

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR
TERMÉSZETI FÖLDRAJZI ÉS GEOINFORMATIKAI TANSZÉK

A Tisza mederváltozásai Szegednél

OTDK-dolgozat

KÉSZÍTETTE:
SZIKORA ANNA ÁGNES
GEOGRÁFUS MSC II.

TÉMAVEZETŐ:
DR. KISS TÍMEA
EGYETEMI DOCENS
TERMÉSZETI FÖLDRAJZI ÉS GEOINFORMATIKAI TANSZÉK

SZEGED
2012.12.19.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Irodalmi előzmények.....	5
2.1. A FOLYÓK MEDERSZÉLESSÉGÉNEK ÉS KANYARULATFEJLETTSÉGÉNEK VIZSGÁLATA	5
2.2. MEDER VÁLTOZÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK	9
2.3. A TELEPÜLÉSEK HATÁSA A FOLYÓ MORFOLÓGIÁJÁRA	10
3. Mintaterület	12
3.1. FOLYÓSZABÁLYOZÁSOK A VIZSGÁLATI TERÜLETEN	14
4. Vizsgálati módszerek.....	18
5. Eredmények	22
5.1. A TISZA HOSSZÚTÁVÚ MEDERVÁLTOZÁSA.....	22
5.1.1. Horizontális paraméterek változása	22
5.1.2. Vertikális paraméterek változása	39
5.2. A TISZA RÖVIDTÁVÚ PARTERÓZIÓS VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI	45
5.2.1. Vízállás-adatsor elemzése	48
5.2.2. A part-lepusztulás mértéke dendrogeomorfológiai módszerekkel	48
6. Összegzés	51
Irodalomjegyzék.....	53

1. Bevezetés

Az ember számos okból változtatja a környezetét, amely minden beavatkozást követően más úton fejlődik tovább. A folyómenti területek a történelmi idők óta az ember fontos telepedési helyéül szolgáltak, mivel a folyó sok olyan lehetőséget adott, ami az alapvető megélhetéshez szükséges – elsősorban ivóvíz, valamint energiaforrás, közlekedés, valamint jövedelemforrás. A folyókat azonban azért is fontos vizsgálni, mert bár az ember kialakította a számára fontos, mindennapi élethez szükséges teret, de ez sokkal nagyobb hatással van a folyóra, mint gondolnánk. Gondoljunk csak az ártéri gazdálkodásra, vagy ami később létfontosságúvá vált: a folyószabályozásokra. Ez volt az egyik legfontosabb lépés az ember és a folyók kapcsolatában, amely gyökeresen megváltoztatta mindkét fél életét.

A dolgozat elkészítéséhez egy történelmi esemény adott ötletet. A vizsgált területen 1723-ban jelentős történelmi leleteket szállító négy dereglye közül egy elsüllyedt a 14 darab lelettel a fedélzetén. Ez a rakomány erdélyi ásatásokon talált oltárkövekből, és fogadalmi kövekből állt, melyeket III. Károly, magyar király kívánt a királyi udvarba szállíttatni¹. Az elmúlt években számos kutatás indult a kövek megtalálására, és napjainkra sikeresen behatárolták a Bertalan-híd és a Belvárosi-híd közötti szakaszt, ahol a meder alakjának vizsgálatakor több érdekes eltérést fedeztek fel, ezek pedig az egyik a dereglye roncsait jelezhetik². *A Móra Ferenc Múzeum tudományos igazgatóhelyettese szerint a folyómeder akár 20-25 métert is vándorolhatott. Nem kizárt, hogy az uszályt, illetve a köveket az újszegedi parthoz közel vagy a part alatt kell keresni*³. Ennek bizonyítására azonban további vizsgálatok szükségesek. Ezekhez a vizsgálatokhoz kapcsolódóan célom, a folyó keresztszelvényeinek illetve a kanyarulatainak a vizsgálatával, egy összefoglalás készítése a katonai, és vízügyi térképek alapján a változásokról, annak mértékéről, irányáról, és ezek okairól. Mindezekhez azonban a történelmi előzményeket fontos tudnunk, vagyis azt, hogy a folyó fejlődése nagyobb időintervallumban hogyan változik, és milyen tényezők befolyásolják azt. A dolgozatban felhasznált térképek közel 250 évet felölelő vizsgálati időintervallum elemzését biztosítják nekünk, amely azért is nagyon

¹http://www.geographic.hu/Civilizacio/2004/04/Viz_alatti_regeszek_vizsgaljak_a_szegedi_Tisza_szakaszt

² http://buvaregesz.blog.hu/2009/04/27/szeged_igeretes_anomaliak_a_tisza_melyen

³http://www.szegedkurir.hu/cikk/szeged/45/olaszok_is_keresik_a_romai_feliratokat_szege_den

fontos, mert az olyan nagy folyók, mint a Tisza, egy-egy árvíz során is jelentősen változhatnak. Természetesen ezeknek a térképeknek a tartalmát a szabályozások is alapvető vonásaiban megváltoztatták, de ettől függetlenül a mederszélesség valamint a folyókanyarulatok változását és a szabályozások következményeit vízrajzi és térképi adatok is kimutathatják.

Célom az Algyőből a magyar országhatárig húzódó Tisza-szakasz (189-160 fkm) vizsgálatán keresztül bemutatni a Tisza- és a Maros torkolati szakaszának és a folyószakasz mederváltozását. Ezáltal legfőbb célomat, a torkolat és a Tisza belvárosi szakaszának vizsgálatát végzem el, mellyel megtudhatjuk, hogy a belvárosban elsüllyedt rakomány milyen mértékben kerülhetett a lepusztult mederanyag alá, tehát a leletek esetleges vertikális helyváltoztatását is megtudhatjuk. Céljaim között szerepel továbbá a Tisza mederszélességi adatainak, parteróziójának idő- és térbeli összehasonlítása, valamint a kanyarulatok változásainak és az elmúlt évek árvizeinek dendrológiai vizsgálattal kimutatott pusztításának bemutatása a vizsgált területhez tartozó térképeken.

2. Irodalmi előzmények

2.1. A folyók mederszélességének és kanyarulatfejlettségének vizsgálata

A folyók medrének megváltoztatása az egyik legalapvetőbb tevékenység, amely keresztmetszet-, alak- és ez által összetett felszínalakítást eredményez, s ezek jól megalapozott vizsgálatok tárgyai voltak már világszerte. Gyakran a meder változásával párhuzamosan a folyók hálózata, és ökológiája, önszabályozó rendszere is megváltozik, ugyanakkor az átalakítások során a változás mértékét nem tudjuk befolyásolni (Gregory, 2006). Tímár (2003) vizsgálta a folyók kanyarulatváltozásait a tektonikával összekapcsolva, ahol végül kétfajta folyót különböztet meg: amelyik természetesen kanyargó, önmagát szabályozza, és azokat, amelyek nem rendelkeznek ilyen önszabályozó tulajdonságokkal. Magyarországon a legközismertebb, és talán az egyik legfenyegetőbb természeti veszély a folyóvizekhez kapcsolódik. Az árvízveszély csökkentése volt az egyik meghatározó indítéka az európai viszonylatban is kiemelkedő folyószabályozásoknak, és árvízvédelmi rendszerünk kiépítésének (Szabó, 2006). Mint azt tudjuk, ez a mai napig nem oldotta meg a problémát teljesen, a védekezés tökéletesítése most is fontos. A szabályozási munkák révén a folyó nagy részén elvesztette természetességét, már csak rövidebb szakaszokon figyelhetjük meg a természetes, beavatkozás nélküli mederfejlődést. Az áradások változásainak vizsgálatakor Schweitzer (2001) is azt állapította meg, hogy a folyómeder, és az áradások gyors változása valószínűsíthetően az időjárás-változékonyságnak, de főképp a lefolyást befolyásoló antropogén beavatkozások, medermorfológiai változások és az újabb töltések elkészítése köszönhető. A már említett természetes szakaszokkal kapcsolatban viszont arra figyelmeztet, hogy az áradások során a megnövekedett vízhozammal és sebességgel az áradó ágban a kanyarulatok továbbfejlődéséből jelentős hordaléktöbblet képződik (Schweitzer, 2001). Ezt érdemes vizsgálni a szegedi szakaszon is, ahol a hajó rakománya esetlegesen eltemetődhetett ilyen eredetű hordalékkal.

A vízfolyások és a folyórendszerek számos alapvető tulajdonságát közvetlenül a domborzat határozza meg, de természetesen ez a meghatározottság kétoldalú, hiszen a vízfolyások is alakítják a domborzatot (Szabó, 2006). A vízhálózat jellegéből azonban további következtetéseket vonhatunk le az alakrajzi sajátosságok révén pedig már egy-egy terület földtani szerkezetét, közettani viszonyait, éghajlatát, sőt, még fejlődéstörténetét is meghatározhatjuk.

A folyórendszerek geomorfológiai tulajdonságait, ezen belül a folyómedrek változásait, azok mértékét és irányát már a 19. század közepe óta vizsgálják tudományos eszközökkel a hazai mérnökök és geográfusok. A 19. században azonban a szabályozási munkálatoknak köszönhetően a többi országhoz képest egy jóval részletesebb felmérés jött létre, mind időbeli, mind térbeli adatok sokaságával hazánkban. Péch József által megállapított irányelvek és szabályok szerint végezték el a felméréseket (Fekete, 1911). Az egyre bővülő paraméterekkel történt számítások és mérések mellett bevezették a vízszint- és vízállásméréseket, majd létrehozták a VO-kőhálózatot, amely mentén keresztshelvényeket vettek fel folyam-kilométerenként. A folyó mélységi viszonyait 1-2 km-es távolságban felvett shelvényeken mérték le, ezek azonban nem esnek egybe a meder legmélyebb és legsekélyebb helyeivel, így a keresztshelvények alapján kimutatott átlagos mélységek nem jellemzik a tényleges helyzetet (Lászlóffy, 1982). A vízi közlekedés szempontjából a legkisebb, a folyó sekély helyein, vagyis a gázlóokban uralkodó mélységek a mértékadók. A továbbra is egyre növekvő számú adatok mellett, a két Világháborút követően, az 1950-es években kezdték el újra a vízügyi munkálatokat, így a közép- és kisvízi szabályozásokat. A vízügyi térképezés is ekkor, illetve az 1970-es évek elején indult be leginkább. Az ekkor készültek azok az elemzések és felmérések, amelyeket a VITUKI a Vízrajzi Atlasz sorozatban tett közzé. Ezekben a felmérésekben a felmért adatokon, jellemzőkön kívül napjainkra már számos új adatot, és új vizsgálati módszert is kidolgoztak, melyekkel még nagyobb felbontású adatok állnak rendelkezésre, így például a kanyarulatfejltséget, a meder szélességének változása, bevágódás, feltöltődés és a medermintázatok közötti átmenet.

A mederalak vizsgálatát számos hazai geográfus is elvégezte. Lóczy (2009) szerint ahhoz, hogy megfelelő, térbeli képet kapjunk a folyómeder alakjáról és folyamatairól, háromféle szemszögből érdemes a medert vizsgálni: felülnézetben a geometriai mérőszámait adhatjuk meg, például a meanderek hullámhosszát, görbületét; „oldalnézetben”, azaz keresztmetszetében elsősorban a nedvesített mederkerületet és a mederszélesség/medermélység arányát; végül pedig hossz-shelvényében az esésgörbe alakjából a mederviszonyokra lehet következtetni (Lóczy, 2009). Károlyi Zoltán vizsgálta a meder függőleges változásait, így megállapította, hogy a kisvízi medernek a folyó mentén általában egyenletes mértékű bemélyülése következett be, míg a középvízi meder bemélyülése a folyó felső szakaszán nagyobb mértékű volt, mint az alsó szakaszon (Szalay, 1962). A folyószabályozáskor beépített töltések következtében a nagyvizek

fokozódó emelkedését várták, de ez csak kis mértékben következett be. A meder vízszintes változását vizsgálva Károlyi megállapította, hogy a nagy szabályozás óta a Tisza medrének hossza 2,65 %-kal növekedett, bár az egyes szakaszok áthelyeződése élénkebb. A kanyarulatok száma 1931 óta nem változott, viszont az ívek hossza a felső szakaszokon még növekszik (Szalay, 1962).

A mederszélességek elemzése a gázlókkal kapcsolatban merült fel, hiszen a hordalékos gázlók előfordulása első sorban a kanyarulatok közötti átmeneti szakaszán, az inflexió, de hosszú egyenes folyórészekben, sőt enyhe görbületekben is gyakoriak, ahol közös tulajdonság a széles meder, mivel ezeken a szakaszokon a partok anyaga nem elég ellenálló az elmosással szemben. A mederszélesedést Iványi (1949) először a régi mederalakulásokhoz, vagyis a szabályozások előtti természetes mederformálódáshoz kapcsolta. A mederszélesség növekedésének második okaként a többé-kevésbé egyenes irányt, vagyis a nagyon mérsékelt görbületet határozta meg, amelyet a hordalék is okoz. A mederszélesedés harmadik fajtája a mederfenék kötöttségéből, elmoshatatlanságából ered, mely hosszabb távon a part menti, lemosható hordalék felhalmozódásával a kisvízi hajózás akadálya is lehet. A kisvízi szabályozás legnehezebb feladata az átmenetek, inflexiók szabályozása, hiszen itt a partvonalak egyformának tekinthetők, futásukat megváltoztatni pedig már nagyobb feladat. Erre lehet megoldás az, ha felismerjük az inflexió okát, felmérjük az áramlás irányát, és úgy szerkesztjük meg a szabályozási irányokat az adott szakaszon, hogy az okot megszüntessük. A kanyarulat fejlődhet, de akkor is megőrzi kanyarulat jellegét, viszont az egyenes torzulhat bármeddig, amíg a medre nincs megkötve.

A folyó paraméterei közül az egyik legfontosabb – a folyószabályozások tevékenységét is meghatározó – mérőszám: a folyó futásfejlettsége, melyen belül a kanyarulatok fejlettségét is megállapíthatjuk. Több geomorfológiai elemzés is alapjának tekinti Schumm (1977) felosztását, melyben négy csoportra osztja futásfejlettség szerint a folyókat, így beszélhetünk egyenes-, kanyargó-, meanderező- és szétágazó vagy fonatos mederről. A Tisza szabad folyóvízi (ártéri) felszínfejlődésébe már a 19. században beavatkoztak a szabályozások révén, de az is nagyon fontos, hogy az adott folyószakasz, amelyre a szabályozás kiterjedt, a folyó mely szakaszán, illetve hogy civilizációhoz kapcsolódik-e. A szabályozások által kevésbé érintett területek vizsgálatát tartotta fontosnak Vass et al. (2009), és az árteret építő folyó(k) medrétől távolabb fekvő ártéri részek akkumulációjára vonatkozóan kevesli az elérhető adatokat.

A kanyarulatok fejlődési sebességének vizsgálatát legtöbbször légifotók és térképek segítségével végzik el hazánkban. Ilyen típusú kutatást végzett Kiss et al. (2008), akik elemezték a Tisza horizontális- és keresztmetszeti paramétereinek változását, illetve ezek összefüggését az árvizek nagyságának növekedésével. Ez a módszer viszont azért problémás, mert az eltérő felbontású, tematikájú térképeket nehéz pontosan összeegyeztetni (geokorrigálás), így a folyók partvonalait sem lehet pontosan kijelölni. Ahhoz, hogy pontosabb adatokat tudjunk szerezni, részletesebb, és ez által időigényesebb módszerekhez kell folyamodni (Vass et al., 2009). A kanyarulatfejlődés és a meander-geometria kapcsolatát Csoma és Laczay tárta fel részletesen vízrajzi térképek segítségével (Sipos és Kiss, 2008). Az általuk meghonosított, a kanyarulatok fejlettségét felülnézeti paraméterek alapján meghatározó osztályozást, ma is széles körben alkalmazzák a hazai kutatók. Az Ő munkájuknak köszönhetőek a VITUKI Vízrajzi Atlasz sorozatának, a folyók kanyarulati paramétereit, mederváltozásait tárgyaló részek.

A meanderező folyók vizsgálatának egyik fontos tényezője a kanyarulatfejlettség, melynek vizsgálatát számos kutató végezte. Sok munka foglalkozik a folyókanyarulatok kialakulásának törvényszerűségeivel és a kialakult kanyarok osztályokba való sorolásával (Borsy, 1998). Pécsi Albert (1939) a kanyarulatfejlődésen túl a kanyarulatok „korára” is következtetett a β értékéből. Fiatalnak nevezi a kanyarulatot, ha az ívhossz kisebb, mint a húrra rajzolható félkör hossza, vagyis ha $\beta < \pi/2 = 1,57$; középkorú a kanyarulat, ha $1,57 < \beta < 2,0$ végül pedig öregnek minősíti, ha $\beta > 2,0$. Ebből a szempontból a terület többségében fiatal kanyarulatokból áll, amit több középkorú, és csak pár kiugró esetben találhatunk öreg kanyarulatokat.

A keresztshelvények készítésének első rendszeres felvételi elvét Péch József által megállapított irányelvek és szabályok szerint végezték, melyek a Vízrajzi Évkönyvekben lettek ismertetve, és 1891-ben hajtották végre. A sodorvonal és a hullámtér hosszát a „Tisza hajdan és most” 1:25 000 méretarányú helyszínrajzán mérték. 1906-1909. évi felvételek alapján a közép-keresztshelvények újrarájzolását nem tartották szükségesnek, mert a korábbi részletes keresztshelvényekből meg lehetett állapítani, hogy az egyes eliszapolódó kanyarulatokat leszámítva nem történik nagy változás (Fekete, 1911). Urbanovszky (2002) is részletesen elemezte a folyók mederformálásának folyamatát, és a

keresztshelvények leírását, számítási lehetőségeit is leírta. A keresztshelvények elemzésénél óvatosságra int a gyakran torz ábrázolásmód miatt.

2.2. Meder változását befolyásoló tényezők

A mederformálódás összetett folyamat, mely számos komponens eredőjeként jön létre (Szabó, 2006). A meanderező folyó allúviumának morfológiájára az övzátonyok, a természetes védőgátak, parti lejtőcsatornák, lefűződött medrek (morotvák), ártéri síkságok, mocsarak, valamint maga a folyómeder jellemzők.

Az alföldi folyók medrének és ártérfejlődésének sebességét számos hazai kutatás vizsgálta. A magyarországi folyók vándorlását Mike (1991) térképsorozatok felhasználásával becsülte meg. Hasonló módszerrel vizsgálta Somogyi (1974) a Duna Sárközi szakaszán a medereltolódások maximális értékét. A hazai kutatások főként becsléseken alapulnak, míg a külföldiek méréseken (Kiss et al., 2002). Az üledékfelhalmozódás, de a mederelmozdulás is hasonlóképpen becslés lehet, mivel a térképek felvételezési időpontjai között nagy változások történtek, így a köztes állapotokat, vagy a kiváltó okokat nem ismerjük.

A meder változását befolyásoló antropogén formák közül nagyon fontos a szabályozásokkal kapcsolatosan épült gátrendszerek és belvízelvezető létesítmények rendszere (Mezősi, 1983), de fontos még vizsgálni a duzzasztók és a partbiztosítás által okozott közvetlen emberi beavatkozások hatásait is (Blanka, 2010). Ezek az árvízvédelmi elemek a terület vízrajzi térképét és a folyók hidrológiai tulajdonságait is megváltoztatták, így például a Tisza kanyarogva bevágódó jellegűvé vált (Mezősi, 1983).

A síksági meanderező Tiszát és Marost oldalról természetes védőgátak határolják, melyek szintén befolyásolják a meder változásait. A határoló vonalak távolsága kb. 15-20-szorosa a meder szélességének. A meder változását nagyban befolyásoló szállított hordalék a vízgyűjtő terület egészéről származhat. Az agyag, kőzetliszt frakciót lebegtetve, a durvább hordalékot görgetve mederhordalékként szállítja a folyó. A maximális hordalékszállítás emelkedő árhullám esetén következhet, következik be. A megnövekedett víz- és hordalékmennyiség következtében a folyó erőteljes laterális eróziós tevékenységet fejt ki. A maximális hordalékszállítás az árhullám levonulásakor figyelhető meg. Először a legdurvább frakció rakódik le a sodorvonal mentén, majd a finomabb szemcsenagyságú hordalék a partok közelében, ártéren, nyugodtabb vizű mederszakaszok területén rakódik le, illetve tovább szállítódik (Kaszab, 1987).

A mederüledékeket a mederfenék, övzátony, valamint a mederzátony üledékek alkotják. A mederfenéki üledékek a meder legmélyebb pontjain kisebb, lencsés jellegű felhalmozódásokban találhatók. Az üledékeket alkotó anyag mindig a rendelkezésre álló legdurvább szemcsenagyságú hordalék, mivel a finomabb szemcséket az áramló víz tovább szállítja. A folyásirányban a kavics, illetve a durvább anyag mennyisége fokozatosan csökken, a finomabb frakciók részaránya növekszik a hordalékban és a lerakott üledékben egyaránt, ezzel párhuzamosan pedig növekszik az uszadékfa, állati vázok stb. szerepe az üledékben. Egy réteg anyaga az alsóbb szintektől felfelé finomodik, a mederfenékre pedig általában a keresztrétegzettség jellemző, amely durva szemcsés, és kis vastagságú (Kaszab, 1987).

