátó keresztmetszet is nőtt némiképp az első 40 évben, ezt követően azonban fokozatosan csökkenő tendencia a jellemző. Ebből szintén arra következtetünk, hogy a szabályozás a munkát követő első évtizedekben éreztette hatását leginkább. A Szolnok alatti szakasz e tekintetben is eltérően viselkedik: a vizsgált időintervallumban végig keresztmetszet-csökkenést, tehát feltöltődést tapasztalunk, ami az átvágások hiányával lehet összefüggésben.

Következtetések

A szeizmikus szelvények azt mutatják, hogy nagy mennyiségű laza üledék van jelen a területen, melynek nagy része homokos anyagú, változatos formájú és méretű dűnékbe rendeződik a mederfenéken. A párhuzamosan rétegzett, egyenes mederfenéken sokkal kevesebb üledékkal találkozunk. A szeizmikus szelvények nagy felbontása speciális üledékképződési részleteket is megmutat. Nyomon követhető a dűnéképződés folyamata, megfigyelhető, miként fut végig az erózió az idős ártéri üledék sík rétegzésén, és lép egy szinttel mélyebbre, amikor könnyen erodálható idős övzátony sorozathoz ér.

A nagy mennyiségű üledék elhelyezkedését és morfológiáját a hossz-szelvényen és a térképeken vizsgálva azt tapasztaljuk, hogy a konszolidálatlan üledék nagy része a kanyarok domború oldalán természetesen kialakuló, ma is élő övzátonyokban halmozódott fel. Ezt a mederkeresztmetszelvevények is alátámasztják. A laza üledék másik része a szabályozás hatására átdolgozott, áthelyezett üledék: a vezérárokból anyamederré fejlődés során erodált anyag szétteretése, valamint a meanderezés irányának változásából eredő oldalirányú vándorlások friss eróziós anyaga, illetve feltöltései.

A térképekből és az erős oldalirányú övzátony-gyarapodást mutató mederkeresztmetszelvevényekből kiolvasható feltűnő jelenség a kanyargósság növekedése a szabályozott mederhez képest. Ez a folyó természetes válasza az antropogén

hatásra: ugyanis a folyó útjának megrövidítésével természetellenesen tett szert esésnövekedésre. miközben sem vízhozama, sem üledékhozama, sem annak szemcseeloszlása Mivel sem vízhozama, sem üledékhozama, sem annak szemcseeloszlása nem változott, az egyensúlyi folyóprofil felvétele érdekében esése a kanyargósság növekedésével csökken (MACKIN 1948).

A mederkeresztelvények segítségével a folyamatokhoz idő is rendelhető: a nagymértékű változások a szabályozást követő 40–60 évben zajlottak, az övzátontyépülés lassabb ütemben folytatódott, a meder mélyülése megállt, helyenként feltöltődött. Úgy tűnik, e mesterségesen kialakított mederszakaszokon alig fél évszázad elég volt, hogy a dinamikus egyensúly – vagy ahhoz közeli állapot – visszaálljon, s a kis vastagságban, nagyjából egyenletesen elosztott üledék is ezt a közel egyensúlyi állapotot jelzi.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást T37724 sz. OTKA pályázat támogatta. Az adatok rendelkezésünkre bocsátását köszönjük a Kötivizig-nek és a Geomega Kft.-nek. Köszönetet mondunk továbbá HORVÁTH Ferencnek, VAJK Ödönnek, SZAFIÁN Péternek, NYÚL Katalinnak és TIMÁR Gábornak munkánkhoz nyújtott segítségükért, tanácsaikért. Köszönjük a tanulmány bírálóinak, GÁBRIS Gyulának és MAGYARI Árpádnak hasznos észrevételeiket. A szeizmikus szelvények kiértékelését a Landmark's University Grand Program által biztosított Geographix-szal végeztük.

