

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR
TERMÉSZETI FÖLDRAJZI ÉS GEOINFORMATIKAI
TANSZÉK

**MEDER- ÉS ZÁTONYFORMÁLÓDÁS A TISZA ÉS
KÖRÖS TORKOLATI SZAKASZÁN**

OTDK DOLGOZAT

Készítette:
Juhos Tamás
Geográfus MSc szakos hallgató

Témavezető:
Dr. Kiss Tímea
egyetemi docens

Szeged

2012

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	2
Tartalmi összefoglaló	3
1. Bevezetés	4
2. Irodalmi előzmények	5
2.1. Zátonyok kialakulása és csoportosítása.....	5
2.2. A folyószabályozási munkák célja és módjai	6
2.3. A kisvízi szabályozás okai és következményei.....	9
3. A mintaterület bemutatása	12
3.1. Vízrajz	12
3.2. A szabályozások és ármentesítések hatásai.....	18
3.3. A konkrét mintaterület bemutatása	20
4. Vizsgálati módszerek	21
4.1. Hosszú távú változások vizsgálata	21
4.2. Rövid távú változások vizsgálata	22
5. Eredmények	25
5.1. Hosszú távú változások	25
5.1.1. A Körös-torkolat környéki Tisza szakasz mederváltozásai	25
5.1.2. A Körös-torkolat környéki Tisza mederszelvények változásai	29
5.1.3. Az övzátony 1984 és 2012 közötti változásai	31
5.2. Rövid távú változások	34
5.2.1. Az övzátonyon található formák összehasonlítása	34
5.2.2. Az övzátony magasságviszonyainak változása 2011 és 2012 között	41
6. Összegzés	48
7. Irodalomjegyzék	50

Tartalmi összefoglaló

A Tiszán a szabályozások óta folyamatosan növekedtek a valaha mért legmagasabb árvízszintek, miközben a kisvizek szintje tovább csökkent és tartósságuk növekedett. Ugyanakkor a kanyarulatok tovább fejlődtek és a meder is folyamatosan változik, ami együttesen azt jelzi, hogy a Tisza és vízrendszere a szabályozások óta még mindig nem került új egyensúlyi állapotába, sőt elképzelhető, hogy egy új egyensúlyvesztés felé halad. Ezt támasztják alá a megjelenő újabb folyamatok is. A csongrádi lakosok ugyanis az utóbbi időkben arra panaszkodtak, hogy az általuk nyaranként szabadstrandként használt, a Körös-torkolatával szemben elhelyezkedő övzátony pusztulásnak indult. Ez jelezheti a kis-, közép- és nagyvízi meder egyensúlyának meg bomlását is az említett szakaszon. Ezért a dolgozatban a Csongrád környéki Tisza szakasz hosszú távú és az említett övzátony rövid távú változásainak vizsgálatát tűztam ki célul.

A rendelkezésemre álló térképek segítségével sikerült kimutatni a torkolati kanyarulat eltérő fejlődését a folyásirányban felette, illetve alatta elhelyezkedő meanderektől a szabályozások óta. 1890-et követően a húr- (+ 7%) és az inflexiós pontok közötti középvonal hossza (+18 %) is növekedett. Ez utóbbi mutatja a kanyarulat fejlődését, amivel alkalmazkodott a szabályozások után fellépő megnövekedett anyag- és energiainputhoz. Ezzel párhuzamosan 1976 óta viszont 1 m-es bevágódás volt megfigyelhető, miközben a mederkitöltő vízszinteknél kisebb vízállásoknál mederszűkülés (10 m) is zajlott.

A rövid távú mérések – melyeket terepen, RTK mérést lehetővé tévő GPS készülékkel rögzítettünk – kimutatták, hogy a 2011 és 2012 között jellemző kis- és középvízi időszakban az övzátony pusztulása következett be. Ezt az övzátony átlagmagasságának 9 cm-es, az akkumulált hordalék térfogatának 10 %-os, és az övzátony területének 12 %-os csökkenése bizonyítja. A magas vízállásoknál jelentkező akkumuláció vagy erózió mértékének megadásához azonban további vizsgálatok szükségesek, de ezt megfelelő hidrológiai helyzet hiányában nem végeztem még el.