2.3. A települések hatása a folyó morfológiájára

A folyóparti fekvés történelmileg előnyös térbeli elhelyezkedést jelentett, hiszen nagyszámú ma is jelentős település alakult ki és fejlődött a folyó nyújtotta lehetőségeket felhasználva (Tóth et al., 2010). Több irodalomban is olvasható, hogy a honfoglalás idejében is vonzó letelepedési hely volt a folyópart, meghatározó területek voltak, de főként az árterek és ezek ellenpólusai, a néhány méterrel magasabb árvízmentes szintek érintkezési zónája volt a legvonzóbb terület a letelepedéskor (Mendöl, 1963, Beluszky, 1999). Korábban a folyó menti fekvés sok szempontból kedvező lehetőséget biztosított, akár a hidak, gázlók, vagy az ipar, mezőgazdaság vízigényére, a vízi szállítás lehetőségére, vagy más tényezőkre gondolunk. A folyó menti letelepedés azonban az embereket megtanította az árvízzel szembeni védekezésre is, így még kisebb vízfolyásoknál sem építkeztek közvetlenül a partra, vagy körtöltéssel védekeztek (Dövényi, 2007). Napjainkra azonban az előbb említett, korábban fontosnak ítélt tényezők megítélése ártértékelődött (Tóth et al., 2010). Ma a folyómenti településeknek három fontos tényezője van, amely összességében a fejlettséget is befolyásolja: elérhetőség, gazdasági helyzet, társadalmi helyzet. Az elérhetőség hatása azonban nem közvetlenül, hanem elsősorban a társadalmi-gazdasági helyzetet leíró mutatókon keresztül, közvetetten jelenik meg a folyók menti településeken (Tóth et al., 2010). A települési tájhasznosítás, azaz a települések létesítése és fejlesztése szempontjából fontos „helyi energiák” (Mendöl, 1963) között fontos szerepe van a természetes felszínformáknak. A kis településekben, azaz a részben még mindig önellátó falvakban nagyobb a jelentősége a helyi energiáknak, így a domborzatnak is. A városok fejlődésében a helyi energiákkal szemben a „helyzeti energiák – vagyis a közlekedési adottságok – szerepe válik meghatározóvá (Csima, 2006). Minél nagyobb és

funkciójában minél sokoldalúbb azonban a város, annál inkább függetlenné válik a természetes domborzattól. Ebből viszont az is következik, hogy a nagyvárosok esetében sokkal jelentősebb a felszínalakítás, mint a kisebb településeken. A felszínalakításhoz szervesen hozzátartozik egy folyó mentén épült város esetében az árvízi védekezés is. A topográfiai fekvés kortól, társadalmi és gazdasági viszonyoktól, valamint a település szerepkörétől és fejlettségi szintjétől függően lehet előnyös, és hátrányos (Mendöl, 1963).

A településépítészeti felszínalakító hatásai elsősorban a korábbi természetes felszínalakító folyamatok, így a felszíni vizek elvezetése, a felszínburkolás következtében megszűnésében, vagy megváltozásában tükröződik. További felszínalakító tényező lehet az épületek, építmények közvetlen környezetében kialakuló új felszínek (teraszok, rézsűk, vízelvezetők stb.), de a felszín meg is emelkedhet a helyben maradó törmelék és hulladék miatt (Csima, 2006). Az építkezések során gyakran megsemmisülnek kisebb geomorfológiai kisformák, a terepfelszín jelentős része pedig beépített, burkolt állapotba kerül. különösen nagymértékű lehet ez a településközpontokban és az ipari-kereskedelmi területeken, mert emiatt a lefolyási viszonyok olyan nagymértékben is megváltozhatnak, hogy az áttételesen akár nagy térségre kiterjedően is kihat a felszínalakulásra.

Az Alföld állandóan, vagy időszakosan vízzel borított területein, évszázadokon keresztül az árvíz volt a legfontosabb település- és településhálózat formáló tényező, az ember megtelepedését és kultúráját alakító tevékenységét döntő mértékben meghatározó elem (Dövényi, 2005). Így az embereknek elsősorban olyan letelepedésre alkalmas területet kellett keresniük, amit az évről-évre időszakosan megjelenő árvíz nem érintett. Új helyzetet teremtett a 19. században az árvízvédelmi gátak építése, amikor a gátak nyújtotta biztonság miatt a folyómenti települések elhelyezkedése függetlenedett az árvizektől, és a beépített területek a korábbi árterületeken is terjeszkedni kezdtek, mint például Szegeden (Csima, 2006, Dövényi, 2007).

A települések elsősorban azért is befolyásolhatják a folyók morfológiáját, mert az elmúlt évtizedekben jelentősen megnőtt a népesség, és így a környezetet alakító erő is egyre fokozódik (Chin, 2005). Az urbanogén hatásról tanúbizonyságot az is, hogy Szeged területének biztosítására a Tisza szabályozásával összefüggő gátépítések, belvízlecsapolások és feltöltések történtek (Mezősi, 1983).

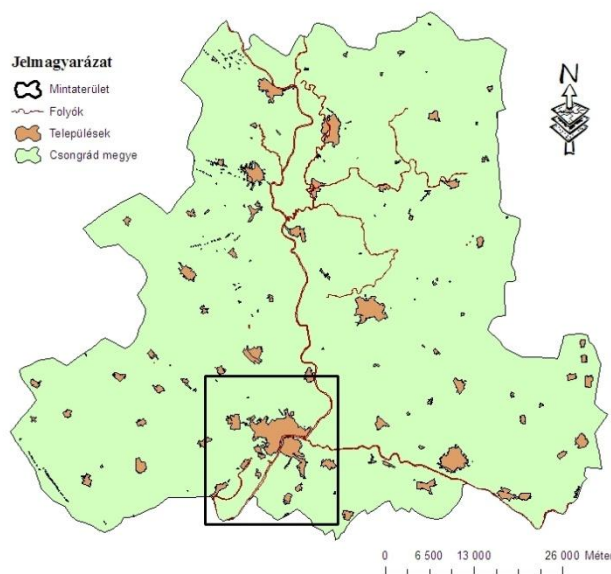
3. Mintaterület

A nagy tiszai síkság mintegy 1 millió évvel ezelőtt, a Pannon tenger medencéjének fokozatos feltöltődésével vált szárazulattá. Több százezer évbe tellett, amíg a tavakkal és mocsarakkal borított területen az állóvizek helyett a felszín mélyedéseit követő vízfolyások lettek a terület uralkodói, mire kialakult a Tisza vízrendszere. A medence alját ókori, mélybe süppedt rögök alkotják, amelyek a fölkéreg mozgásainak következtében összetöredeztek, és darabjaik különböző időben és mértékben süllyedtek le. Ennek megfelelően helyenként néhány száz, máshol pedig 2500-3500 méter vastag hordaléklerakódás által kitöltött medence felszíne sem tökéletesen vízszintes (Botár, 1971). A süllyedések és emelkedések ellenére a vizek töltögető és az eolikus hatások romboló illetve építő munkájának eredményeként a tiszai medence nagyobb részén a magasságkülönbségek több kilométeres távolságon belül sem haladják meg az 5-10 métert. Az esés hiányában lassú vízfolyásokat a legkisebb akadály is kitéríti útjukból, így ha tartós kisvíz idején leomlik az alámosott magaspart, vagy a mederbe dőlnek a parti fák, máris irányváltoztatásra kényszeríti a vízfolyást. A partba ütközve azonban visszafordul, majd ismét kénytelen elkanyarodni, így kialakulnak a síkságokra jellemző kanyargó vízfolyások. Árvizek idején a folyó erősebben erodálja a folyó homorú partjait, az apadás beálltával pedig a domború oldali zátonyon, vagy partvonal mentén lerakja hordalékát. Kanyarulatai így minden áradással élesebbé válnak és a partok erodálása következtében folyásirányban eltolódnak, vándorolnak. Egy-egy rendkívüli nagy árvíz az így fejlődő, vagy már „érett”, túlfejlődött kanyarulatokat a kanyarulat nyakán átszakítja, a folyó új utat váj magának, az elhagyott mederrészen pedig a kanyarulat az átvágás következtében morotvató formájában marad meg. A természetesen fejlődő folyókat tehát szeszélyesen kanyargó, helyét folytonosan változtató és elhagyott holt-medrekkel kísért pálya jellemzi.

A síksági folyók jellegzetes tulajdonsága a kanyargósság. A kanyarulatok kialakulása az eséstől, a vízbőségtől és a völgy építőanyagának ellenállásától függ. Az Alsó-Tisza mederanyagának átlagos szemcseátmérője 0,5-0,3 mm alatt van, csak a mellékfolyó torkolatánál, vagy olyan területnél, ahol durvább szemcse-összetételű üledéket bont meg a folyó, ott lehet nagyobb a szemcseméret (Botár, 1971). A terület anyagvizsgálatát Miháltz már 1944-ben is vizsgálta, 1968-ban pedig a MÁFI Síkvidéki osztálya elkészítette Szeged 1:10 000 méretarányú földtani térképét, melyhez 1,5 km-es hálózatban 10 méteres fúrásokat végeztek (Kaszab, 1987). A vizsgált szegedi területre jellemző felszíni képződmény a pleisztocén felső szintjét képviselő würm löszréteg, amely

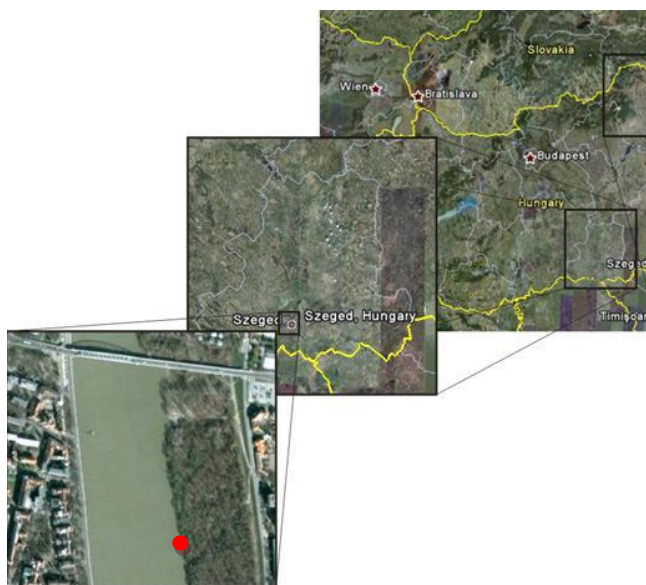
uralkodóan infúziós lösz, és csak néhány kiemelkedő ponton jelentkezik típusos lösz. A löszréteg 3-4 m vastag, változó összetételű, fölötté északnyugati irányba egyre vastagabb futóhomok réteg épül, míg dél nyugatra a löszréteg elvékonyodik, északkelet felé pedig tömörebbé válik, és iszaposabb struktúra jellemzi. Az egész területen jellemző, hogy ez a löszréteg folyóvízi rétegekre épül, mely ciklikus fejlődést mutat, és fentről lefelé váltakozik az iszapos finomhomok, finomhomok, majd a homok durvább szemű rétege. A folyóvízi üledék felépítését a jellegzetes meanderező, középszakaszú folyó feltöltődési ciklusa jellemzi, alatta pedig kb. 60 m tszf magasságban található a „második iszap-agyag szint” (Kaszab, 1987).

A mintaterületem két részre tagolható, és az elemzésemben is két féle vizsgálatra alkalmazom őket. A hosszútávú parteróziós vizsgálatnál a mintaterületem a Tisza 189 és 160 fkm közötti szakaszát jelenti (1. ábra), amelyet több egységre is osztottam. Itt vizsgáltam a mederszélességet, a partelmozdulást, és a kanyarulatok fejlettségét is. Ezek azok a vizsgálatok, amelyeket ilyen nagyobb léptékben és ekkora területre térképek összehasonlításával, változások becslésével lehet elvégezni. A Tisza Algyő és az országhatár közötti szakaszát több vizsgálatban is részekre osztották, többször a Maros torkolatnál tagolták, így ez a vizsgálat most egy másfajta felosztásban történhet meg. A mintaterületen két szabályozott kanyarulat is található, így ezek, illetve a kismértékben változó szakaszok is megfigyelhetők.



1. ábra: A mederváltozások vizsgálatára kijelölt mintaterület

A másik kisebb mintaterületem a Tisza-parton található a 173 fkm-nél, ahol egy fa gyökereit vizsgáltam (2. ábra). Ilyen léptékű vizsgálatot több fán szoktak elvégezni, mégis fontosnak tartottam, hogy a városi környezet és a szabályozások, partbiztosítások hatása is érződik a part pusztulásán. Természetesen időben sem lehet hosszan visszatekintést nyerni a korábbi helyzetre, de rövidtávon érdekes eredményekkel szolgálhat.



2. ábra: A szegedi mintaterület, ahol dendrogeomorfológiai módszerrel vizsgáltam parteróziót a piros ponttal jelzett fa gyökerein

Ahhoz, hogy a mintaterületen végbemenő folyamatokat átlássuk, és értsük, miért történtek, fontos a Tisza szabályozásáról egy átfogó képet kapnunk. A Tisza szeged környéki szakasza sok esetben vitatott terület volt, elsősorban a kanyarulat-átvágásokkal kapcsolatban, illetve a Maros torkolatának áthelyezése miatt.

3.1. Folyószabályozások a vizsgálati területen

Korábban is sok veszedelem okozója volt a Tisza árja, mellyel együtt a belvíz is nagy pusztításokat végzett. Például 1799-ben a tiszai árvíz, míg 1801-ben már a nagymértékben felszaporodott belvíz tettek károkat (Reizner, 2004). Az árvizek miatt nagymértékben és sokszor érték pusztulások Szeged városát, illetve a környező településeket, területeket, az időnként fellépő tűzvészek pedig még inkább rontottak a helyzeten. A folyószabályozást az ebbe a szükségessé és viszonylag sürgőssé, hogy a lakosság száma egyre intenzívebben nőtt a 19. században, illetve a gazdasági ágakat tekintve áttértek az intenzív mezőgazdaságra, majd az iparosodás lett jellemző. Történelmi forrásokból és helytörténeti munkák tanulmányozásából kiderül, hogy az alföldi folyók

mentén elhelyezkedő települések mindenhol azokra az úgynevezett magasártéri szintekre épültek, amelyek eredetileg még szárazulatok voltak, és amelyeket a legnagyobb árvizek sem öntöttek el (Schweitzer, 2001). A szabályozások előtt a Tisza kanyargós mederhossza a völgyhossz másfélszeresét is kitette, ezért a vizek sebessége, különösen a nagyvizek levonulása lassú volt. A nagyvizek a mederből kilépve, óriási területeket elöntve megfosztották az ártereket a megművelés lehetőségétől, és veszélyeztették a településeket (Bogárdi, 1969). Ez azért is jelentett nagy problémát, mert mint azt számos írásos emlék említi, jelentős volt már a középkorban is az ártéri művelés és a fokgazdálkodás (Kohán, 2003).

A Tisza-völgy állapota már a 18. század második felétől foglalkoztatta a szakértőket, de csak később került a köztudatba a probléma, a kormányzat pedig felmérte a folyóvölgyek vízrajzát. A Tisza mentén élők életét nagymértékben határozta meg a folyó árvizeinek sorozata, melynek történelmi visszatekintése is nehézkes, hiszen vízjárást is csak 1833-tól figyeltek meg, de az árvizekről is csak levéltári feljegyzésekben lehet olvasni (Mike, 1991). A szabályozatlan Tisza alföldi szakaszának igen kicsi esése, igen kanyargós és sekély medre, valamint a széles ártere az árhullámok egymást felerősítő hatását eredményezték, így hatalmas területeket öntött el a víz. Az 1830-as árvíz hívta fel a figyelmet igazán a Tisza-szabályozásra, majd 1834-ben el is indult a Tisza-felmérés. Többéves árvizes periódus 1844-45-ben érte el csúcspontját. Ezekben az években az egész Tisza-völgyet beborította az árvíz, a Közép- és Alsó-Tisza völgyében másfél éven keresztül le sem vonult a szegedi és Szeged környéki árterületekről (Reizner, 2004). Ennek hatására készített az egész folyóra átfogó szabályozási tervet először Vásárhelyi Pál, melyre Széchenyi István kérte fel. Vásárhelyi felhasználta Lányi Sámuel 1833-34-es eredményeit, és az I. vízrajzi térképet is. A városnak Vásárhelyi tervezete sokkal jobban tetszett, mivel a Maros betorkolásának Vásárhelyi által Szeged alól tervezett áthelyezése esetén a marosi forgalomtól Szeged valószínűleg elesett volna, ami jelentős veszteséget hordozott magában akkor (Reizner, 2004).

Minden árvízzel gátszakadások sora következett be, és a kormány ennek megoldását keresve külföldi segítséget kért (Ihrig, 1973). Vásárhelyi halálát követően Paleocapa Péter, olasz mérnökkel felülvizsgáltatták a tervet, aki jónak találta, de nagyban leegyszerűsítette a tervet. A szabályozási műveletek 1846-ban már el is kezdődtek, azonban a jelentősebb fejlődés mindig egy-egy pusztító árvízhez kapcsolódott (Lászlóffy, (1982). Vásárhelyi Pál tervében a folyó vonalát több átmetszéssel akarta javítani, így

Tiszaújlaptotól a torkolatig 120 átvágást javasolt. Az átvágásoknak többek között az árhullámok levonulásának siettetése, de a hajózási útvonalak rövidítése is célja volt. Paleocapa volt, hogy egyet értett Vásárhelyi javasolataival, így a Maros Szeged alatti torkolatáthelyezését is támogatta, de csak azért, hogy ne Újszegedet használják ártérül a továbbiakban (Reizner, 2004). A folyómederrel párhuzamos védgátrendszer kiépítését mindkét szabályozási tervezet tartalmazta, ha nem is azonos szempontok szerint (Somogyi, 2000). Vita tárgyát képezte a töltések távolsága is Vásárhelyi és Paleocapa terveiben, amit egy 1850. évi parancs végül 760 m-ben állapított meg (Nagy, 2012). A vedresházi átvágást szintén helyesnek, sőt, szükségesnek találta, és a Maros torkolatát is ebbe ömlesztette volna (3. ábra). Paleocapa végül Vásárhelyi tervéhez képest a 120 átvágást 21-re csökkentette, és csak a Tokaj alatti szakaszon akart átvágásokat végezni.



3. ábra: Egy a város által készített átvágási tervezet, melyet Paleocapa is részben helyeselt. (Reizner, 2004)

Paleocapa elsősorban az árvízvédelmi töltések építésével akarta a Tiszát szabályozni, míg Vásárhelyi komplexebb megoldásra törekedett. Ezzel a csapadékosabb időszakok árvizeinek pusztítását akarták megelőzni, melyet passzív (azaz védekező) vízgazdálkodásnak tekinthetünk (Somogyi, 2000). Végül az olcsóbbnak ígérkező Paleocapa tervét kezdték el megvalósítani, de rövidesen kiderült, hogy Vásárhelyi tervei sokkal jobb eredményt hozhat, és szükségesnek tartották az átvágások növelését a lefolyási viszonyok javítása érdekében (Ihrig, 1973). Az 1855. évi árvíz elmosta Paleocapa újonnan épült töltéseit, így újra felülvizsgálták a terveket, majd visszatértek Vásárhelyi tervéhez.

Az eredetileg javasolt 120 átvágásból 111-et sikerült megvalósítani és a töltéseket is megépítették. A szabályozási munkálatok 1875-ig be is fejeződtek. A 111 átvágás összesen 101 átvágásos mederszakaszt alkot, melyből ma 10 szerbiai területre tartozik. Az átmetszések megnövelték a folyó esését. A töltések közé szorított nagyvizek a megrövidült mederben jobban ki tudták fejteni eróziós tevékenységüket, így a folyó beágyazódott (Mike, 1991).

Azóta is történtek szabályozási munkák a Tiszán, de azok inkább kiegészítői voltak az előző szabályozásoknak. Ilyenek a partbiztosítások, a sarkantyúkkal, párhuzamkövekkel való szabályozások, a töltésmagasítások, új töltésszakaszok építése, stb., melyek mind helyi problémákat oldottak meg. Napjainkra a Tisza-szabályozás nagyobb védművei még mindig jól működnek az árvíz levezetésében, de azóta is többször volt szükség a megerősítésükre, vagy fejlesztésükre.