Irodalom – References

- ALLEN, J. R. L. 1965: A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. – *Sedimentology* 5, 89–191.
- ALLEN, J. R. L. 1984: Sediment Structures: their character and physical basis I–II. – Elsevier, Amsterdam, *Developments in Sedimentology* 30/1, 593, 663.
- CHOLNOKY J. 1907: A Tisza meder helyváltozásai I–II. – *Földrajzi Közlemények* 35, 381–405, 425–445.
- FEKETE Zs. 1911: A Tisza folyó medrének keresztelvényei. – *Vízügyi Közlemények* 6, 76–82.
- FÉLÉGYHÁZI P. 1929: A Tisza folyó jellegzetes szakaszainak és az egész Tiszának átlagos szelvény adatainak a szabályozás kezdete óta 1922-ig beállt változások és azok összehasonlítása. – *Vízügyi Közlemények* 10/1, 93–102.
- GÁBRIS Gy. 2002: A Tisza helyváltozásai. – In: MÉSZÁROS R., SCHWEITZER F. & TÓTH J. (szerk): JAKUCS László, a tudós, az ismeretterjesztő és a művész. MTA FKI – PTE SzE kiadása, Pécs, 91–105.
- GÁBRIS Gy., TELBISZ T., NAGY B. & BELARDINELLI, E. 2002: A Tiszai hullámtér feltöltődésének kérdése és az üledékképződés geomorfológiai alapjai. – *Vízügyi Közlemények* 84/3, 305–316.
- JHRIG D. 1973: A magyar vízszabályozás története. OHV–VIZDOK. 396 p.
- KÁROLYI Zs. & NEMES G. 1975: A Közép-Tiszavidék vízügyi múltja I–III. – *Vízügyi Történeti Füzetek* 8–10. Budapest, VIZDOK, p. 114.
- LÁSZLÓFFY W. 1982: A Tisza – Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben. Akadémiai Kiadó, Budapest, 589 p.
- MACKIN, J. H. 1948: Concept of the graded river. – *GSA Bull.* 59, 463–512.
- MIHÁLFY P. 2001: A Tisza ősföldrajzi rekonstrukciója szeizmikus szelvények alapján. – Diplomamunka, ELTE–TTK, Budapest, 91 p.
- MIKE K. 1991: Magyarország ősvízrajza és felszíni vizeinek története. – Aqua, Budapest, 698 p.
- NAGY Á.T., VAJK Ö., TÓTH T. & SZTANÓ O. 2005: Természetes folyófejlődés a gátak közé szorított Közép-Tiszán. – *Hidrológiai Közöny* 85/5, 55–62.

- NAGY I., SCHWEITZER F. & ALFÖLDI L. 2001: A hullámtéri hordalék-lerakódás (övezet). – *Vízügyi Közlemények* **83**, 539–564.
- SCHWEITZER F. 2001: A magyarországi folyószabályozások geomorfológiai vonatkozásai – Folyóink hullámterének fejlődése, kapcsolatuk az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel. – *Földrajzi Értesítő* **50**, 63–72.
- SUGÁR I. 1989: A Közép-Tiszavidék két kéziratós térképe (1790, 1845). – Dobó István Vármúzeum, Eger, p. 289.
- SÜMEGHY J. 1947: A Tiszaszabályozás földtani vonatkozásai. – In: FOLLY R. (szerk.): A Tisza-táj műszaki problémái. Magyar Technika Könyvei 1, Magyar Mérnökök és Technikusok Szabad Szakszervezete, Budapest, 93–96.
- SZTANÓ, O., TÓTH, T., MAGYARI, O., MAGYAR, Á. & HORVÁTH, F. 2002: Alluvial architecture from ultra high-resolution single channel seismic survey of meandering Tisza River, Pannonian Basin, Hungary. – *16th International Sedimentological Congress, Pretoria, South Africa*, 357–359.
- SZTANÓ O., TÓTH T., MAGYARI Á. & HORVÁTH F. 2003: Alluviális architektúra a Tisza alatt: UNF 1 csatornás szeizmikus mérések szedimentológiai értelmezése. – *EMMTT-BKFK Zilah* Absztrakt kötet, 91.
- TÓTH T. 2003: Folyóvízi szeizmikus mérések. – Ph.D. értekezés. ELTE TTK, Budapest, 144 p.
- TÓTH, T., VIDA, R. & HORVÁTH, F. 1997: Shallow water single and multichannel seismic profiling in a riverine environment. – *The Leading Edge* **16** (11), 1691–1695.
- VAJK Ó. 2004: Hová tűnik a Tisza medre? – www.aquaqdocinter.hu/themes/vandorgyules/pages/7szekcio/vajk.htm/
- Kézirat beérkezett: 2005. 04. 01.