Az erózió kiváltó okaként két tényezőt lehet valószínűsíteni. Az egyik a folyásirányban az övzátony felett bekövetkezett mederszűkülés, ami miatt a mederkitöltő vízszintek mozgási energiája megnőtt, így elöntve az övzátony területét, annak pusztulását okozta. A másik az 1998-ban, szintén az övzátony felett létesített kisvízi terelőmű, amivel a sodrást az övzátony felé terelték.

1. Bevezetés

A szabályozások által kiváltott folyamatok és az azok által okozott szemi-antropogén változások a Tiszán még napjainkig sem fejeződtek be. A folyórendszer még mindig nem került új egyensúlyi állapotába, sőt lehet, hogy egy új egyensúlyvesztés felé halad. Ezt támasztják alá az újabb és újabb rekordmagas árvizek, melyek az 1970-es árvizet követően az elmúlt 15 évben többször is megdöntötték a Tisza és mellékfolyóinak vízmércéin a valaha mért legmagasabb vízszinteket. Emellett a kisvizek szintje alászállt és tartósságuk is tovább növekedett. Erre a legjobb példa a 2012-es, rendkívül száraz év, amikor a Tiszán egész nyáron és ősszel rendkívül alacsony vízállásokat mértek. Sok vízmércén ráadásul ezek a vízszintek csak azért nem voltak még alacsonyabbak, mert a duzzasztók vízszintemelő hatása érvényesült. A nagyvizek és kisvizek problémája mellett a kiegyenesített és megnövelt esésű folyó kanyarulatai tovább fejlődtek, amit jeleznek a kanyarulatok morfológiai paramétereinek változásai. A kanyarulatfejlődésre viszont a töltések közé szorított folyókon nem maradt hely, ezért a változásokat a kisvízi mederszabályozás eszközeivel megpróbálták megakadályozni, ami tovább ronthatta a folyók vízvezető képességét.

A folyó új egyensúlyi helyzet felé történő elmozdulása során bekövetkező változások annak minden szakaszára kiterjednek. A társadalom szempontjából ezek közül a legfontosabbak azok a szakaszok, amelyek emberi életet vagy létesítményeket veszélyeztetnek a települések mellett. Erre példa Csongrád, ahol ráadásul a Tisza egyik legnagyobb mellékfolyójának, a Hármaskörösnek a torkolata is található. A szabályozások után itt is tovább folytatódott a Tisza medrének fejlődése és újabb folyamatok is megjelentek. A csongrádi lakosok ugyanis az elmúlt években arra panaszkodtak, hogy a nyaranként szárazulatra kerülő és általuk szabadstrandként használt, a Körös-torokkal szemben elhelyezkedő övzátony pusztulásnak indult.

Az övzátonyt vizsgálva a dolgozatban a csongrádi Tisza szakaszon bekövetkező változások irányának és mértékének meghatározását tűzöm ki célul. Az itt végbemenő folyamatok különböző méretarányokban is jelentkezhetnek, ezért ezek együttes vizsgálatára van szükség. A legkisebb méretarányban a torkolat környéki Tisza szakasz mederváltozásait kívánom megvizsgálni a szabályozások kezdete előtti időszaktól napjainkig. Az itt jellemző folyamatok ugyanis hatással lehetnek a Körös-torkolattal (243,6 fkm) szemben elhelyezkedő övzátony fejlődésére. Ez utóbbit rövidebb időtávban – 1984 és 2012 között, de különösen a 2011-2012 közötti időszakra koncentrálni – vizsgálva pedig következtetni szeretnék annak jelenkori változásának irányára és ütemére. Ha lehetséges, a változások kiváltó okaira is szeretnék rávilágítani. Végül szeretném még nagyobb méretarányban megvizsgálni az övzátonyon kialakuló kisebb formák tér- és időbeli változásait.

2. Irodalmi előzmények

Ebben a fejezetben a folyókon kialakuló zátonyok egyes fajtáit és kialakulásuk helyeit tekintem át, ami lehetővé teszi, hogy a dolgozat témájául szolgáló övzátonyt közöttük el lehessen helyezni. A kisvízi szabályozás bemutatásával pedig a zátonyok létét és fejlődését befolyásoló beavatkozások okaira és következményeire kívánok rámutatni.