Az egész folyóra vonatkozó átfogó szabályozási cél a műveletek végrehajtásának idejében az ármentesítés volt, később azonban szóba került a folyó további lehetőségeinek kihasználását segítő szabályozási forma is. Az új szabályozás igyekszik biztosítani a területek öntözését, a talajvíz megfelelő szinten való tartását, és ez által a környék talajvízháztartásának javítását, a hajózó utak továbbépítését, az ipari- és ivóvíz mennyiségi és minőségi igényeit, amelyekre a nagyobb szabályozási munkálatok eredménye nem volt alkalmas. Már 1751-ben történtek a tiszai hajózás megjavítását szolgáló intézkedések (Lászlóffy, 1982). A természetes vízi utak teljesítőképességének növelését elősegítő kisvízi szabályozás jó hatással volt az akkori hajózási forgalomra, amelyet később csak az 1846-ban felélénkült vasúti forgalom csökkentett (Iványi, 1949). Csak a folyószabályozással, és az ezzel összefüggő, és szükség szerint alkalmazott ármentesítéssel elért állapotban lehet biztosítani a termeléshez szükséges feltételeket. A gazdaságosság és a megtérülés a folyószabályozási célok komplex jellege folyamán más beruházásoknál jelentkezik (Bogárdi, 1969). A Tisza kisvízi szabályozására kísérleti lépés volt 1950 és 1953 között a Tiszaöki-vízlépcső megépítése, majd a korszerű szabályozás második lépcsőjének tartották a Kiskörei-vízlépcsőt, mely a körzetében jelentkező mezőgazdasági és ipari vízhiányt hivatott enyhíteni. A vízlépcsők megvalósítása a hajózás érdekében is nagyon fontos lépésnek bizonyult, mivel a két vízlépcső között így egész évben biztosított volt a hajózás, megnőtt a Tisza állandóan hajózható szakasza. Ezen a szakaszon megszűnt a folyó szeszélyes vízjárása és a nagy vízszint ingadozása is, mert a fölösleget öntöző csatornába eresztették, kisvízhozam esetén pedig visszatartották a vizet.

4. Vizsgálati módszerek

A dolgozatban tárgyalt, Algyőttől az országhatárig húzódó Tisza-szakasz és Marostorkolatot ábrázoló katonai, vízrajzi és Google Earth képen digitalizált térképeken vizsgáltam a mederszélesség változásait, a kanyarulatfejlettséget, a mederváltozás mértékét, illetve a Szegednél található mintaterületen a partpusztulás mértékét figyeltem meg dendrogeomorfológiai módszer felhasználásával.

4.1. Hosszútávú mederváltozás

A kiválasztott Tisza-folyó szakasz vízrajzi tulajdonságainak elemzéséhez hat különböző időszakból származó katonai felmérés, és vízrajzi térkép került felhasználásra. A katonai felmérések térképeit első lépésben geokorrigálni kellett, melyet az ERDAS Imagine 8.4, illetve Quantum GIS 1.7.4 (Wroclaw) programmal végeztem. A katonai térképeket az időben visszafelé haladva, a harmadik katonai felmérésről származtatott illesztőpontokkal egyeztettem össze. Így gyakorlatilag az első két katonai felmérés 1:28.800-as méretarányú térképét az 1:25.000-es méretarányú térképhez igazítottam. Ezáltal a két térképen közel azonos helyen kijelölt pontok alapján a két térképet egymásra helyezte a program, így pedig a folyókat átrajzolva, vizsgálhatóvá vált a mederváltozás. A művelet során bizonyos hibahatárral (RMSE) dolgozik a korrekció, amit igyekeztem minél kisebbre venni, hogy minél pontosabb legyen a térkép. A vízrajzi térképek már geokorrigáltak voltak, tehát az elemzéshez felhasznált térképeket EOVS rendszerbe korrigáltam. Az I. katonai térkép készítésekor nem használtak geodéziai vetületi alapot, és illesztési pontok is jelentős mértékben hiányoznak (Jankó, 2007). Ez is azt jelzi, hogy a múltban visszafelé haladva a katonai felmérések geokorrigálási lehetőségei korlátozottak, így az I. katonai felmérés is csak a nagy felbontása miatt tette lehetővé azt, hogy tájékoztató jellegű méréseket végezzek a folyó vizsgált szakaszán. A jelentősebb változásokat így a II-III. katonai térképek, a vízrajzi és a Google Earth térképek alapján elemeztem pontosabban. A Google Earth-ből kimentett jpg formátumú képet Quantum GIS-ben geokorrigáltam, ahol ugyanolyan elv alapján jelöltem ki illesztőpontokat, melyek mind a két térképen jól meghatározható helyen láthatóak.

A vizsgált folyószakasz mederszélességét, kanyarulatfejlettségét és a további vizsgálatokat, méréseket ArcGIS 9.3 szoftverrel végeztem. Első lépésként a vizsgálatához megrajzoltam a folyó partvonalát poligonként. A következő megrajzolt alakzat a középvonal volt mindegyik térképen, ezek hosszát pedig a megrajzolt poligonokon határoztam meg. A folyó középvonalát 100 m-es szakaszonként megrajzoltam a második

katonai térképen, és a töréspontokban merőlegesen a mederszélességet is felmértem a partok irányába külön-külön mindegyik térképen, majd azokat „merge” funkcióval egyesítettem, így már egy szakaszként megadtam a meder szélességét. A mederszélességek, illetve a középvonal, vagy más mért objektum hosszát az adattáblán belül egy új oszlop hozzáadásával, és geometriai számítással kaptam meg méterben. Az összes vizsgált térképen is megrajzoltam a folyómeder kontúrvonalát külön-külön, a mederszélességet azonban a már megrajzolt második katonai térkép középvonalához mért merőlegessekkel rajzoltam meg, így szelvényenként vizsgáltam a meder változását az egyes térképeket összehasonlítva. A mederszélesség a méréseim során az az egyenes volt, amelyet a középvonalra merőlegesen mértem a partvonalakig. A katonai felmérések során, vagyis 1766 és 1884 közötti időszakban ez közel 470 db, míg a vízügyi térképek 1890 és 1976 közötti időszakában készült térképekhez már csupán 290 db mederszélességet jelölő egyenest rajzoltam. A mederszélességek változását táblázaton belül, és diagramokon is elemeztem, így összehasonlítottam az egyes térképeken mért szélesség, fejlettség és partelmozdulási adatokat.

Következő lépésként a kanyarulatok fejlettségének mérését végeztem el. A fejlettség mértékét a kanyarulatoknál megállapított inflexiós pontokat összekötő szakasz, vagyis a kanyarulat húrjának hossza és az inflexiós pontok között, a sodorvonal mentén mért kanyarulati ívhossz hányadosával fejezhetjük ki. Ezt többek között az $i/h=\beta$ képlet alapján számolhatjuk ki, vagyis a Laczay-féle számítási módszerrel, amelyet én is alkalmaztam (1. táblázat). Egy másik számítási módszere az $m/h=\alpha$, ami a húrra merőlegesen mért ívmagasság, és a kanyarulatok húrjainak hányadosa.

A kanyarulat típusa	β értéke
Álkanyar	két szomszédos inflexiós pont a víztükör felett látható egymásból
Fejletlen kanyar	$< 1,1$
Fejlett kanyar	$1,1 - 1,4$
Érett kanyar	$1,4 - 3,5$
Túlfejlett kanyar	$> 3,5$
Átszakadó	szomszédos kanyarulatok ívei a mederszélesség kétszeresénél kisebb ívei a mederszélesség kétszeresénél kisebb távolságban vannak

1. táblázat: A kanyarulatok Laczay-féle fejlettsége a β értéke alapján (Borsy, 1998)

A partelmozdulást a már korábban megrajzolt mederszélességi egyeneseket összekötő szakaszokkal mértem, így párosával minden felmérés térképét megvizsgáltam. Miután megrajzoltam a szakaszokat, az adattáblában kiszámoltattam a programmal a szakaszok hosszát méterben, majd a két térkép készítése között eltelt évek számával elosztottam. Így kaptam meg az adott időszak partpusztulási mértékét, sebességét m/évben.

A szelvények a mintaterületnek megfelelően a 189 és 160 fkm között, vagyis a 226 és a 235/5 VO-szelvények elemzésével történt az 1976-os felmérés adatai alapján. A szelvényadatokat Microsoft Excelben táblázatba rendezve, szelvényenként írtam be, és diagram ábrázolásával, valamint az egyes statisztikai adatok segítségével elemeztem.

A VO-szelvények elemzésének szempontrendszerét Fiala és Kiss (2006) alapján végeztem el, így vizsgáltam a következőket:

1. Legnagyobb szélesség: két partél közötti távolság
2. Közepes szélesség: a legnagyobb mélység felezőpontjánál mért mederszélesség
3. Maximális mélység: telített meder szélesség szintjén mért legnagyobb mélység
4. Közepes mélység: mélységértékek számtani közepe
5. Terület: telített meder esetén
6. Alak index: közepes szélesség és mélység hányadosa, melynek értékétől függően, minél nagyobb ez az érték, a meder alakja U (trapéz) alakú, minél kisebb, a meder alakja V alakú.

A legnagyobb mélységet a bal partél és a jobb partél VO-kötől mért távolságának különbségével adtam meg. A közepes szélességnél a mélységet az alacsonyabbik partél magasságának és a legmélyebb pont magasságának különbségével adtam meg, majd a felezőpontjával azonos szinten mért pontok távolságával adtam meg. A maximális mélységet az előbb leírt módon mértem, míg a közepes mélységnél az alacsonyabb partél magassági értékéből a két partél közötti magassági adatokkal számoltam, ebben az esetben, ha volt, akkor a csapok közötti magassági adatok különbségeit használtam fel, és a különbségek átlagával kaptam meg az értékét. A területet Urbanovszky (2002) sávokra bontás módszeréhez hasonlóan számoltam ki, vagyis a mélységek összegét megszoroztam

az átlag VO-kőtől mért ponttávolsággal. Az alak indexet a korábban megkapott értékekkel a fent megadott képlet alapján kiszámítottam.

4.2. Rövidtávú mederváltozás

A katonai térképek alapján feltárt, az utóbbi évek pusztulásait megmutató vizsgálatot a dendrológia segítségével végeztem el. Az évgyűrűk kutatásával foglalkozó laboratóriumát Douglass, a dendrokronológia modern tudományának alapítója indította el 1937-ben, aki inkább az üledék-lerakódással kapcsolatos vizsgálatokat végzett (Douglass, 1929). A dendro-geomorfológia kifejezést Alestalo (1971) vezette be arra az alkalmazási módra, amikor a fa évgyűrűinek szélességét és azok eltéréseit veszik alapul a különböző geomorfológiai folyamatok vizsgálatakor. A módszerrel bizonyos geomorfológiai folyamatok időtartamára, annak kezdetére és hatására lehet következtetni. A Tisza szegedi szakaszán, a folyó bal partján található fok kezdeténél lévő fát mintáztunk meg. A fát a felszín feletti, folyó által kimosott gyökerein mintáztuk meg, mert a gyökerek felszínre kerülését követően a sejtek szerkezete megváltozik, s a gyökér ággá módosulva szabad szemmel is látható évgyűrűket alakít ki (4. ábra). A kéreg képződésének időpontja tehát megadja a felszínre kerülés idejét. Összesen hét mintát vettünk fafűrővel illetve fűrészszel. A gyökerek felszínre kerülési ideje és a vízrajzi adatsorok alapján elemeztem a vizsgálat során kapott eredményeket.



4. ábra: Az egyik gyökérminta, melyen szabad szemmel is elkülöníthető a gyökér rész, és a már kialakult évgyűrűk.

Miután a terepen a mintákat gondosan feliratoztam és eltettem, a laborban a mintákat először egy, a mintával nagyjából azonos hosszúságú fadarabra ragasztottam, majd 16-szoros nagyítás alatt a sejtnagyságok alapján az évgyűrűket bejelöltem, ezáltal pedig meghatároztam a korukat. A mintavétel a fák korának megállapításához fafűrővel

történt (5. ábra), míg az elemzést nagy felbontású speciális mikroszkóppal (LINTAB) végeztem.



5. ábra: A fafűrészhez használt eszköz képe (forrás: internet¹)

Az összegyűjtött vízállás- és vízhozam-adatsorok alapján elemezhető a kanyarulatvándorlást és partpusztulást kiváltó hidrológiai háttér üteme, gyorsasága. Microsoft Excelben ezeket táblázatba helyeztem, számításokat végeztem és diagramokat készítettem.

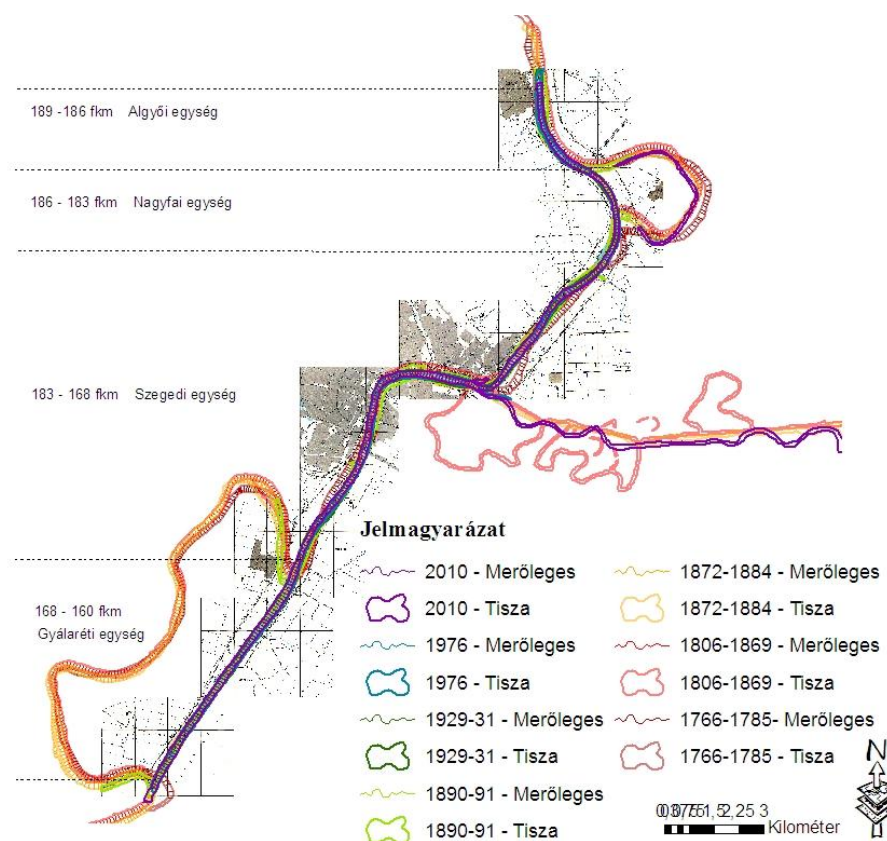
5. Eredmények

5.1. A Tisza hosszútávú mederváltozása

5.1.1. Horizontális paraméterek változása

A középvonal és a mederszélesség változása

A hosszútávú mederváltozásokat tükrözi a középvonal változása, ami a szabályozás előtti és utáni állapotban is nagyon jelentős különbséget mutat (6. ábra). Az I. katonai térképezés során (1780-ban) a mért középvonal hossza még 45,9 km volt, a szabályozásokat követő 2010-es Google Earth térképen mért középvonal hossza viszont már 28,9 km. Ez már azt mutatja, hogy a középvonalak különbsége 17 km, vagyis körülbelül 37%-kal csökkent a folyó hossza a kanyarulat-átvágások hatására.

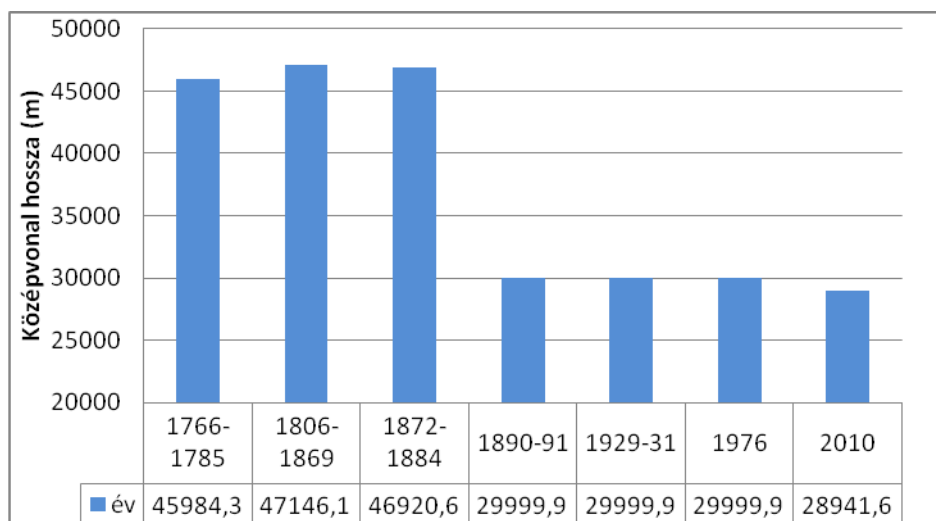


6. ábra: A vizsgált Tisza-szakasz egységei

A vizsgált szakaszon a középvonal hossza jól tükrözi a folyó fejlődésének irányát, és a szabályozás által kialakított új meder vonalát. A folyó természetes fejlődése során a kanyarulatok növekedésével a középvonal is megnőtt. A fejlődés az 1890-es vízügyi térkép középvonaláig mutatható, majd a szabályozásokat követően a középvonalának hossza csak minimális mértékben változott. A középvonal hossza évről-évre csökkent, a szabályozásnak pedig drasztikus hatása volt a folyó fejlődésére (7. ábra). A kanyarulatok fejlődését kanyarulatfejlettségi vizsgálataim során megállapítottam, és a vizsgált szakasz középvonalának fejlődésében is nagyon fontos szerepe van a fejlett kanyarulatoknak 1766 és 1884 között.

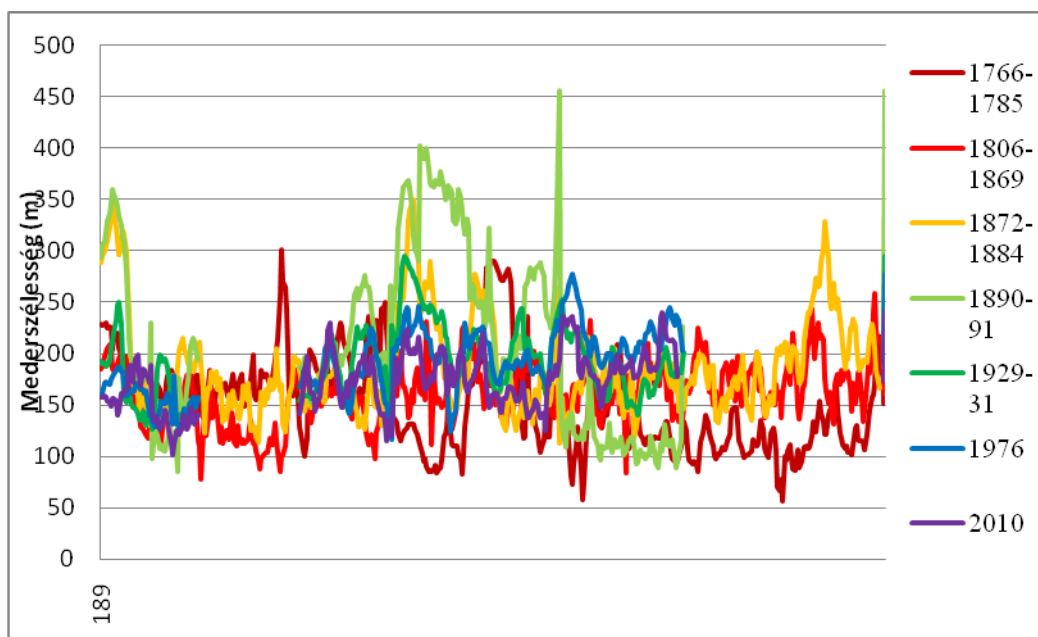
A nagyfai egységben látható összetett kanyarulatának legdélebbi kanyarulatát Pécsi (1939) szempontjai alapján középkorú kanyarnak, míg például a nagyfai kanyarulatot együttvéve már öreg kanyarnak minősíthető. Laczay (Borsy, 1998) szempontjai szerint érett kanyarulatoknak lehet nevezni. A másik jellegzetes kanyarulat a gyálaréti egység kezdő kanyarulata, amely fejlettsége alapján öreg, vagy túlfejlett kanyarnak minősül. Vizsgálataim során a kanyarulatfejlettség szempontjából a többi egységben fiatal, vagy

fejletlen kanyarulatok vannak, amelyek közül a szabályozásokat követően már csak a Maros-torkolat feletti kanyar képvisel napjainkban.

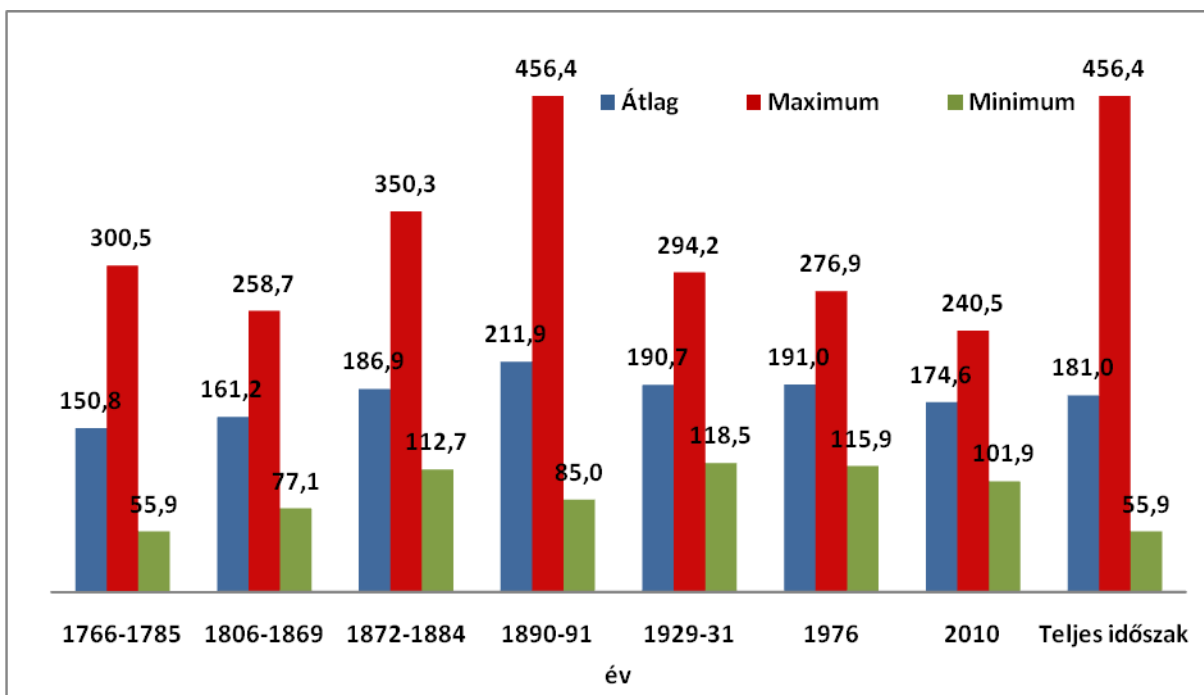


7. ábra: A középvonal hosszának változása

A teljes vizsgált Tisza-szakasz mederszélességi adatai is jelentősen módosultak, bár voltak dinamikusabban változó szakaszok és az évek során kevésbé változatos mederszélességű szakaszok (8. ábra). A teljes szakasz átlag mederszélessége 181 méter, maximuma 456,4 méter, míg a minimum mederszélesség 55,9 méter. Ez egységenként változó értéket mutat (9. ábra).



8. ábra: A vizsgált Tisza-szakasz mederszélességi adatai

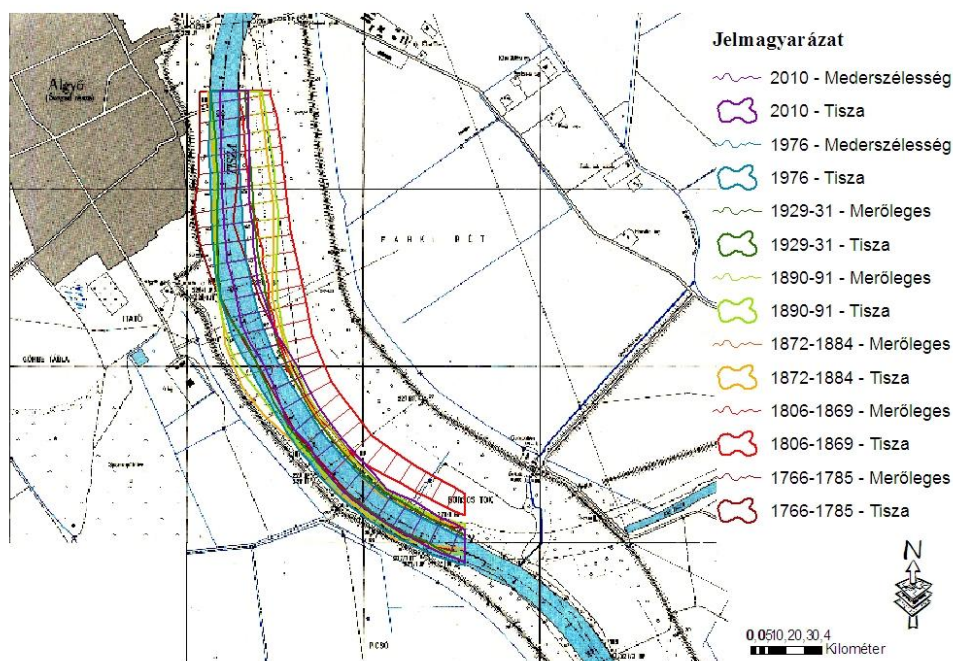


9. ábra: A vizsgált szakasz mederszélességének statisztikája évente és a teljes időszakban

Algyői egység

Az algyői egység a levágott Nagyfai-kanyarulattól folyásirányban feljebb helyezkedik el, a két kevésbé változó egység közül az egyik. Ezt a mederszélesség adatok és a kanyarulatvándorlás mértéke is tükrözi (10. ábra). A maximális partvonal-elmozdulás 348 méter a 188,6 fkm-nél, a mérést viszont befolyásolta a geokorrigálás és így a torzulás hibája, mivel az I. katonai felmérés térképe a már korábban említett okok miatt nem tekinthető pontosnak.

Az 1806 és 1884 közötti katonai felmérések térképei között mért legnagyobb mederelmozdulás 284 m, amely a 186,4 fkm-nél található. A legkisebb mederelmozdulás pedig a 0 méter, vagyis a partvonal nem mozdult el. Ezen az egységen közel ugyanolyan az I. katonai felmérés partvonala, mint a III. katonai felmérése. A II. és III. katonai felmérés már sokkal jobban különbözik mind szélességi adataiban, mind elmozdulásában.

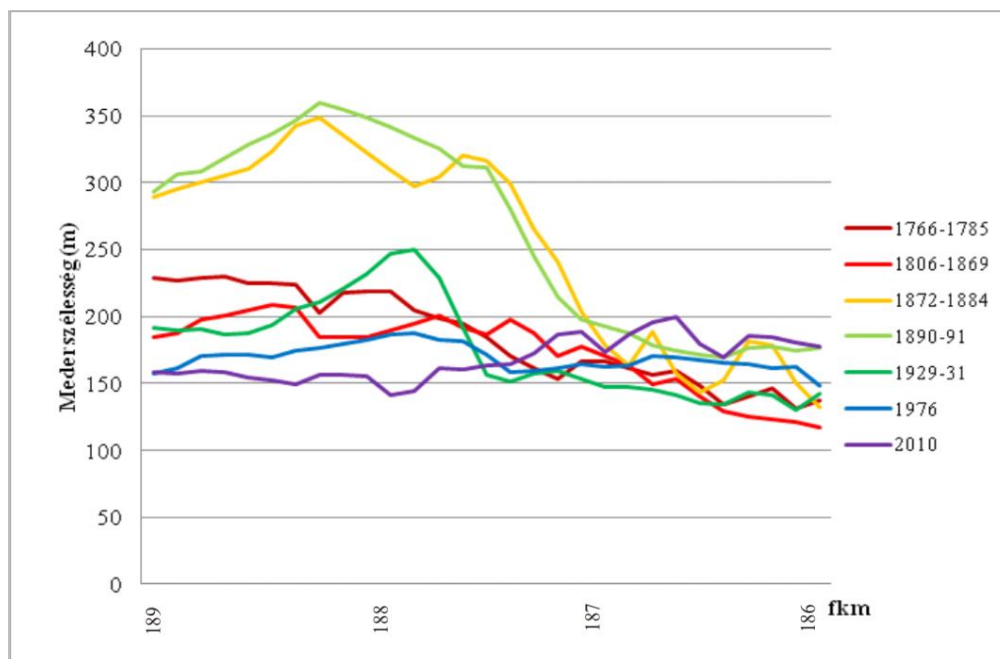


10. ábra: Az algyői egység mederszélességei, és partelmozdulása (189-186 fkm)

Kezdetben, vagyis még 1766-ban és 1864-ben katonai térképek készítésekor a folyó mederszélessége nagyon nagy volt, nagyobb, mint a szabályozások utáni, hiszen 18xx-ben és a szabályozás után 1890-91-es a mederszélesség háromszorosát is elérte. A meder fokozatos szélesedése 1780 és 1796 között tökröződik a jellegzetes mederszélességi adatok statisztikájának alakulásában is, vagyis nyomonkövethető a minimum, maximum, és átlag értékeknél is az a tendencia, miszerint az 1800-as években a meder szélessége megnőtt, majd a szabályozásokat követően fokozatosan kisebb lett. A vizsgált szakasz algyői egységének minimum mederszélessége 116,9 méter, maximuma 359,8 méter, vagyis több, mint háromszorosa, átlag mederszélessége pedig 198,5 méter volt a vizsgált egységen az általam vizsgált 230 év alatt.

A diagrammon nagyobb eltérést a III. katonai felmérés, illetve a vízügyi térképek mederszélességeinél láthatunk, ami az 1872-1891-es időszakot jelenti, az átlagos mederszélesség ekkor 258,6 méter volt. Ez az eltérés igen markáns, ezek után viszont az átlagos mederszélesség is a korábbi maximum értékéről (263 méter) fokozatosan csökkent, és 2010-ben már csupán 168 méter. A térképek azt mutatják, hogy ebben az egységben a meder alakja és futása nem változott dinamikusán. Megfigyelhető, hogy a vizsgált

szakaszokon a mederszélesség nem csak időben csökkent az algyői szakaszon, hanem térben is, vagyis a folyón lefelé haladva a mederszélesség a 188 fkm-től 186 fkm-ig csökkent. Ez a 2010-es mederszélességi adatoknál viszont fordítva igaz, folyásirányban a mederszélesség a 188-187 fkm közötti enyhébb csökkenést kivéve növekszik, napjainkra egységesebb meder jött létre. (11. ábra).

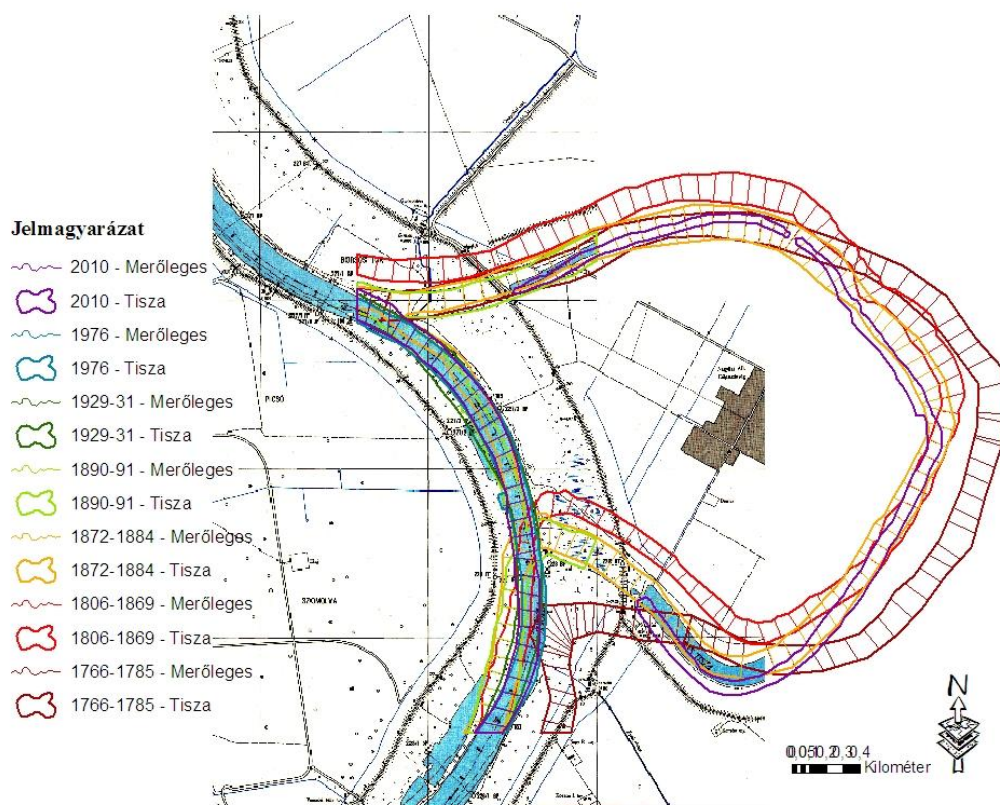


11. ábra: Az algyői egység mederszélességeinek összehasonlítása

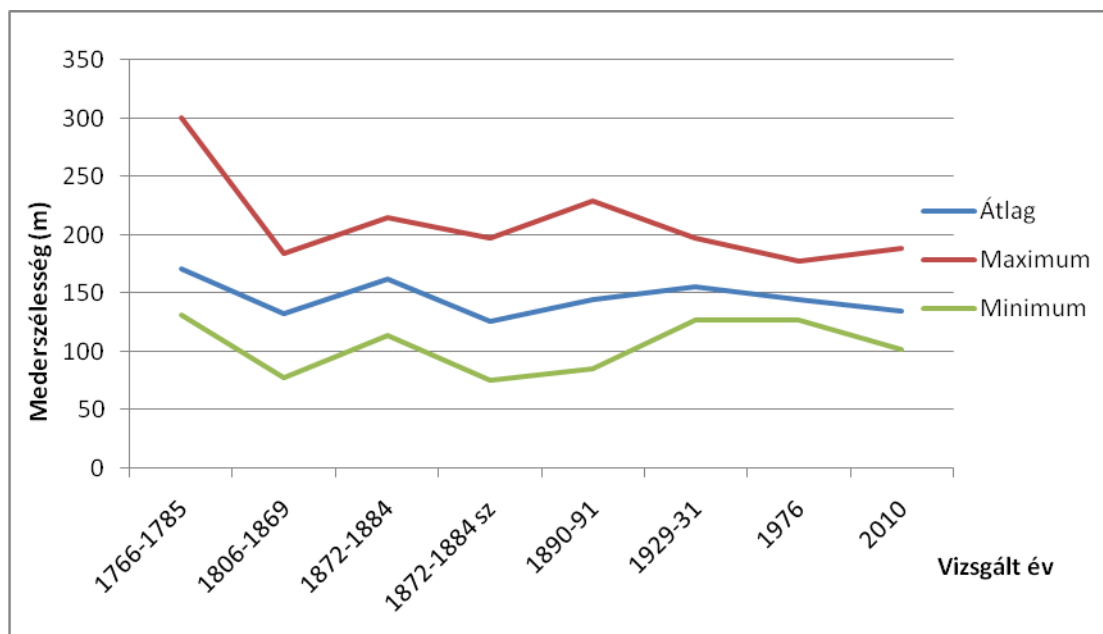
Nagyfai egység

A nagyfai egység különlegesnek tekinthető a levágott kanyarulat miatt. Az egység az I. katonai felméréskor (1780) igencsak dinamikus szakasznak tekinthető, hiszen már az III. katonai felmérésnél is a Laczay-féle skálán fejlett kanyarulatnak számító folyószakasz nagy változásokat mutatott (12. ábra). Részletesen elemezve ez az egység egy összetett fejlett kanyarulatból állt az 1780 és 1884 közötti térképeken, és ennek fejlődése is igen jelentős volt. Ennek is köszönhető, hogy ebben az egységen található a legnagyobb mederelmozdulás, melynek értéke a 380 métert is megközelíti a fejlett kanyarulat délkeleti szakaszán 1806 és 1884 között. Ebben az időszakban a mederszélesség is érdekesen változott, hiszen az I. és a III. katonai felmérésekkor a mederszélesség körülbelül azonos intervallumban mozgott, míg a II. katonai felmérés átlaga, maximuma, illetve minimuma

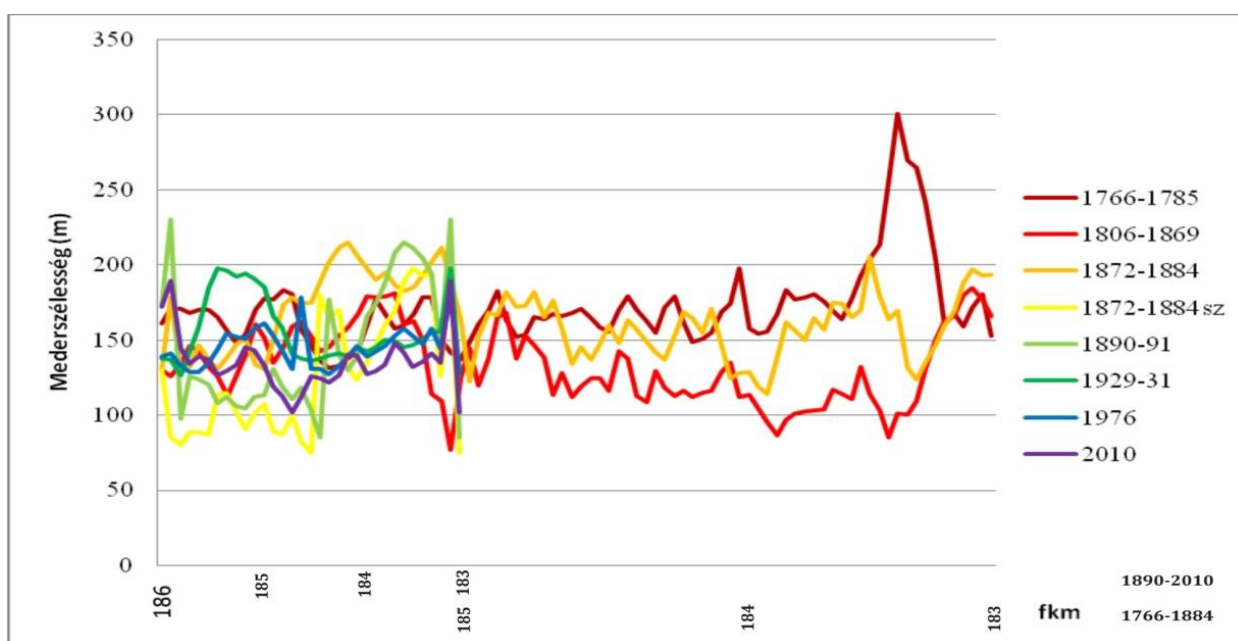
mindkettőt alulmúlta. A szabályozásokat követően az új mederben megfigyelhető a mederszélességek átlagának csökkenése, míg a maximum érték 1890-91-ig kisebb mértékben emelkedett (144,5 m), majd ismét csökkenni kezdett (144,2 m 1976-ra), majd elérte a 2010-es 134,6 méter. A mederszélességek minimuma összességében növekedett (101,9 m) (13. ábra). A vizsgált egység mederszélességeinek mai átlaga 134 méter, vagyis kevesebb, mint a vizsgált időszakban összesen mért átlagos 146 méter. A vizsgált időszakban mért legnagyobb mederszélesség 300,5 méter, aminek a mai 189,2 méteres nagysága majdnem a fele, míg a minimum mederszélesség 2010-ben 101,9 méter, összességében pedig 74,9 méter volt.