2.1. Zátonyok kialakulása és csoportosítása

Zátonyok a mederben ott alakulhatnak ki, ahol a víz sebessége lecsökken, és emiatt a folyó lerakja szállított hordalékát. A medertágulatok, ahol a meder szélessége megnő, tipikusan ilyen helyeknek számítanak (Sipos, 2006). A meder szélesedése a Tiszán két módon következhet be. Az elszélesedés mindkettő esetben a partok eróziója miatt következik be. Kemény mederanyagú gázlók esetén, amelyek nagyrészt agyagból állnak és ezért ellenállnak a folyó eróziójának, a folyó mozgási energiája a két part eróziójára fordítódik. Ha ez egyenes, vagy kanyarulatok közötti átmeneti szakaszon történik, akkor az ellenálló agyagrétegre hordalék is rakódhat, amivel létrejöhethet a hordalékszátóny. A sekély mederanyagú gázlók anyaga a folyó felsőbb szakaszáról származik, és azt a hordalékszállító képesség csökkenése miatt rakja le a folyó. Az ilyen típusú gázlók általában a kanyarulatok közötti inflexiók pontok környezetében alakulnak ki (Kevéné Herczeg, 1996).

A zátonyok a vízszint csökkenése következtében felszínre kerülhetnek. A vízfelszín feletti formájuk alapján a zátonyoknak öt típusát lehet elkülöníteni. Kiszélesedő mederszakaszokon jöhet létre a hosszanti-, kereszt- és középzátony (másik nevén fonatoszátony). Ezek közül a hosszantizátonynak nincs, a keresztzátonynak viszont nyelv alakú, íves frontja van. A rézsútos zátonyok a frontjukkal a medert keresztezve mindkét parthoz kapcsolódnak, míg az övzátonyok csak a domború oldalon alakulnak ki (Church és Jones, 1982).

A zátonyokat lehet osztályozni az őket felépítő formák alapján is. Minden zátonytípus úgynevezett alapformákból (zátony uszály, zátony fej, másodlagos zátony fej) épül fel. Ezek már felismerhetőek az egyenes mederszakaszokon legelsőként megjelenő oldalzátonyokon is, melyek a folyó két oldalán váltakozva követik egymást. Ebből jönnek létre később azután az összetettebb zátonytípusok (övzátony, fonatos zátony), melyeken szintén megtalálhatóak az alapformák. Ez az osztályozási mód a formák genetikájára utal és az egyes zátonyok alaktani eltéréseit kevésbé veszi figyelembe (Bridge, 2003).

Főként szedimentológiai alapon végezte el a zátonyok csoportosítását Balogh (1992). Szerinte a nyelv alakú zátonyok a homokos medrű, széles és sekély folyókra jellemzőek. A háromszög vagy deltoid alakú fonatos zátonyok a folyóágak közötti szigetek lerakódásai. A barkánszerű zátonyok a kavicsos folyómedrekre jellemzőek. A rézsútos zátonyok a nagyobb esésű folyószakaszokon alakulnak ki. Ezek a meder tengelyével szöget bezáró képződmények, amelyek a kanyarulatok mindkét oldalán kialakulhatnak. Alakjuk kisebb esés és finomabb üledék esetén az oldalzátanyokéhoz közeledik. Az oldalzátanyok háromszög alakúak és az egyenes vízfolyások partjaihoz kapcsolódnak, emiatt a sodorvonalat kanyargásra kényszerítik. A zátonyok folyásirányban lefelé vándorolnak a folyón, kivéve, ha szigetekké válnak, mert ekkor a megtelepedő növényzet stabilizálhatja a felszínüket és a mozgásuk megállhat.

A felszínre került zátonyok elhelyezkedése alapján Sipos (2006) öv-, oldal- és középzátanyokat különített el a Maroson. Az oldalzátanyok között megkülönböztetett a felszín alatti parthoz simuló és a parttól elszakadó típusúakat. A középzátanyok főként felszín alatti középzátanyból, ritkábban parttól elszakadó felszín alatti oldalzátanyból eredeztethetőek. Az övzátanyok pedig a kanyarulatok domború oldalán keletkeznek, és hosszan elnyúló, íves forma jellemzi őket. Ezeket alakrajz szerint is csoportosította: domború ívű zátonyok, homorú ívű zátonyok, páros ívű zátonyok, csonka ívű zátonyok, romboid alakú zátonyok, háromszög alakú zátonyok és orsó alakú zátonyok. Kialakulásukban az akkumuláció és erózió eltérő megjelenési formái játszanak szerepet (Sipos, 2006).