12. ábra: A nagyfai egység mederszélességei, és partelmozdulása (186-183 fkm)



13. ábra: A nagyfai egység szélességviszonyainak alakulása 1766 és 2010 között



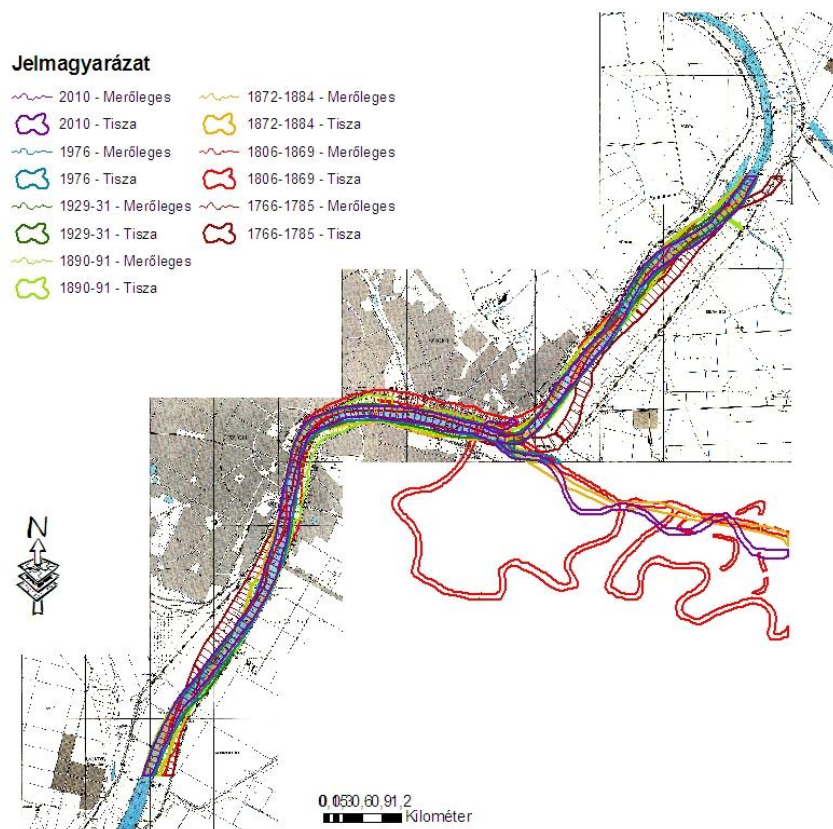
14. ábra: A nagyfai egység mederszélességének alakulása a meder mentén (sz: szabályozáskor kialakított szakasz)

A 14. ábrán a mederszélességek ingadozó alakulását figyelhetjük meg. Az I. katonai térkép (1766-1785) kiugró értéke a nagyfai kanyarulat 183 fkm-hez közelebbi kanyarulatához tartozik, és a kanyarulat csúcsán, a legjobban erodálódó részén mértem a 303 m mederszélességet. A nagyfai Tisza-szakasz elemzése a III. katonai térképeken már megfigyelhető átvágással kialakított szakasza miatt külön is vizsgálható a későbbi

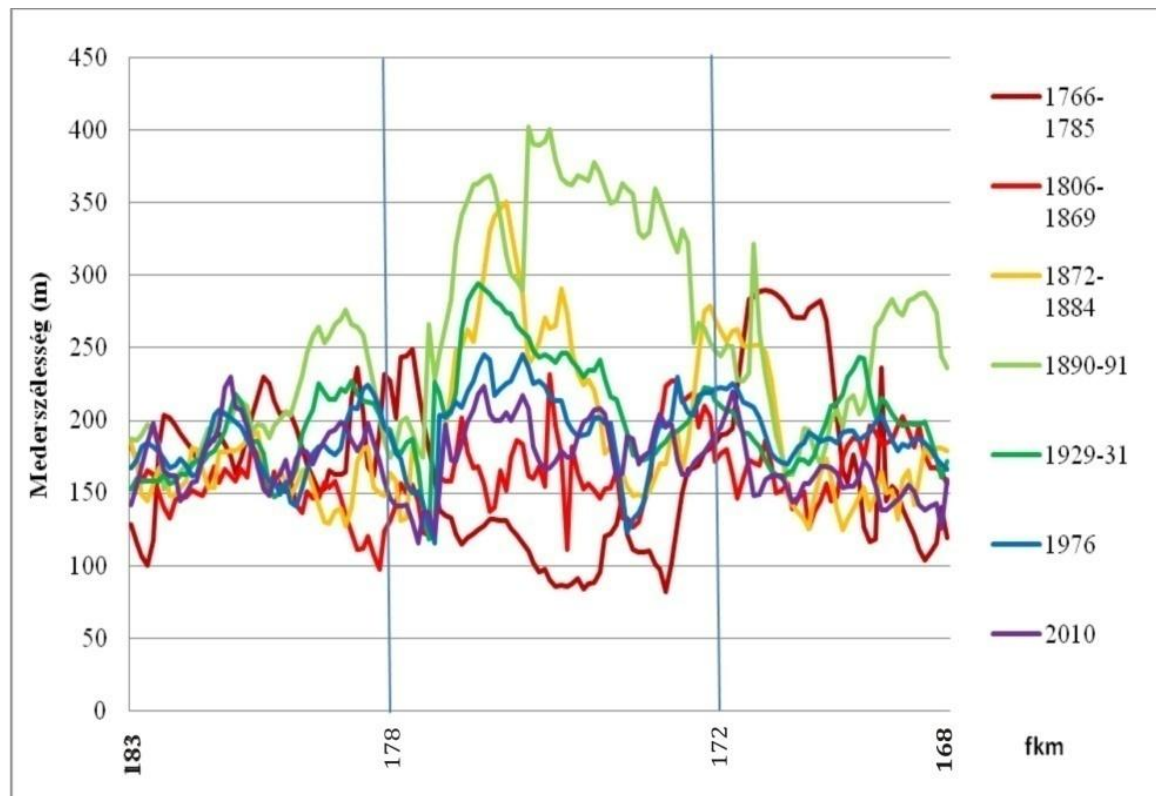
térképekkel. A egység utolsó negyedében a mederszélességek növekedését a korábbi kanyarulat és az átvágással született szakasz találkozását követő korábbi, szélesebb meder okozza.

Szegedi egység

A szegedi egység a vizsgált Tisza-szakasz leghosszabb egysége, mivel a 183 és a 168 fkm közötti szakasról van szó (15. ábra). Ezen az egységen a Maros egy kisebb szakasza is szerepel, amely minden felmérésnél befolyásolta a szélességi adatokat a torkolatnál, így itt több kiugró értékeket is mértem (16. ábra). A két egyenessel lehatárolt szakasz a városi szakasz változásait mutatja. Az I. katonai felmérés (1766) geokorrektíós hibái itt is megmutatkoznak, a Maros torkolatnál a torzulás okozott nagymértékű eltéréseket.



15. ábra: A szegedi egység mederváltozásai (183-168 fkm)

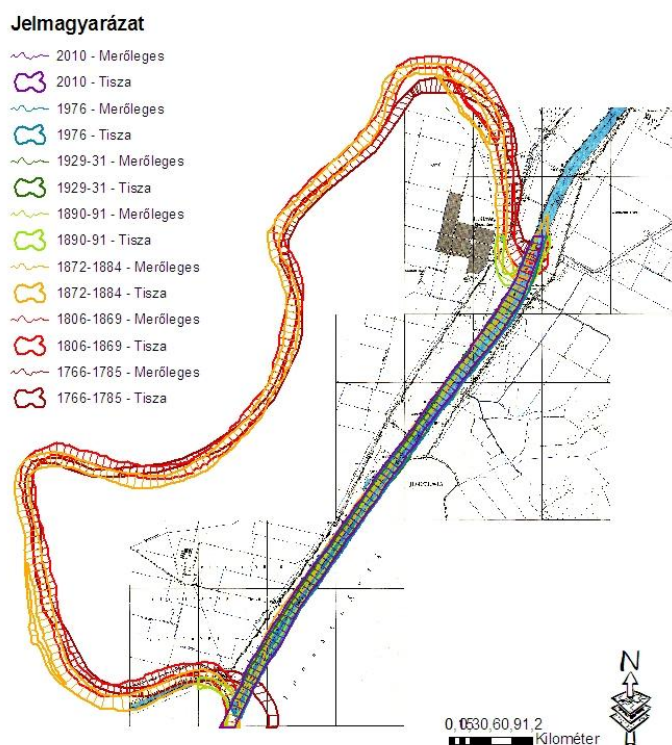


16. ábra: A szegedi egység mederszélességi adatai (183-168 fkm)

A mederszélességi adatok az 1890-91-es vízügyi térképen a legnagyobbak (402,6 m), ez pedig a folyószabályozást követő mederformálódásnak köszönhető. A 20. században az értékek fokozatosan csökkentek, elérte az 1976-os állapotot, ami a 190,2 méteres átlag mederszélességével az egész vizsgált időszak átlagát a legjobban megközelítette. Az 1890-91-es év kiemelkedő értékei a vizsgált egység maximumánál is feltűnik, hiszen az akkori 402,6 méteres mederszélesség volt az 1780-2010 közötti időszak vizsgált értékeinek maximuma is. A statisztikai adatok alapján elmondható, hogy az átlag, maximum és minimum értékek is növekedtek az 1890-91-es évig, majd a következő felmérésnél 1929-31-ben már a maximum értéknek is a töredékét, 294,2 métert lehetett mérni a mederszélességnél, és ezzel párhuzamosan mindhárom érték csökkent. A 2010-ben mért 173,4 méteres átlagszélesség az I-II. katonai felmérést leszámítva minden eddigi átlagtól kisebb. A mederszélesség maximumát a szabályozásokat követően 2010-re csaknem a felére csökkent, 230,2 méterre. A minimum mederszélesség az utolsó két felmérésnél, 1976-ban és 2010-ben már csak 0,4 méterben különböznek, 2010-re ugyanis 115,5 méterre csökkent ez az érték. Tehát a keskenyedési folyamat megállt. A Maros-torkorlat helyzete is rögzült, folyásirányban lefelé nagyobb szélességek fordulnak elő.

Gyálaréti egység

A gyálaréti egység elemzése hasonlít a nagyfai egységhez, hiszen itt is jelen van a szabályozásokkor kialakított (1890) meder, amely a későbbi mederszakaszokkal nagyon jól összevethető (17. ábra). A kanyarulat északi részén kialakult zátony alakulása is figyelemmel kísérhető a II. és III. katonai felméréseken. Jelentős változást nem mutat, viszont nyomai még később is felfedezhetők akár a vízügyi térképen, vagy akár műholdfelvételeken is. A meder legnagyobb szélessége 360 m körüli, de a folyókanyarulat vándorlási, fejlődési folyamatának megfelelően alakul, a katonai térképek mederszélességi adatai folyamatosan növekednek, így az átlag mederszélesség is 124 m-ről 186 m-re nőtt.

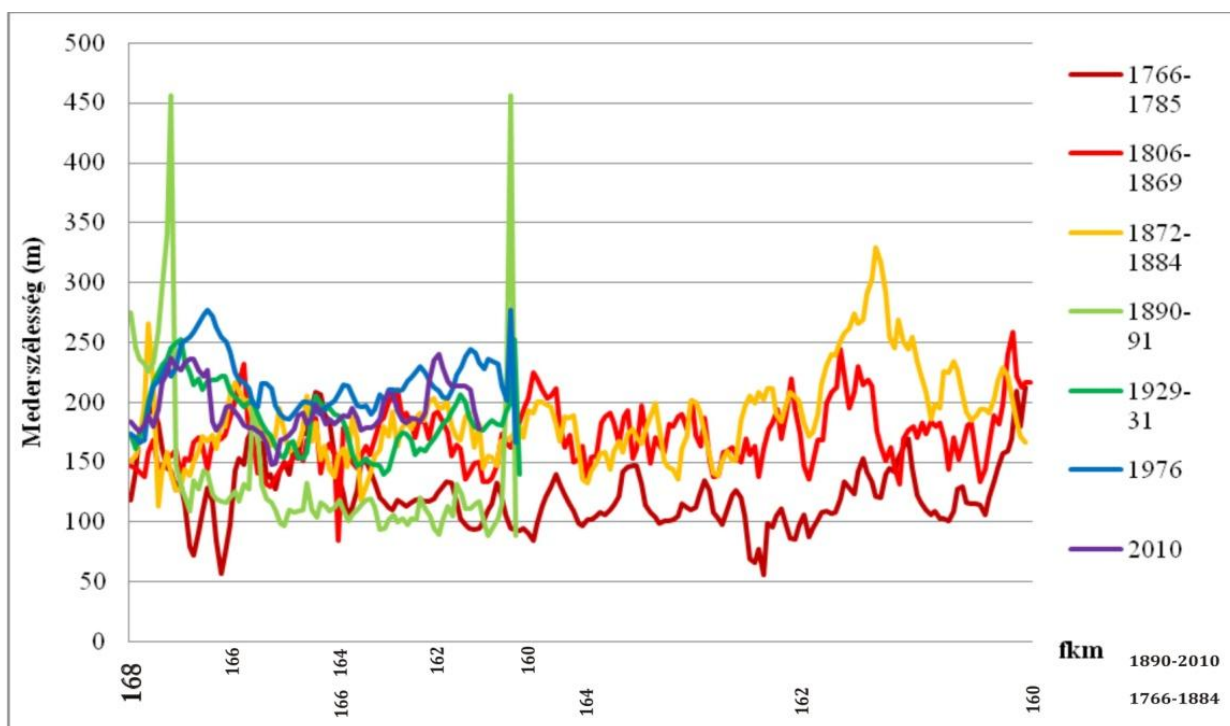


17. ábra: A gyálaréti egység (168-160 fkm)

A gyálaréti egység szélesség értékei széles skálán mozognak, habár a térképi ábrázolásnál ilyen látványos eltérés nem látható. A legtöbb eltérést a kanyarulat északi, illetve déli felén kialakuló zátonyok okozzák. Míg az északi zátonyt a II. és III. katonai térképeken is jegyzik, a déli zátony csak a III. katonai felmérés elkészítésére alakult ki. A gyálaréti egységnél is megfigyelhető az a tendencia, miszerint az 1890-91-es felvételezés idejére a Tisza medre mind átlagában (138,8 m), maximumában (456,4 m) és minimum

(88,2 m) értékében növekedett. Az 1890-91-es első kimagasló értéket a korábbi kiszélesedett meder és az azóta szabályozással létrehozott szakasz találkozása okozza, ugyanúgy, mint a nagyfai kanyarulat alsó szakaszán (18. ábra).

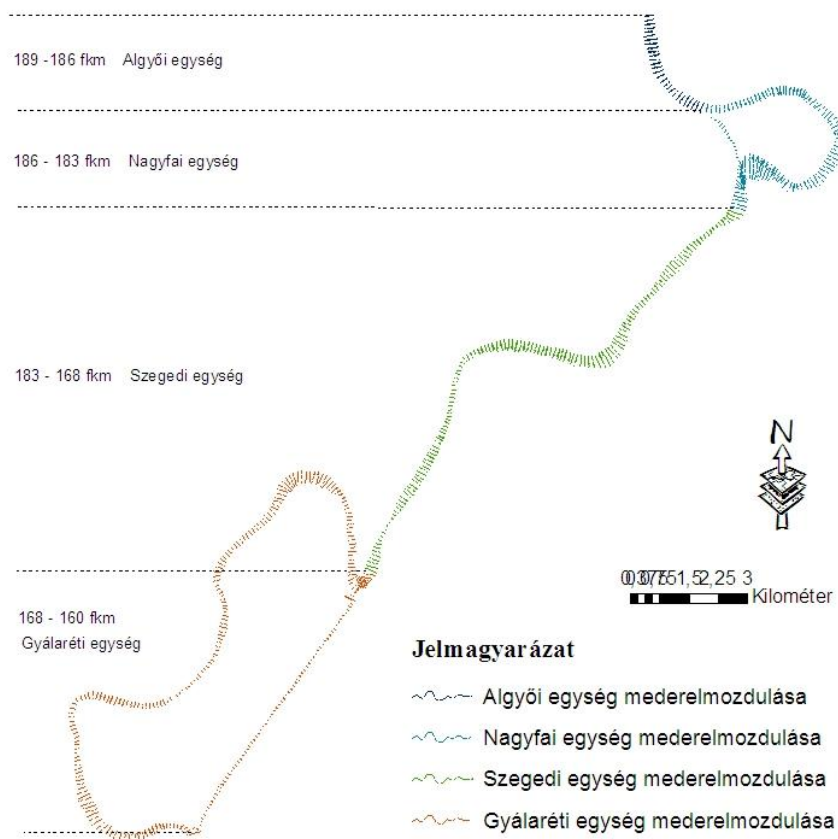
A szabályozásokkor kialakított medernél megfigyelhető értékek közül a maximum mederszélesség lecsökkent a korábbi 456,4 méterről 252 méterre, ezzel párhuzamosan viszont az átlag mederszélesség tovább növekedett az 1976-os felmérésig 216,2 méterre, ez pedig a 2010-es felmérés idejére 194,7 méterre csökken. A vizsgált időszak átlagos mederszélessége 174,1 méter, melyet az 1872-1884-es felméréskor közelített meg a legjobban. A minimum mederszélesség sokszor változik felmérésről-felmérésre. A III. katonai felmérésig évente közel 30 méterrel növekedett az értéke, mikor eléri a 112,7 métert, majd 1890-91-re 88,2 méterre csökkent, majd ismét emelkedés figyelhető meg 1976-ig. Ekkor már 166,5 métert is elérte a minimum mederszélesség, de ez 2010-re 148 méterre csökkent.



18. ábra: A gyálaréti egység mederszélességi adatai a katonai térképek alapján

A parterrózió mértéke

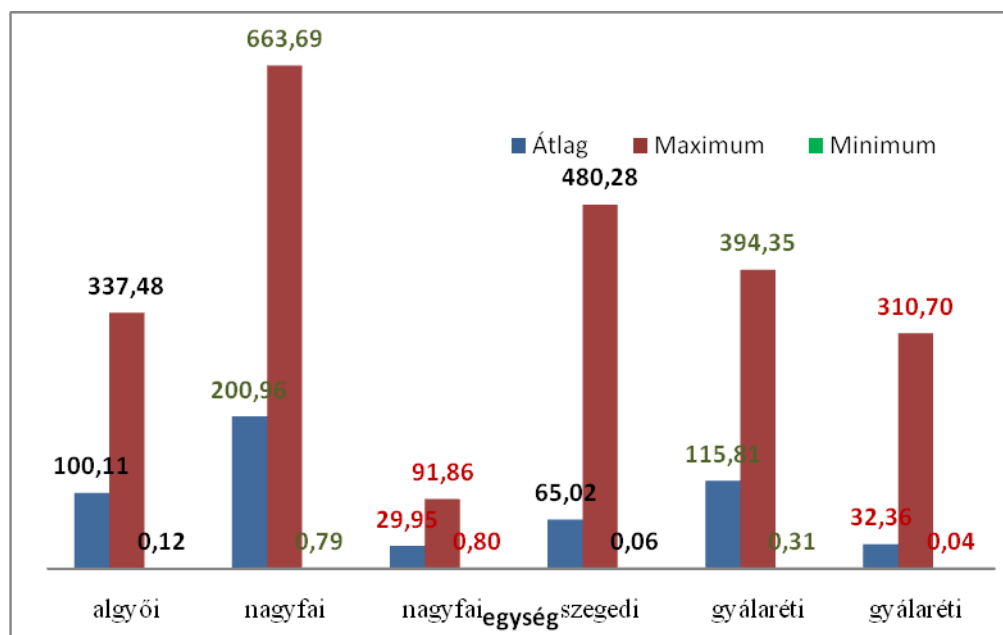
A hosszútávú parterróziót legjobban a mederelmozdulás mutatja. A különböző időszakban felmért folyómeder partvonalainak távolságát elosztva a változás idejével megkapható az erózió mértéke (19. ábra). A folyómeder természetes elmozdulásának nyomai az övzátonysorok. A szabályozások előtti időszakban a parterrózió igen intenzív volt, míg a szabályozást követően a parterrózió igen erőteljesen lelassult, esetenként megállt.



19. ábra: A vizsgált szakaszon felmért mederelmozdulás (a vonalak az elmozdulás mértékét mutatják 1766 és 2010 között)

A legnagyobb eróziót a nagyfai egység folyószabályozás előtti kanyarulata (1766-1806) mutatta, hiszen közel 664 méteres (16,6 m/év) elmozdulást mértem a későbbi átvágási pontnál (20. ábra). Ezzel szemben a legnagyobb parterrózió, amelyet olyan egységben mértem, amelynek nem volt szabályozott szakasza a szegedi egységben (1766-1806) volt 480 méter, ezt pedig a Maros-torkolattól kicsit északabbra mértem. Ehhez képest a viszonylag nagy értéket a gyálaréti egység összetett természetes kanyarulatánál,

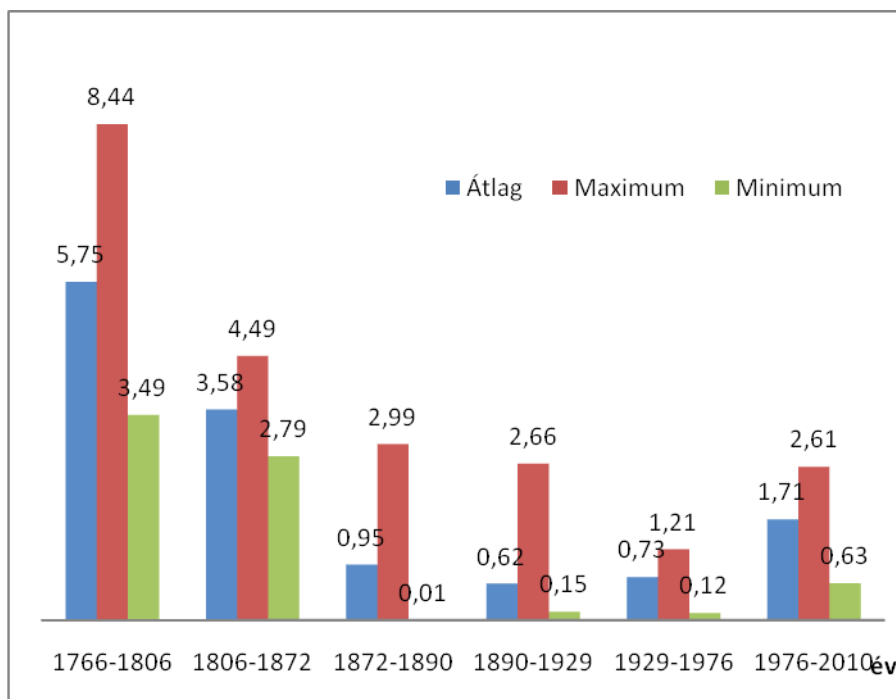
annak is a zátonyokkal tagolt partjainál mértem (9,86 m/év), míg az algyői, a gyálaréti és a nagyfai szabályozott szakaszokon mértem legkisebb értékeket.



20. ábra: A mederelmozdulások alakulásának 1766 és 2010 közötti jellemző értékei méterben (zöld betű- természetes kanyarulat, piros betű- szabályozott folyószakasz)

Algyői egység

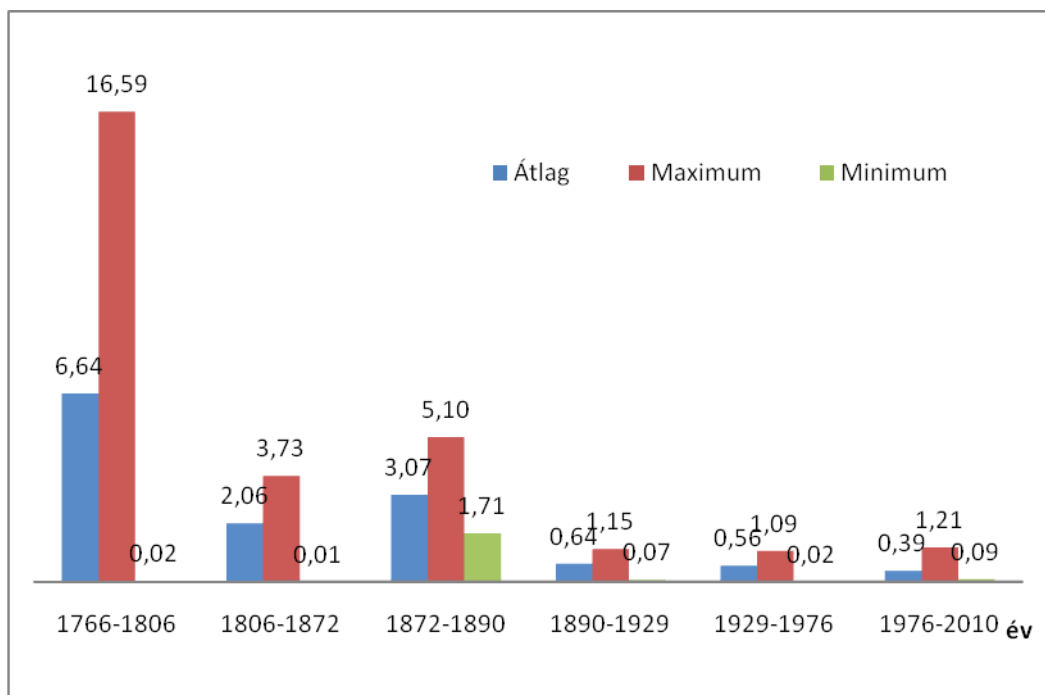
Ebben az egységben még mindegyik felvételezési időpontban összehasonlíthatóak a mederelmozdulási értékek, így megfigyelhető egy erősen csökkenő tendencia a partpusztulás mértékében. Az 1700-as évek végén mért átlagos 5,7 m/év partpusztulás az 1800-as évek végére kevesebb, mint az ötödére csökkent (0,9 m/év), ez pedig 2010-re csak kis mértékben növekedett (1,7 m/év). Az egység maximális partpusztulási sebessége is az 1766-1806 közötti időszakban volt, 8,44 m/év Algyő határától nem messze. A maximális parterózió sebessége 2010-re 2,61 m/év-re csökkent (21. ábra).



21. ábra: Az algyői egység parteróziójának jellemző értékei (m/év)

Nagyfai egység

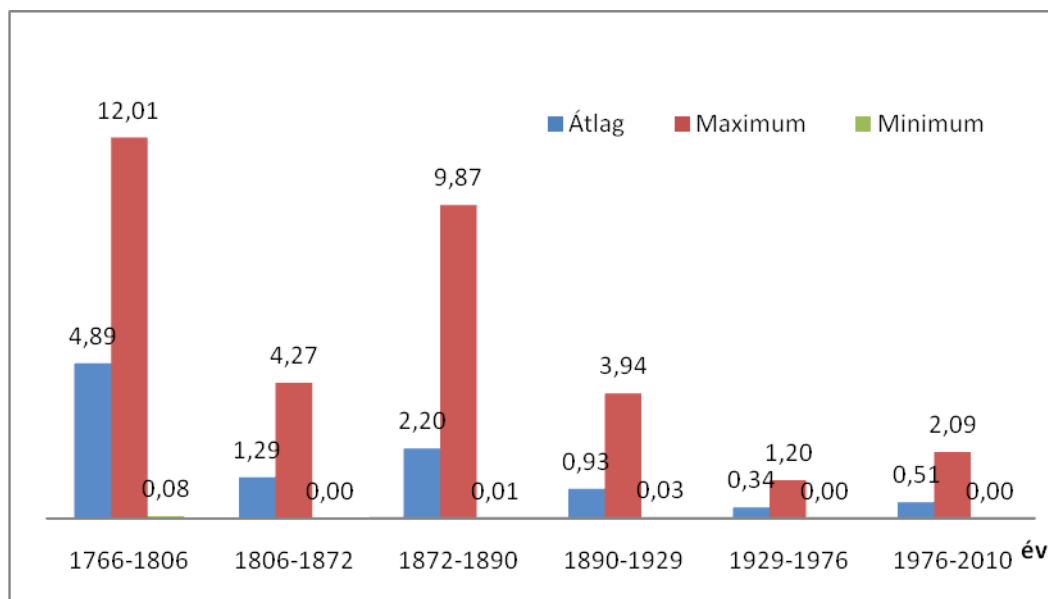
A nagyfai egységben 1766 és 1872 között két térképen is vizsgálható a partpusztulás mértéke az összetett kanyarulatnál, míg a szabályozás során átvágott kanyarulat parteróziója a többi térképen elemezhető. Ebben az egységben az algyőihez hasonló eredmények adódtak. 1766 és 1806 között mértem a legnagyobb eróziót (16,59 m/év), ami a vizsgált Tisza-szakaszon a második legnagyobb érték. Ezen a szakaszon a statisztikai értékek az 1766 és 1806 közötti nagymértékű változást mutattak: A maximum parteróziós sebesség 16,56 m/év-ről az ötödére, 3,73 m/évre csökkent, majd az 1800-as évek végére 5,1 m/év-re nőtt, de a többi jellemző értéknél is ezt a tendenciát lehet megfigyelni. Ez a természetesen fejlődő kanyarulatnak köszönhető, viszont a szabályozás eredményeinél jelentősen lecsökkennek az értékek. 2010-re a maximális parterózió-sebessége 1,21 m/év-re csökkent, míg az átlagos 0,39 m/év, a minimum pedig 0,09 m/év (22. ábra). A minimális parteróziós sebesség csak ebben az egységben közelíti meg az 1 m/év értéket 2010-re, míg a többinél már 0 m/év, ami a meder helyzetének állandósulását jelzi.



22. ábra: A nagyfai egység partpusztulási sebességének jellemző értékei (m/év)

Szegedi egység

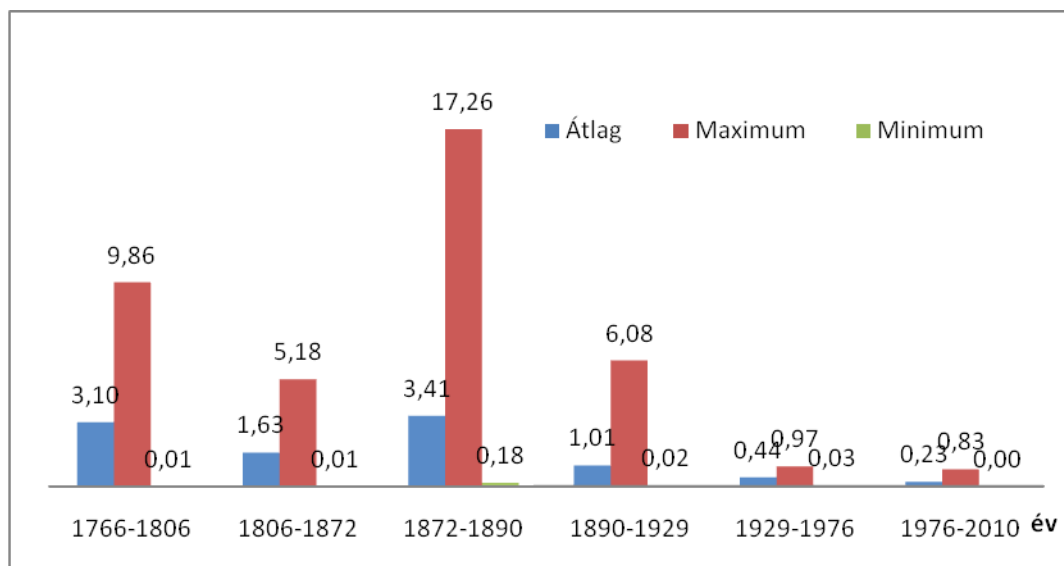
A szegedi egységben a maximális parterózió sebessége minden időszakban kiemelkedően magas volt, ami kezdetben 12 m/év volt, majd folyamatosan csökkent, kivéve az 1872-1890-es emelkedést. 2010-ben ennek az egységnek a maximális parteróziós sebessége 2,09 m/év volt, de megfigyelhető az is, hogy a teljes vizsgált időszakban a minimális parterózió alig haladja meg a nullát. A kezdeti magas átlagsebesség (4,89 m/év) az évek folyamán folyamatosan csökkent, míg elérte a 2010-es 0,5 m/év-es értéket, mely kevesebb, mint a nyolcada (23. ábra). A minimális parterózió a erősen a nullához közelít, ezzel mutatva, hogy a meder formálódása több helyen is megállt.



23. ábra: A szegedi egység partpusztulási sebességének jellemző értékei (m/év)

Gyálaréti egység

Ez az egység a legváltozatosabb mind parterózió, mind formakincs szempontjából. Parteróziót tekintve itt volt az egyik legnagyobb mértékű az erózió, amit az is mutat, hogy ebben az egységben található a vizsgált szakasz legnagyobb parteróziós sebesség, ami 17,26 m/év. Ez az egység azért is fontos, mert a korábbiakkal ellentétben itt nem az 1766-1806-os időszakban volt a legnagyobb a parterózió mértéke, hanem az 1872 és 1890 közötti időszakban (24. ábra). Ez még a szabályozások időszakára tehető, amikor az új medert kialakították, bár 1890-ig az összetett kanyarulat is nagymértékben fejlődött. Mind az északi, mind pedig a kanyarulat déli felén kialakultak addigra zátonyok, melyek a meder fejlődését, és a folyó futását is befolyásolták. Ezt követően fejlődött a kanyarulat tovább északi és délnyugati irányba. A kanyarulat északi felén egy belső íven fejlődő zátony, míg a délnyugati felén egy külső ívhez simuló zátony alakult ki, viszont mindkettőnek a meder szélességének növekedése lett a következménye. A szabályozáskor kialakított új meder változása azért olyan intenzív, mert a levonuló árvizek, illetve a szegedi szakasz kiegyenesített folytatása a partvonalak dinamikusabb változását teszik lehetővé.



24. ábra: A gyálaréti egység partpusztulási sebességének jellemző értékei (m/év)

5.1.2. Vertikális paraméterek változása

VO-szelvények elemzése

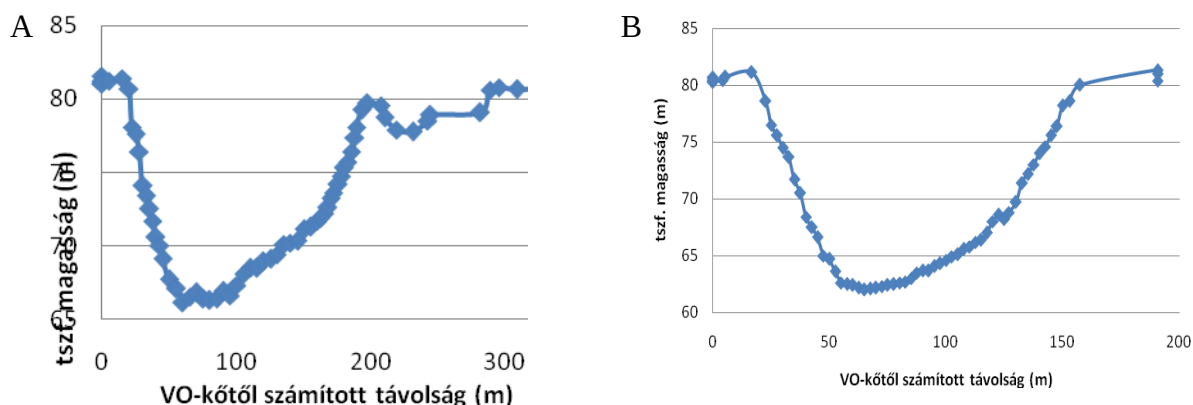
Az VO-kereszt-szelvények adatait (ATIVIZIG) egymással, illetve folyásirányban hasonlítottam össze 1890 és 1999 közötti adatok alapján. A szelvények rajzolata, alakja megmutatja a sodorvonal helyzetét, és a szabályozások utáni szélesedő part vonalát. Jellemzően az egyes egységekben az alak index is megmutatta a meder bevágódásának mértékét, ugyanakkor ez nem változott párhuzamosan a meder maximális mélységével.

A kiértékelt adatok alapján a **szélességek** viszonyait tekintve a 233-as VO-szelvény volt a legszélesebb (445 m) az 1890-91-es felmérés idején, de azt is érdemes megjegyezni, hogy a legkisebb szélesség a 232-es szelvényben található (39 m). Az átlagos legnagyobb mederszélességi értéket (236,6 m) a 229-es VO-szelvény 1890-91-es értéke közelíti meg legjobban (235 m). A következő paraméter, amit vizsgáltam, a közepes szélesség volt, amelynek a minimuma (95 m) a 235-ös szelvényben található, szintén az 1890-91-es adatok alapján, a maximuma pedig a 235-ös szelvény 1976-os felmérésében (232,5 m). Az átlagos közepes szélesség 160,6 m, amely a 229-es VO-szelvény 1929-31 és 1957-61-es értékehez hasonló (162,5 m). Félegyházi (1929) mérései a vizsgált területen a kisvízszint alatti átlagos szélességnél 160 és 142 m feletti értékeket, míg a közepes vízszinten mért átlagos szélességnél 200 és 265 m közötti értékeket eredményeztek.

A maximális **mélység** 19,5 m volt, amely a 228-as szelvényben található, és 1999-ben mérték, mely a legkeskenyebb szelvények közé tartozik, ezért ott a folyó munkavégző képessége a mederaljra koncentrált. A legkisebb maximális mélység a 230-as szelvényben található (8,19 m), amely az 1999-es mérési eredménye. Ehhez a vártak megfelelően meglehetősen nagy mederszélességi adatok társulnak (174,9 m legnagyobb szélesség és 147,1 m közepes szélesség). A maximális mélység átlag értékét (13,2 m) legjobban a 227-es VO-szelvény 1976-os értéke közelíti meg (13,1 m). A közepes mélység minimuma a 226-os szelvényben található, értéke 2,83 m, maximuma pedig 13,07 m, amely a 226-os és a 235-ös szelvényhez tartozik. Átlag értéke (7,7 m) a 235-ös VO-szelvényéhez nagyon közeli (7,9 m).

A kereszt-szelvények **területe** a vizsgált szakaszon élénken változott, de általánosságban elmondható, hogy meghaladják az 1500 m²-t, ami szintén igaz az 1890 és 1922 között három alkalommal, a közepes vízszinten mért átlagos területre is Félegyházi (1929) eredményei alapján. A legnagyobb területű kereszt-szelvény a 233-as (3977,8 m²), a legkisebb a 230-as (1028,9 m²), míg az átlag értéket (1929,5 m²) a 226-os VO-szelvény közelíti meg legjobban (1913,9 m²).

Az **alak index** így értékének növekedésével V alakúból U alakúvá válik a meder. Erre jó példa a 226-os szelvény mederszelvénye, mely jellegzetes V alakot vesz fel, míg a 230/1-as szelvény inkább U alakú (25. ábra). Az alak index értékei 7,27 (235. VO-szelvény) és 48,94 (226. VO-szelvény) között mozog, átlagos értékét (22,60) pedig a 230-as VO-szelvényét közelíti meg (22,33).

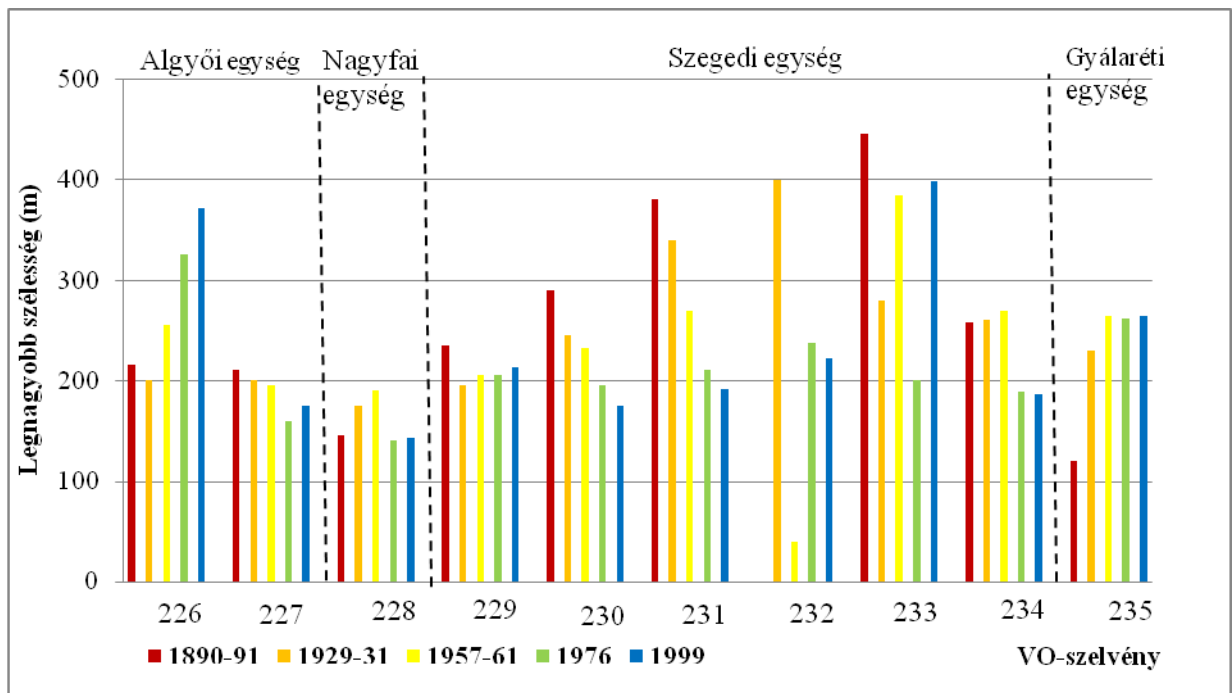


25. ábra: Az A - 226-os VO-szelvény (189,517 fkm) és a B - 228-as VO-szelvény (183,931 fkm) alak indexei közötti különbség

A következőkben szeretném bemutatni a vizsgált időszakban kapott és összehasonlított eredményeket a módszereknél, illetve az imént említett elemzési szempontok szerint, és felvételezési időkre lebontva. Minden időszakban láthatók jellegzetes változások, de egységenként is kialakultak olyan folyamatok, amelyek alakulása végigkövethető a vizsgált időszakban. A diagrammokon látható, hogy a 232-es VO-szelvénynél nem ábrázoltak 1890-91-es VO-szelvényt, valószínűleg nem mérték fel a szelvényt.

Elsőként a *legnagyobb szélességet* elemeztem, melynél összességében elmondható, hogy értéke 100 és 445 m között mozog, és igen intenzív változást mutat. Időbeli változására többségében csökkenés jelentős, de egységen belül is megfigyelhető ellentétes változás (26. ábra). Az algyői egységben a 226-os VO-szelvényben például intenzív növekedés, míg a 227-es szelvényben csökkenés figyelhető meg. A szegedi egységben az 1890-91-es értékek a legnagyobbak, amiket viszonylag nagy csökkenés követ, ami mérsékelt növekedésbe megy át. A gyálaréti egységben a szegedihez képest fordított a helyzet, az 1890-91-es a legkisebb, és ezt csak növekvő értékek követik a vizsgált időintervallumban.

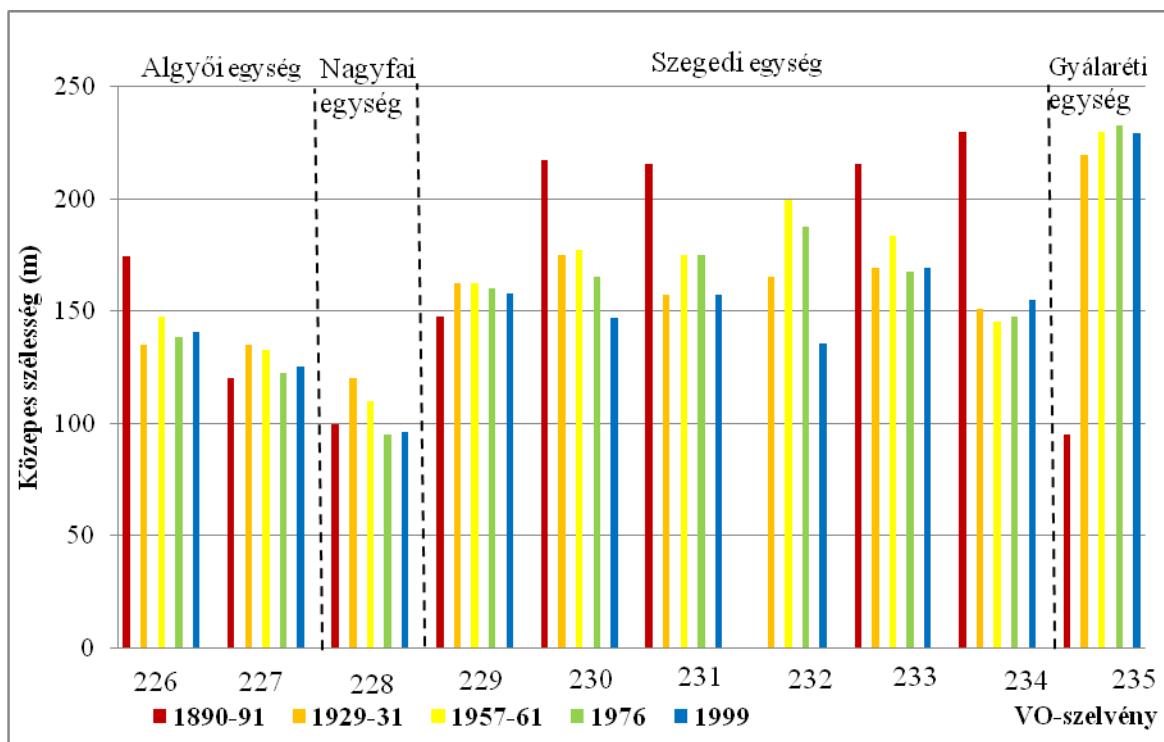
Térbeli változását tekintve elmondható, hogy a legnagyobb szélesség adatai az algyői egységben kis mértékben csökkentek folyásirányban, majd a nagyfai egység alacsony értékeit követően minden vizsgált időpontban a szegedi egységnél növekedés tapasztalható. Ez az emelkedés általában a 233-as VO-szelvényig tart, majd a gyálaréti egységnél ismét csökkennek az értékek. Időbeli változásnál az algyői egységben növekedés és csökkenés is megfigyelhető, a nagyfai egységben 1961-ig növekedik, majd stagnál. A szegedi egységben többnyire csökkennek az értékek 1999-re, de a 229-es, valamint a 233-234-es VO-szelvényben látható növekedés is.