2.2. A folyószabályozási munkák célja és módjai

A folyószabályozások elsődleges feladata a víz, az árvíz okozta kártételek megszüntetése, megelőzése, valamint a hordalék és jég zavartalan levonulásának biztosítása. Emellett a vízzel kapcsolatos igények kielégítése, amelyeket egyrészt az ipar, mezőgazdaság és társadalom, másrészt pedig a közlekedés, a vízi szállítás támaszt a megfelelő méretű hajózással. Ezek az igények rendkívül komplexek, biztosításukhoz szükséges a meder állandóságának megteremtése. Mivel a folyókon lefolyó vízhozamok időbeli és térbeli eloszlása nem egyenletes – hiszen egyszer az árvizek ellen kell védekezni, máskor pedig a vízhiány ellen kell küzdeni – a szabályozások egyik fő célja a tervszerű vízgazdálkodás lehetőségeinek megteremtése, azaz a folyórendszer egyensúlyának fenntartása (Törőcsik, 1969; Csoma, 1979).

A folyókat több természeti tényező, és azok kölcsönhatása alakítja egyszerre. Az egyik legfontosabb a morfológiai viszonyok, a másik pedig a vízjárás, ami az időjárástól, a domborzattól és a vízgyűjtő jellegzetességeitől függ. A vízjáráshoz kapcsolódik a vízhozam, a hordalékmozgás, illetve a jégjelenségek is. Ezek az időjárás hatására állandóan változnak, így itt a szabályozások célja a dinamikus egyensúly fenntartása volt. Ez alatt azt kell érteni, hogy a folyó egy adott keresztmetszetét elérő vízmennyiség és hordalék – ideértve a télen megjelenő jégtáblákat is – haladjon tovább, azaz ne történjen tározódás. A vízjárás és a morfológiai viszonyok együttesen alakítják ki a folyómeder tulajdonságait, aminek szintén az egyensúlyi állapotát kell elérni, ami a hidrológiai gyakorlatban azt jelenti, hogy a meder egyes paraméterei (mélység, szélesség és kanyarulatok vándorlása) ne változzanak meg. Ekkor, ez az állapot elősegíti a folyóval szemben fennálló emberi igények megvalósulását (Csoma és Zorkóczy, 1969).

A folyó optimális hasznosításához szükséges állapotot a folyószabályozási munkákkal lehet elérni. Ezeket a munka helye, célja és jellege szerint alapvetően két részre lehet osztani, nagyvízi- és mederszabályozásra. A nagyvízszabályozás célja az árvizek biztonságos levezetése. A mederszabályozás a közép- és kisvízszabályozást foglalja magába (Csoma és Zorkóczy, 1969). A kisvizek a középvízi medren belül vonulnak le, de tartósságuk és hordalékszállításuk alapján új levonulási feltételeket teremtenek. Különösen igaz ez azokra a folyókra, ahol az LKV és LNV közötti különbség igen nagy – például a Tisza és a Körösök –, ahol a középvízi mederben másodlagos kanyarulatok, gázlók, zátonyok keletkezhetnek. Ezek akadályozhatják a víz-, jég- és hordalék levonulását, ezáltal a középvízi meder állandóságát és a hajózás biztonságát. Az akadályok fennállása esetén van szükség a középvízi szabályozást követő kisvízi szabályozásra. Ennek során a folyó mentén azonos tartósságú vízállások és vízhozamok elérésére kell törekedni, így biztosítva a hajózhatóságot, valamint a hordalék és jég levezetését (Csoma, 1973).

A folyószabályozási munkálatok során először a nagyvízi szabályozást valósították meg a kanyarulatok átvágásával és az árvízvédelmi töltések megépítésével. Csak ezt követően indult meg – és mind a mai napig tart – a középvízi szabályozás, azaz a tovább vándorló kanyarulatok partvédő művekkel történő rögzítése (Sipos, 1969). A 19. századi nagy folyószabályozási munkák idején, hogy a folyó esését, és így a sebességét növeljék, a nagyobb kanyarulatokat átvágták, ezzel rövidítve a folyó hosszát. Ennek során nem ásták ki teljesen a folyó új medrét, hanem csak úgynevezett vezérárkokat készítettek, amelyeket azután a folyó bővített tovább a kívánt méretűre saját magának. A felsőbb szakaszokon a lazább (kavicsos, homokos) mederanyag miatt a folyó ezt a munkát el tudta végezni. Az innen

elhordott hordalékmennyiséget azonban máshol rakta le, így az alsóbb szakaszokon újabb problémákat okozott, például zátonyokat hozott létre. A Tisza délebbi szakaszain a kötöttebb anyagú, agyagos mederben a víz energiája nem volt képes a medrének teljes kibővítésére, így ezeken a helyeken kotrásra is szükség volt (Tőry, 1969).