26. ábra: A legnagyobb szélesség alakulása folyásirányban 1890 és 1999 között

A közepes szélesség adatainál láthatóan az értékek többségében 100-150 m fölött vannak, de itt is látható a változatosság (27. ábra). Időben az egyes egységek a közepes szélességet tekintve is változó értéket mutatnak. Az algyői egységben az 1957-61-es felmérés mindenképpen növekedésre utal, utána azonban az 1976-ra lecsökkent érték ismét növekedett. A nagyfai egységben az 1890-91-es felmérést követően az 1929-31-es eredmény ismét növekedést mutat, utána azonban fokozatosan csökken. A szegedi egységben az időbeli vizsgálat során leginkább az 1929-31 és az 1957-61-es felmérés értékei kiemelkedőek, de ezek is csak az egység kezdeti szakaszában. A 233-234-es VO-szelvényeknél ez már nem mondható el, hiszen ott a korábbiakhoz képest csökkenés következett be.

Folyásirányban az algyői egységben egyértelműen csökkent a közepes szélesség, a nagyfai egységben elérte idő és térbeli minimum értékét, majd a szegedi egységben és a gyálaréti egységben is igen nagy értékek jellemzik. A szegedi egységben, folyásirányban változó az értéke, a gyálaréti egységben a 235-ös VO-szelvényben időben határozottan megnőtt a közepes szélesség értéke, több mint a kétszeresére, ezt azonban 1929 után már kisebb mértékű növekedésbe megy át.

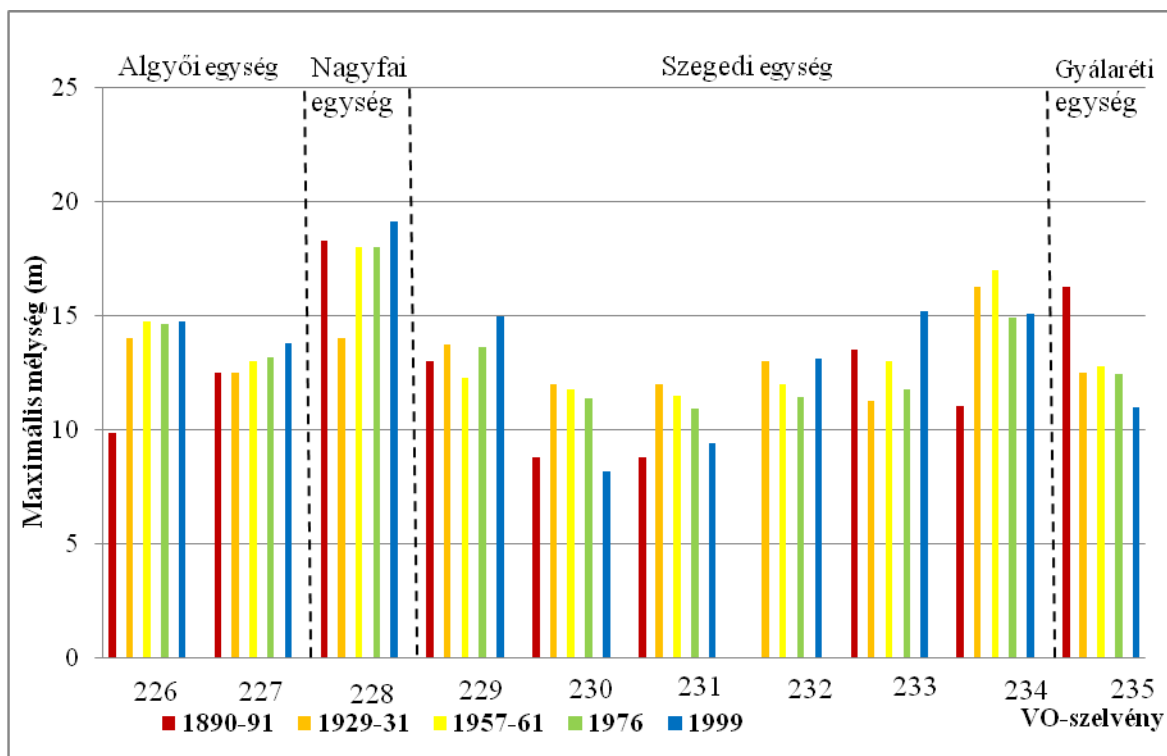


27. ábra: A legnagyobb szélesség alakulása folyásirányban 1890 és 1999 között

Időben a *maximális mélység* változása utalhat a folyó bevágódására, a szabályozások utáni meder kialakulására. Ez azért is fontos, mert a vizsgált időszak a szabályozások hatását közvetlenül is mutatja. Szinte a legtöbb esetben az 1890-91-es időszakot követően a maximális mélység nagymértékben megnövekedett, majd néhány egységben stagnált, de volt ahol tovább nőtt, vagy éppen csökkent (28. ábra). Az algyői egységben az imént említett hirtelen növekedés tapasztalható volt a 226-os VO-szelvélynél, a 227-es VO-szelvény viszont fokozatos növekedést mutat a vizsgált időszakban. A nagyfai egységben az 1890-91-es felmérés kezdő nagy értékét egy nagymértékű csökkenés követte, amely 1957-61-re visszatért a korábbi (18 m körüli) szintjére, 1999-re pedig még tovább növekedett (19 m). A szegedi egységben az időbeli változásnál az 1929-31-től bekövetkezett maximális mélység csökkenése volt megfigyelhető, ami utalhat arra, hogy a meder már kimélyült, lecsökkent a bevágódás mértéke. A gyálaréti egységben, kezdetben viszonylag magas, korábban csak a nagyfai egység értékeihez hasonló méretű a maximális mélység, ami a szegedi egység trendjéhez képest nem fokozatosan csökkent, hanem az 1929-31-ben kialakult alacsonyabb szinten maradt 1999-ig, amikor is tovább csökkent.

A nagyfai egységben találhatók a legnagyobb maximális mélységi értékek a teljes vizsgált Tisza-szakaszon. Ezt csak az algyői egység és a szegedi egység két

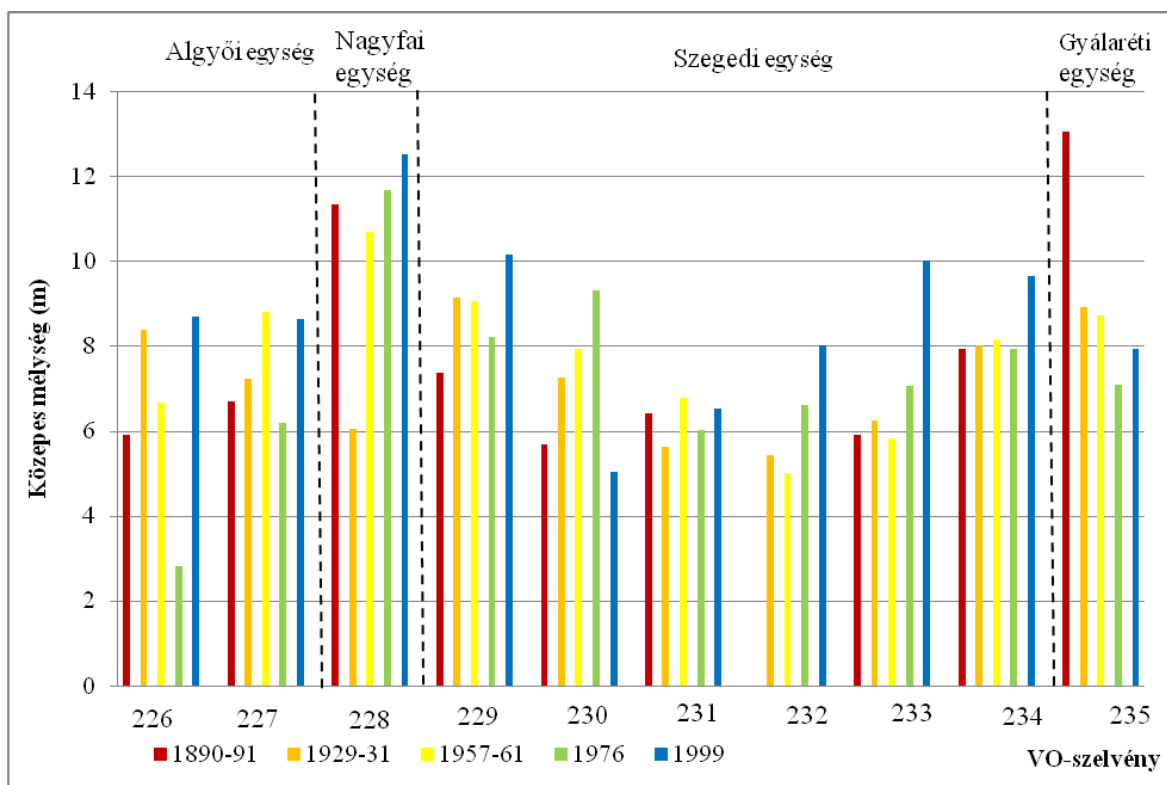
keresztshelvénye közelíti meg, a 229 és a 234-es VO-szelvény. Térbeli változását tekintve a viszonylag nagy mélységi értékek közül a nagyfai egység kiemelkedő értékét a szegedi egység kissé növekvő értékei követik, és a gyálaréti egységnél már lecsökkent. A gyálaréti egységre ez alapján az egy VO-szelvény alapján nem tudunk következtetni a szabályozásokat követő pontos fejlődéstörténetre.



28. ábra: A maximális mélység alakulása folyásirányban 1890 és 1999 között

A *közepes mélység* időben és térben is nagy változatosságot mutat (29. ábra). Nagy részében az 1890-91-es időszakot követően nőtt a közepes mélység értéke, de nem volt nagymértékű a változás. A nagy különbségek a nagyfai és a gyálaréti egységben láthatóak, ahol ennek ellentéte, vagyis a közepes mélység értékének csökkenése volt megfigyelhető, de ráadásul nem kis különbséget mutatnak. A legjobban követhető trend az 1999-es eredményekhez kapcsolódik, hiszen ebben a vizsgált időszakban elmondható, hogy a teljes vizsgált szakaszon, még ha nem is mindegyik korábbi értékhez képest, de nőtt. Térben vizsgálva az algyői egységben fokozatos növekedést mértem, amely a nagyfai egységgel elérte majdnem minden vizsgált időszakaszban a maximumát, majd a szegedi egységben a közepes mélység értékei lecsökkentek, és csak a 231-es, Maros-torkolatot követő, illetve a 232-es Szeged városi szakaszán lévő VO-szelvénytől számítva kezd újra növekedni az értéke. A növekvő értékek a gyálaréti egységben is tovább nőnek, és az 1890-91-es

időszakot tekintve eléri a teljes vizsgálati szakaszon mért maximum közepes mélységi értéket (13,07 m).

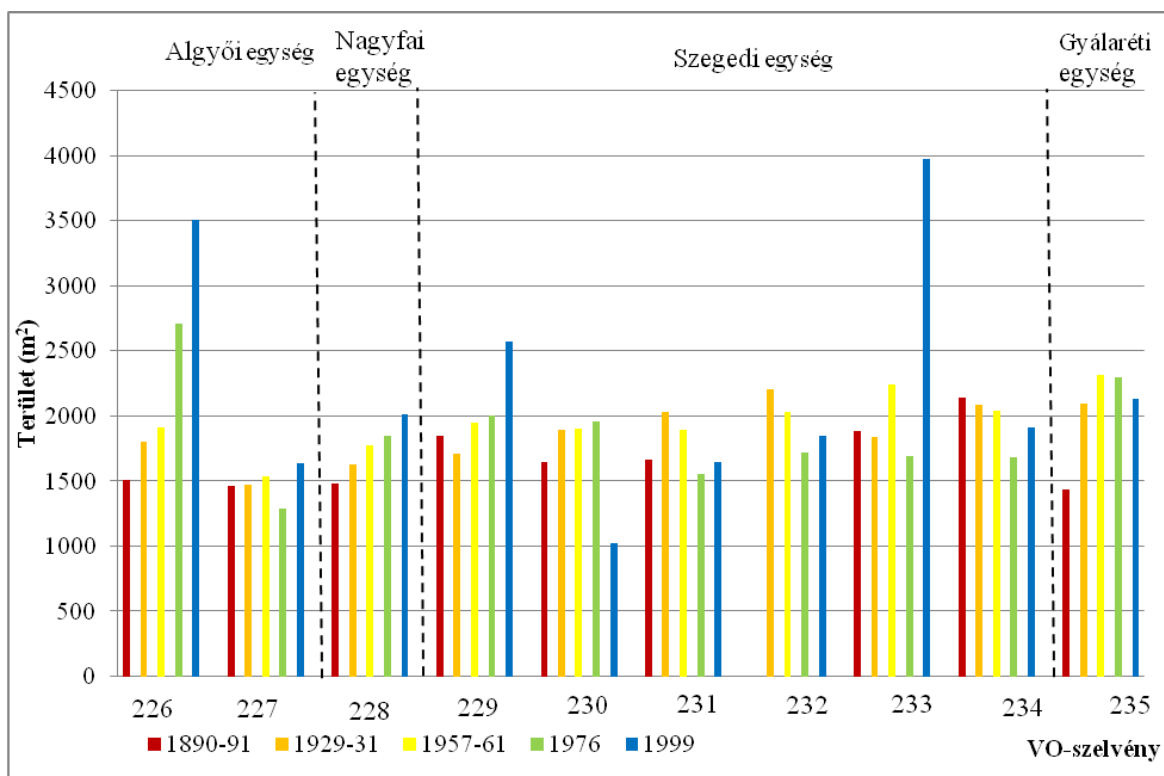


29. ábra: A közepes mélység alakulása folyásirányban 1890 és 1999 között

A kereszt-szelvény-területek vizsgálatánál mélységi adatokat és a VO-kótól számított távolságot felhasználva számítottam a területet, ennek ellenére a maximális és a közepes mélységgel nem mindig hozható párhuzamba a terület nagysága, hiszen a legnagyobb és a közepes szélesség a mélységgel ellentétben kisebb, mint a többi szelvényben vagy egységben. A kereszt-szelvény-területnél összességében elmondható, hogy általában 1500 m^2 feletti értékű, bár látható ettől jelentősen eltérő érték is (30. ábra). Az $1500\text{-}2000 \text{ m}^2$ -t kevésszer haladja meg, időben a 226-os és 230-as VO-szelvények között növekedett a terület, míg a 231-es és a 235-ös szelvények között inkább csökkent. Időben vizsgálva az algyői és a nagyfai egységben határozottan növekednek az értékek. A 226-os VO-szelvélynél 1890 és 1999 között több mint a kétszeresére nőtt a terület. A nagyfai egységben egyenletes növekedést tapasztalható, míg a szegedi egységben mindkét fejlődési folyamat megfigyelhető. A szegedi egységben látható 231-es VO-szelvénytől mért csökkenést a szabályozások mederszűkítő hatásával magyarázhatjuk, ami csupán az 1929 és 1961 közötti időszakra érvényes, hiszen a későbbi méréseknél a terület értékei kisebb mértékben növekedtek. A gyálaréti egységnél 1957-61-es felmérésig növekszik a

terület értéke, majd lecsökken nagyjából ugyanarra az értékre, ami szintén a szabályozások utóhatásának köszönhető. Időbeli változást tekintve az 1999-es évben volt a legtöbb legmagasabb mért terület. A 226-os (3506,7 m²), a 229-es (2568,7 m²) és a 233-as (3977,8 m²) VO-szelvény értékei voltak a legnagyobbak mind időben, mind térben vizsgálva. Ugyanakkor ehhez a vizsgálati időponthoz kapcsolódik a teljes szakasz legkisebb területi értéke is a 230-as VO-szelvényben (1028,9 m²).

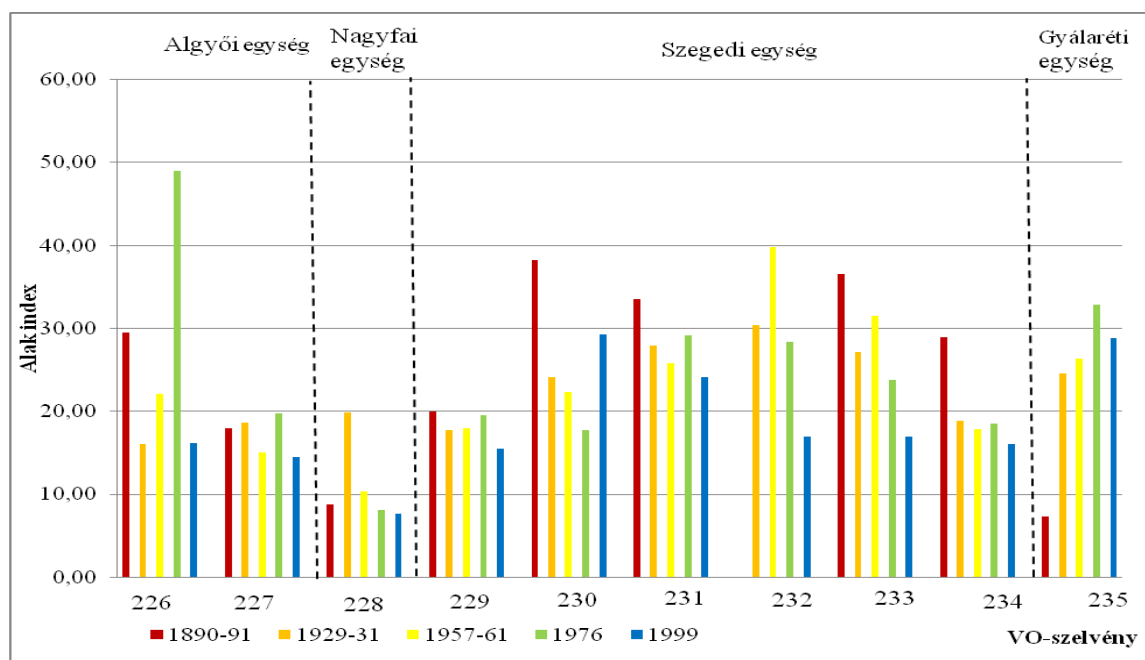
Térbeli változását tekintve a terület értékeinek változása nem mutat egyértelműen azonos irányba a vizsgált Tisza-szakaszon, nem minden egységben fejlődik ugyanolyan ütemben a folyó. Az algyői egységben a terület értéke folyásirányban csökken, amelyhez képest a nagyfai egység növekvő értéket mutat, majd a szegedi egységben a 230-as VO-szelvényig mért, kezdetben csökkenő trendet a 231-es VO-szelvénytől felváltja a növekedő, amely az egység végéig követhető, végül a gyálaréti egységben az értékek már nem nőnek tovább.