A megnövekedő esésből következő nagyobb munkavégző képesség hatására a folyók medrüket mélyítették (bevágódtak), ami kezdetben a hajózásnak kedvezett, azonban a víz gyorsabb levonulása miatt a kisvizek szintjei süllyedésnek indultak (Tőry, 1969). A vízszintsüllyedés mértéke a Tisza egyes szakaszain (Martfű-Mindszent) a 2-3 m-t is elérte, de szinte mindenhol meghaladta az 1 m-t az 1841-42-es években kijelölt 0 pontokhoz viszonyítva. Az 1904-es, rendkívül kis vízállásokkal jellemezhető év után megindultak a kisvízi szabályozási munkálatok. Ezekre azért is volt szükség, mert a kisvizek csökkenése mellett azok tartóssága is növekedett. Az 1903-1932. közötti időszakban az egyes kisvízállások tartósságát vizsgálva Szolnokon kitűnik, hogy mindössze három olyan év volt, amikor nem kellett a kisvizek okozta problémákkal számolni. A Tiszán ugyanis akkor voltak megfelelőek a körülmények a hajózás számára, ha a szolnoki vízmércén -30 cm feletti volt a vízállás. Ez az említett időszakban átlagosan 73 napig hiányzott minden évben március 10. és december 25. között, azaz a hajózási idényben. A kisvizek általában a nyári és őszi időszakban jelentkeztek, és a közben levonuló kisebb árhullámok sem voltak elég tartósak és magas vízállásúak, hogy levonulásuk idején lehetővé tegyék a hajózást. A Szolnok-Szeged szakaszon viszont a kisvízi szabályozást megelőzően is megfelelő mélységű hajózóút állt fenn a nagyhajózás igényeinek kielégítésére is. A gond az volt, hogy az árvizes éveket követően a hajózást akadályozó gázlókon a folyó annyi hordalékot halmozott fel, amelynek elhordása kotrás nélkül a Tisza számára akár 2 évig is eltarthatott, így itt lehetetlenné vált a hajók átjutása (Iványi, 1948).

A folyók kisvizeinek süllyedése és időtartamuk növekedése tehát a hajózás lehetőségeit jelentősen rontották, ezért szükség volt a középvízi szabályozásra, amelynek eszköztárába a kisvízi szabályozás eszközei is bele tartoznak. Ez utóbbiaknál beszélhetünk elhelyezésük alapján hosszirányú művekről (partvédmű, vezetőmű és depónia) és keresztirányú művekről (pl.: sarkantyúk, bekötőgátak, rőzsésátrak, stb.). Az előbbieket rendszerint a kanyarulatok homorú oldalán, míg az utóbbiakat azok domború oldalán építik. Ezek segítségével – a mellékágelzárásokkal kiegészítve – a sodorvonal megfelelő helyét lehet kialakítani, illetve állandósítani. A megfelelő mélységeket, ha a folyó munkavégző képessége nem elegendő hozzá, kotrással lehet elérni. Ezenkívül anyaguk alapján megkülönböztethetünk faműveket

(pl.: jászolmű), rőzseműveket (pl.: rőzseterítés), kőműveket (pl.: kőszórás) és vegyes – kő és rőzse – műveket is (pl.: rőzsepokróc) (Sipos, 1969; Csoma és Zorkóczy, 1969).

A középvízi szabályozást úgy kell végrehajtani, hogy az árvízi biztonságot, mint elsődleges célt, ne veszélyeztesse. A meder szabályozását követően az árvizek szintjeinek, ha csak minimálisan is, de elvileg csökkennie kell. Ezt a nagyvízi, a középvízi és a kisvízi meder sodorvonalának egybeesésével lehet elérni (V. Nagy, 1969). A középvízi szabályozáshoz köthető beavatkozások miatt azonban a szabályozott szakasz felső részén a meder mélyülése, az alsóbb szakaszokon pedig emelkedése következik be. Ennek során újabb zátonyok képződnek, ami a hajózási viszonyok újbóli romlásához vezethet (Tőry, 1969).

2.3. A kisvízi szabályozás okai és következményei

A kisvízi szabályozás iránti igény először a 19. század vége felé jelent meg, amikor a kisvizek szintjei egyre csökkentek, és tartósságuk is növekedett a kanyarulat-átvágások okozta mederbevágódás miatt, ami a megnövekedett esés miatt következett be. Emellett a kisvízi vízhozamok csökkenése és a meder szélesedése is szerepet játszott a vízszintcsökkenésben. Ez a hajózás feltételeit erőteljesen rontotta. Azonban ebben az időszakban a mezőgazdasági termékek piacán az orosz és amerikai jelenlét miatt erőteljesen nőtt a konkurencia, versenyben csak olcsóbb árakkal lehetett maradni. Ehhez viszont elengedhetetlen volt az olcsó vízi szállítás, ezért szükség volt a kisvízi szabályozásra. A hajózást gátló másik tényező a nem teljesen kifejlődött átmetszések voltak. Ezeken a helyeken ugyanis a kisvízi, illetve a középvízi- és nagyvízi meder sodorvonala nem esett egybe, ami az árvízi veszélyhelyzetek növekedéséhez vezetett a meder rendszertelen fejlődése miatt (pl.: sekély gázlók kialakulása). Ennek a problémának a megoldása is a kisvízi szabályozás tárgykörébe tartozik (Dunka et al. 1996).

A kisvízszabályozás, ami a középvízi medren belül történik, biztosítja tehát a folyó medrének legszükségesebb paramétereit a hajózáshoz. Ez alatt a gázlórendezéseket kell érteni, hiszen a vízszintek csökkenése miatt azok fokozottabban jelentkeztek a kanyarulatok közötti egyenes szakaszokon, az inflexiós pontok környezetében. Ezeket a meder szűkítésével, ezáltal a mélység növelésével lehet megszüntetni. A szűkítést a kanyarulatok domború oldalán sarkantyúk építésével lehet elérni, ami ezen az oldalon akkumulációt okoz. A homorú oldalon pedig a partél helyének rögzítésére párhuzamműveket kell telepíteni (Tőry, 1969). A kisvízi szabályozás éppen az olyan kis esésű folyókon, mint a Tisza a legeredményesebb, ugyanis kevés a folyó energiája a fenékhordalék nagymértékű

mozgatásához. Az ugyanis máshol, az alsóbb szakaszokon újabb gázlók kialakulását eredményezhetné (Kevéné Herczeg, 1996).

Minél mélyebb lesz egy adott szakasz a szűkítés nyomán, annál kisebb lesz az esése kisvizeknél, tehát annál jobban fog a gázló felett és alatt csökkenni a kisvizek szintje. Ha a gázlórendezést egy nagyobb szakaszon végzik, akkor ez oda vezethet, hogy olyan szakaszok is hajózhatatlanná válnak a vízszín lecsökkent esése miatt, melyek korábban nem voltak azok. Tehát a folyószabályozás során fontos cél, hogy megtaláljuk azt a határt, ameddig a hajózóút mélysége még ésszerűen növelhető (Kevéné Herczeg, 1996).

A Tiszán két típusát lehet megkülönböztetni a gázlóknak, a sekély mederanyagú és a kemény mederanyagú gázlókat. A sekély mederanyagú gázlók szabályozása már a 20. század elején megindult. Megszüntetésükre még Iványi Bertalan dolgozott ki máig érvényes megoldásokat (Iványi, 1948). A hajózóutat kotrással alakították ki a megfelelő méretűre, míg a meder szűkítését könnyű, iszapoltató szerkezetekkel érték el. A kotrás pereme mentén, azzal párhuzamosan helyezték el a rőzsésátrakból álló fő szabályozási vonalat, míg a part felé, ezekre merőleges rőzsésátrakat is lefektettek az iszapoltatás gyorsítására. Ezek általában nagyon jól beváltak, a meder a rőzsésátrak magasságáig pár év alatt feliszapolódott. Ezekre azután újabb rőzsésátrakat helyeztek egészen addig, amíg már a fás növényzet is meg tudott telepedni, és a part részévé vált a terület. Egyetlen egy esetben nem hozott ez megoldást. Mégpedig a kanyarulatokból kiérkező, az inflexiók pont felé tartó sodorvonal esetében. Itt ugyanis olyan nagy a víz turbulenciája, hogy erózió következett be a rőzsésátrak közötti területen. Ezeken a helyeken más megoldásra, masszív, az erózióknak ellenálló partvonal építésére van szükség (Kevéné Herczeg, 1996).