30. ábra: A keresztshelvény-területek alakulása folyásirányban 1890 és 1999 között

Az utolsó vizsgált paraméter, melyet a VO-szelvények idő- és térbeli összehasonlításánál felhasználtam, az *alak index* volt. Ennek számítási módszere korábban elemzett eredményekhez, azok arányához kapcsolódik, ahogy azt a módszereknél már említettem. A kisebb alak indexeknél V-alakú meder figyelhető meg, míg a nagyobb

értékűeknél U-alakú meder jellemző. A viszonylag magas közepes mederszélességi értékek alacsony, 10 m alatti közepes mélységének hányadosa hasonló képet mutat, mint a közepes szélesség diagramja. Időben elemezve az 1890-91-es vizsgált időszakban igen magas alak indexek voltak, ami a folyó bevágódását jelzi, azonban ez az idő folyamán minden VO-szelvényben lecsökkent, és pár esetet kivéve minden szelvényben a fokozatos csökkenés volt megfigyelhető (31. ábra). A kivételt például az algyői egység 226-os VO-szelvényében láthatjuk, ahol az 1976-os eredmény szerint több mint kétszeresére (48,94) nőtt az alak index. A másik kivétel, ami a többi szelvényben jellemző csökkenést szintén megtöri, a 230-as VO-szelvény növekvő alak indexe (29,24). Az első három vizsgált egységben tehát az idő folyamán csökkenő trendet mutat az alak index változása, ezt azonban a gyálaréti egység a korábbi eredményekhez hasonlóan ismét megtöri. A gyálaréti egységben a kezdeti nagymértékű növekedést követően, ahogy 1890-91 és 1929-31-es időpontok között az alak index több mint háromszorosára nőtt (7,27-ről 24,58-ra), fokozatosan növekednek az értékek, majd 1999-ben valamelyest csökkent. Térben az alak index a folyó fejlődését, bevágódásának, és a szabályozásokat követő mederformálódásának mértékét mutatja. Az algyői és a nagyfai egységekben viszonylag alacsony értékek V-alakú mederre utalnak, a szegedi egységnél azonban folyásirányban fokozatosan növekednek az értékek, így ott már az U-alakú meder a jellemző. Ez az alak indexnövekedés megmarad a szegedi egység teljes hosszában, és a gyálaréti egységben is megmaradnak a magas értékek.



31. ábra: Az alak index alakulása folyásirányban 1890 és 1999 között

5.2. A Tisza rövidtávú parteróziós vizsgálatának eredményei

5.2.1. Vízállás-adatsor elemzése

A Tisza Szegednél 660 cm-nél éri el azt a szintet (Vízrajzi Évkönyv 2008), mikor kilép a medréből. Ehhez a szinthez viszonyítottam az 1998 és 2008 közötti kisvizek és nagyvizek adatát (2. táblázat). Az árvíz szintjét 2004 és 2007 között minden évben túllépte az azévi vízmagasság, ez pedig párhuzamba állítható az erodálódás mértékével. A vizsgált tíz év alatt hat nagyobb árvíz vonult le a területen. A 2006-os rekord nagyságú árvíz hosszú ideig tartó, magas árvíz volt. A vízjáték 933 cm volt abban az évben. A kisvíz szintje a vizsgált időszakban 47 és 98 cm között változott, 2005-ben érte el a legmagasabb szintet. Ez valószínűleg a törökbecsei-duzzasztónak tudható be, mely része egy múlt századi tervnek, amely egy ötlépcsőből álló duzzasztórendszer az aszályveszély megfékezésére és mérséklésére. Ez azért is fontos, mert például Szolnok a Tiszából veszi az ivóvizet, és ott nyaranta már gondot okoz előteremteni a szükséges mennyiségű vizet. Az szükségesnél alacsonyabb vízállás miatt jelenleg nem biztonságos a hajók mozgása.

év	KV	NV
1999	85	817
2000	47	929
2001	70	660
2002	74	515
2003	78	447
2004	88	759
2005	98	782
2006	76	1009
2007	69	541
2008	85	595

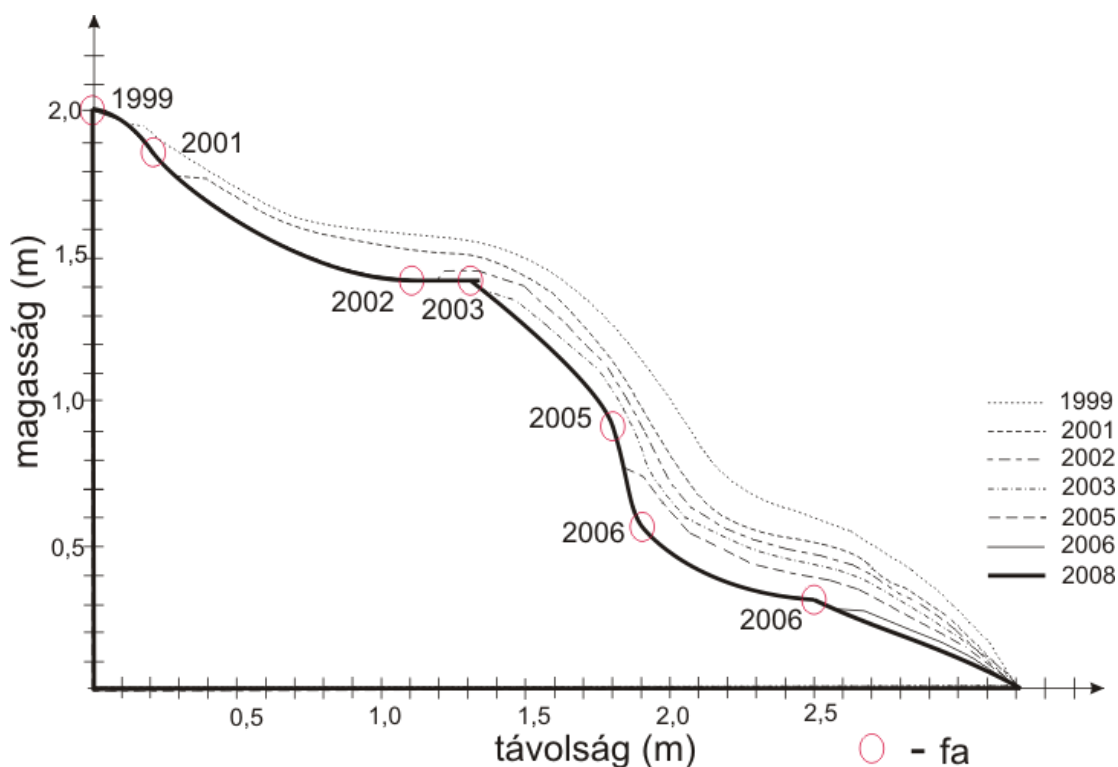
2. táblázat: A Tisza szegedi vízmércéjénél 2008-ban végzett vizsgálat során mért nagyvizek (NV) és kisvizek (KV) értékei. Az árvizek 660 cm-nél magasabb vízszintnél (vastag vonal) öntenek ki.

5.2.2. A part-lepusztulás mértéke dendrogeomorfológiai módszerekkel

A partot ábrázoló diagrammon (32. ábra) ábrázoltam a pusztulás becsült mértékét, a kitakaródott gyökerekkel és azok kitakaródásának időpontjával. Az első györkér, mely a partélen található, 1998-ban takaródott ki, mely valószínűleg az 1998-1999-es hosszan tartó árvíz pusztításához kapcsolható. Ezt követően a következő nagyobb mértékű

pusztítást a 2005-2006-os árvíz okozta. Ekkor egy meredekebb, keresztmetszetét tekintve konvex partvonal alakulhatott ki. A 2001-2003-as években kisebb pusztítás volt, mivel a nagyvíz szintje meg sem haladta az árvíz szintjét. Így a kisebb vízmennyiség nem tudott akkora pusztítást végezni a területen, és nem takaródott ki annyi gyökér sem, így alakulhatott ki ismét homorú part a vízfelszínhez közel. A 2006-os árvíz a partfal alján végzett eróziós tevékenységet, így ott takaródott ki az utolsó gyökér. Azt már több vizsgálat bizonyította, hogy az árvizek rombolják a partokat, de az ilyen medrek esetében, mint a Tiszáé, amelynek iszapos-agyagos az anyaga, így csak a nagyobb méretű áradások végeznek nagyobb pusztítást. Ezen a szakaszon a kisvíz szintje szinte állandónak tekinthető, de mivel nincs elegendő energiája, alig változik a partvonal kisvíz idején.

A lejtő alakja 2006-ig viszonylag fokozatosan alakult, és ahogy azt korábban is említettem, a part keresztmetszete a következő képpen alakult: az 1999 és 2002 között kitakaródott gyökérnél homorú, a 2002 és 2006 közöttiekénél domború, majd a két 2006-ban kitakaródott gyökereknél ismét homorú partvonal jellemző. A hátrálás mértéke a meder alakját figyelembe véve lefelé növvő trendet mutat, ugyanis az egyes gyökereknél egyre nagyobb és nagyobb ez az érték. A 2001-ben kitakart gyökérnél az ábra alapján elmondható, hogy 9 mm/év sebességű eróziós pusztulással került a felszínre, míg ez a többi minta során a 2003-ban kitakart gyökérnél 36 mm/évre, a 2005-ös mintánál 27 mm/év. A két legnagyobb partpusztulásnak kitett gyökérnél nagyjából 63 és 72 mm/év sebességű eróziót mértem, ami persze mutatja, hogy a part ezen területe van leginkább kitéve a parterózióknak a víz hullámozásának köszönhetően.



32. ábra: A Tisza partvonalának pusztulási folyamata a fák kora alapján

2012-ben újamértem a gyökerek helyzetét, azonban meglepő módon a mintáknak csupán a felét tudtam csak azonosítani, mivel egyes gyökerek visszatemetődtek, illetve a part nagy mértékű erodálódásnak köszönhetően erősen lepusztult. A 2008-ban mért eredményekkel ellentétben, napjainkra a partfal beszakadt, így például az első mintaként kijelölt gyökér, ami eddig a part középső, domború területén helyezkedett el, most szinte a vízfelszín fölé ér ki, a partfal ennél a 2003-ban kitakaródott gyökérnél ér véget. A gyökereknél így már csak a gyökér és a part távolságát tudtam mérni, amely azt mutatta, hogy az 1999-ben kitakaródott gyökér, amely eddig a partél határát jelölte, most közel 70 cm-re, míg a 2002-ben kitakaródott gyökér 163 cm-re található a felszíntől.

6. Összegzés

Az eredmények alapján elmondható, hogy a Tisza mederváltozása mindkét léptékben igen változatosan alakult. A Tisza hosszútávú mederváltozásainál a folyószabályozás a vizsgált folyószakaszok középvonalának hosszára volt a legnagyobb hatással, 37 %-kal csökkent az általam vizsgált 189 és 160 fkm között, így lett az I. katonai térképezésnél mért 45,9 km helyett 28,9 km hosszú.

A mederszélességi adatok egységenként különböző fejlődésen mentek keresztül. A szabályozás által lerövidített szakaszokon az új meder szélességi adatainál általában elmondható, hogy a 2010-re minden érték lecsökkent. A teljes időszakra (1766-2010) nézve az átlag mederszélesség 181 méter, a maximális 456,4 méter, míg a minimális mederszélesség 55,9 méter. Az teljes időszakra vonatkozó átlagértéktől alig tér el a 2010-es 174,6 méteres átlag mederszélesség, viszont a maximális érték csupán 240,5 méter, a minimális pedig 101,9 méter. Az egyégeket elemezve két intenzívebben fejlődő összetett kanyarulat, vagyis a nagyfai egység és a gyálaréti egység volt a legösszetettebb. Míg a nagyfai kanyarulatnál a legnagyobb mederelmozdulás volt mérhető, addig a gyálaréti egységnél a zátonyképződés volt megfigyelhető.

A parterózió mértékét szintén a teljes vizsgálati szakaszon mértem, és a nagyfai kanyarulat itt is kitűnt maximális elmozdulási értékével (663,69 m/év). A minimális mederelmozdulás több szakasznál is megjelent, de összességében elmondható, hogy a legkisebb változást mutató egység az algyői (0,12 m/év) és a gyálaréti (0,04 m/év) egység szabályozott szakasza. A partelmozdulás inkább a természetesen fejlődő szakaszokon volt nagymértékű, így a katonai felmérések idején (1766-1884) mértem a legnagyobb mederelmozdulást is (663,69 m), míg a legkisebbet (0,02 m) már a szabályozásokat követően (1929-1976).

A VO-szelvények elemzése az egységek tér- és időbeli változása során Szeged városi szakaszán is nagy változások történtek, de az egész vizsgált területen változatos értékeket mutattak. A legnagyobb szélesség Szeged városi szakaszán volt a legnagyobb, de ez időben csökkent 1999-re, és 200 m körüli értékek voltak jellemzőek. A közepes szélesség szintén a szegedi egységben volt a legnagyobb, de a gyálaréti egység volt a legkimagaslóbb 1929 után. A maximális mélység, amely a folyó bevágódásához kapcsolódóan változik, a városi szakaszon volt a legalacsonyabb értékű, amely megmutatja, hogy a városi Tisza-szakasz egy széles, és viszonylag sekélyebb szakasz,

amely a meder továbbfejlődését tekintve nagyobb változást nem indokol a későbbiekben, leszámítva az árvízi eseményekhez kapcsolódóakat. Közepes mélység értékelésénél szintén a szegedi szakasz a legkisebb, a nagyfai egység 228-as VO-szelvénye azonban 10 m feletti, ami mutatja a szabályozást követő intenzív mélyülést. A VO-szelvények területénél igazán nagy értéket csak 1999-es felmérésekkor lehet látni, melyek a 226-os, 229-es és a városi szakaszt követő 233-as VO-szelvényben található, és mind 2500 m² feletti. Az alak index alapján a leletek megtalálásának szempontjából fontos városi szakasz 231 és 232-es VO-szelvénye az azokat megelőző szelvényekhez képest magasabb értéket mutatnak, vagyis U-alakú meder, vagy mederré válás jellemzi őket, ami a szeged egység további szelvényeire is, valamint az 1929-et követő gyálaréti egységre is igaz. A szegedi egységnél 1890-91-es felmérést követően csökkennek az alak index értékek, azonban a egyik sem csökken az azt megelőző egységek alak index értéke alá.

A Tisza rövidtávú parteróziós vizsgálata során a vízállás-adatsorok megmutatják a Tisza vízjátékát, és jellemző mennyiségeit a gyökerek kitakaródási időpontjai szerint. Ebben az időszakban a 11 év alatt hat nagyobb árvíz vonult le a Tiszán, ami az intenzívebb parteróziót is megmagyarázza. A dendrogeomorfológiai vizsgálat eredménye alátámasztotta a vízállás értékeinél is megfigyelehető tendenciát, hiszen megmutatja, hogy mely időszakokban milyen mértékben pusztult a part. A legnagyobb partpusztulás a 2005 és 2006-ban kitakaródott gyökerek idején történt, melynek értéke nagyjából 63 és 72 mm/év volt.

Eredményeim alapján a jelentős medermélyülés, szűkülés és a parterózió miatt a római oltárkövek megtalálásának esélye igen csekély. A városon belüli erózió nem olyan nagy mértékű, a vizsgált Tisza-szakaszon pedig a legnagyobb változások a természetes mederfejlődéshez voltak kapcsolhatók.

Irodalomjegyzék

- Alestalo J. (1971):* Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. *Societas geographica Fenniae*, Helsinki, 105, 1-140.
- Beechie T. J. – Liermann M. – Pollock M. M. – Baker S. – Davies J. (2006):* Channel pattern and river-floodplain dynamics in forested mountain river systems. *Geomorphology* 78 p. 124–141.
- Beluszky P. (1999):* Magyarország településföldrajza. – Dialog Campus, Budapest–Pécs. 584 p.
- Blanka V. (2010):* Kanyarulatfejlődés dinamikájának vizsgálata természeti és antropogén hatások tükrében. PhD értekezés tézisei, Szeged. p. 18.
- Bogárdi I. (szerk.) (1969):* Korszerű folyószabályozás. VÍZDOK, Budapest, pp. 148.
- Borsy Z. (szerk.) (1998):* Általános természetföldrajz. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. p.174.
- Botár I. (1971):* A Tisza szabályozása. (Vízügyi Történeti Füzetek 3-4.) VÍZDOK, Budapest.
- Chin A. (2006):* Urban transformation of river landscapes in a global context. *Geomorphology* 79 (2006) 460–487.
- Csima P. (2006):* A települések antropogén geomorfológiai sajátosságai. In: Szabó József, Dávid Lóránd (szerk): *Antropogén geomorfológia*. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen. 191-201. o.
- Douglass A. E. (1929):* The secret of the Southwest solved by talkative tree rings. *Nat. Geogr. Mag.* 54, 737-770.
- Dövényi Z. (2005):* Az árvizek település- és településhálózat formáló hatása a Felső-Tisza vidéken. *Földrajzi Értesítő*, LIV. évf. 1-2. füzet, p. 85-109.
- Dövényi Z. (2007):* Víz és település Magyarországon. Települési környezet konferencia, Debrecen.
- Fekete Zs. (1911):* A Tisza folyó hullámterének közép-keresztsszelvényei. *Vízügyi Közlemények* I. évf. 6. füzet. p. 148-152.
- Félegyházi P. (1929):* A Tisza folyó jellegzetes szakaszainak és az egész Tiszának átlagos szelvény-adataiban a szabályozás kezdete óta beállott változások és azok összehasonlítása. *Vízügyi Közlemények* XI. évf. p. 93-102.
- Gregory J. K. (2006):* The human role in changing river channels. *Geomorphology* 79 p. 172–191.
- Ihrig D. (szerk.) (1973):* A magyar vízszabályozás története. VÍZDOK, Budapest, pp. 398.
- Iványi B. (1949):* A Tisza kisvízi szabályozása. *Vízügyi Közlemények*.

- Jankó A. (2007):* Magyarország katonai felmérései: 1763-1950. Argumentum, Budapest. p. 196.
- Kaszab I. (1987):* Építésföldtani összefüggések Szeged és környéke felszínközeli üledékeiben. Magyar Állami Földtani Intézet, Szeged. p. 103-112.
- Kohán Z. (2003):* A tradicionális középkori ártéri gazdálkodás geomorfológiai környezete. Földrajzi Értesítő LII. évfolyam 1-2. füzet, pp. 5-21.
- Kiss T. – Fiala K. – Sipos Gy. (2008):* Alterations of channel parameters in response to river regulation works since 1840 on the Lower Tisza (Hungary). *Geomorphology* 98 p. 96–110.
- Kiss T. – Fiala K. – Sipos Gy. (2002):* Recens üledékfelhalmozódás sebességének vizsgálata az Alsó-Tiszán. *Vízügyi Közlemények*, 84. évf. 3. füzet, p. 456-473.
- Lászlóffy W. (1982):* A Tisza – Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben. Akadémia Kiadó, Budapest. p. 610.
- Laczkó I. (1977):* Channel Pattern Changes of Hungarian Rivers: The Example of the Hernád River. In: Gregory K. J. (edt): *River Channel Changes*, Wiley, Chichester, 185-192.
- Lóczy D. – Kis É. – Schweitzer F. (2009):* Local flood hazards assessed from channel morphometry along the Tisza River in Hungary. *Geomorphology* 113 p. 200–209.
- Mezősi G. (1983):* Szeged geomorfológiai vázlata. *Alföldi tanulmányok*, 7. köt. p. 59.
- Mike K. (1991):* Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története. Aqua, Budapest. p.
- Mendöl T. (1963):* Általános településföldrajz. Akadémia Kiadó, Budapest. p. 567.
- Pécsi A. (1939):* Folyókanyarulatok fejlődése. *Földrajzi Közlemények*. LXVII kiadás, 1. sz., pp. 17-27.
- Reizner J. (2004):* Szeged története. (www.bibl.u-szeged.hu/reizner/)
- Schumm, S. A. (1981):* Evolution and response of the fluvial system: Sedimentologic implications. *Soc.Econ. Paleon. Mineral. Spec. Pub.*, 31, 19-29, see p. 26.
- Schweitzer F. (2001):* A magyarországi folyószabályozások geomorfológiai vonatkozásai: folyóink hullámterének fejlődése, kapcsolatuk az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel. *Földrajzi Értesítő* 2001. L. évfolyam 1-4. füzet, p. 63-72.
- Sipos Gy. – Kiss T. (2008):* A medermintázatok értelmezése Kádár László kutatásainak fényében. *Geographia generalis et specialis: Tanulmányok Kádár László születésének 100. évfordulójára*, Debrecen, 49-55.
- Somogyi S. (2000):* A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest. p. 149-161.

Szabó J. (2006): A vízgazdálkodás geomorfológiai vonatkozásai. In: Szabó J., Dávid L. (szerk): Antropogén geomorfológia. Debrecen, 168-190.

Szalay M. (1962): Dr. Károlyi Zoltán: A Tisza mederváltozásai különös tekintettel az árvízvédelemre. [VITUKI, Tanulmányok és kutatási eredmények, 8.szám, Budapest]. Hidrológiai Közlöny, 2. szám. p. 113.

Tímár G. (2003): Controls on channel sinuosity changes: a case study of the Tisza River, the Great Hungarian Plain. Quaternary Science Reviews 22 p. 2199–2207.

Tóth G. – Dávid L. – Bujdosó Z. (2010): A hazai folyók által érintett települések társadalmi-gazdasági vizsgálata. Földrajzi Közlemények 2010. 134. 2. pp. 189–202.

Urbanovszky I. (2002): Hidrológia és hidraulika. Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest. p. 167.

Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Központ Vízirajzi Intézetének 4. Folyó- és tóhidrológiai Osztálya (1978): A Tisza nyilvántartási keresztmetszései és a töltések hossz- és szélességei (Déli országhatár – Csongrád). Melléklet a Vízirajzi Atlasz sorozat 22/1. kötetéhez. VIZDOK, Budapest. p. 1-19.

Vízügyi keresztmetszvény adatok – forrás: ATIVIZIG

internet¹ - <http://www.geo.u-szeged.hu/web/mintavetelezes-laboratoriumi-eszkoezoek>
(letöltés: 2012.12.18.)