A kisvízi szabályozás másik célja a jégtáblák feltorlódásának, és az ebből következő veszélyeknek a megakadályozása. A folyókon a jég beállása rendszerint a nagyobb kanyarulatokban következik be. A jégtáblák ugyanis a mederben nem követik feltétlen a sodorvonalat, így a kanyarulat domború oldalán található sekélyebb mederrészekben – és a partszéleken – fennakadnak. Emiatt a zajló jégtáblák sűrűsége megnő a beszűkült mederben, és azok feltorlódhatnak a homorú part és a zátonyok között. Ekkor bekövetkezik a jég beállása. A kisvízi szabályozás feladata ez esetben a kanyarulatokban a mélység növekedésének megakadályozása. Így a meder szélessége nem csökken tovább, a jégtáblák számára nagyobb hely lesz a levonulásra, a zajlás sűrűsége csökken. Ezenkívül fontos a domború oldalon a kisvízi mederbe nyúló lapos zátonyok kialakulásának megakadályozása is. A jég beállása szempontjából fontos tényező még a meder szélességének váltakozása is. Ugyanis a szűk és széles mederrészek váltakozása elősegíti a jég beállását. A szélesebb mederszakaszokon

kisebb vízmélység jellemző, gázlók, zátonyok alakulnak ki. Ezeken a jég zajlásakor megakadhat, ráadásul a jégtakaró alatt mozgó kása- és törmelékjég is fennakadhat és üledékdugót képezhet. Ezért a kisvízi szabályozások feladata az egyenletes mederszélesség biztosítása (Horváth, 1969).

A kisvízi szabályozás kezdeti időszakában úgy gondolták, hogy a hajósok által említett legrosszabb gázlók megszüntetésével, tehát egyedi beavatkozásokkal megoldható a probléma. Azonban később bebizonyosodott, hogy csak a folyó teljes hosszában, egységes elvek szerint végrehajtott szabályozással lehet célt elérni. A legnagyobb problémák a kanyarulatok közötti egyenes szakaszokon kialakuló gázlók esetében léptek fel. Ezek az inflexiós pontok vonalában képződnek, ahol a meder mélysége kicsi, szélessége pedig nagy. A kisvízi szabályozás fő időszaka 1904-től a 2. világháborúig tartott. A munka nem fejeződött be teljesen, amiben nagy szerepe volt a háborúnak, pénzhiánynak, illetve annak, hogy a jövőben az öntözés problémáját vízlépcsőkkel kívánták megoldani, amivel a kisvízi szabályozás jogosultságát veszítette volna. Így 1945 óta a Tiszán csak állagmegóvás és helyi munkák folytak a kisvízi meder rendezésére (Dunka et al. 1996).

Mivel mind a mai napig nem történt meg a Tisza vízlépcsőkkel történő egységes szabályozása – a csongrádi duzzasztó nem épült meg –, ezért továbbra is szükség van a kisvízi szabályozásra. Ez azonban még mindig nem készült el teljesen, csak a legszükségesebb helyeken, egyedi módon történt beavatkozás, amelyek a felsőbb szakaszok szabályozatlansága miatt gyorsan elveszthetik funkcióikat, illetve a szabályozott szakasz alatti részekén további problémákat okozhatnak. Ennek hatására a szabályozás sem érte még el célját, sok helyen a mederviszonyok jelentősen akadályozzák a hajózást, illetve a víz, hordalék és jég biztonságos levezetését. Ezt az állapotot csak hosszabb, összefüggő szakaszok egységes szabályozásával lehetne megszüntetni (Sipos, 1969).

3. A mintaterület bemutatása

A dolgozat tárgyának vizsgálatához a mintaterület jellemzői közül annak vízrajzának és a természetes vízrendszerre hatással lévő emberi beavatkozásoknak, a folyószabályozásoknak a hatásainak a bemutatása a fontos, ezért ebben a fejezetben ezekkel a pontokkal foglalkozom.

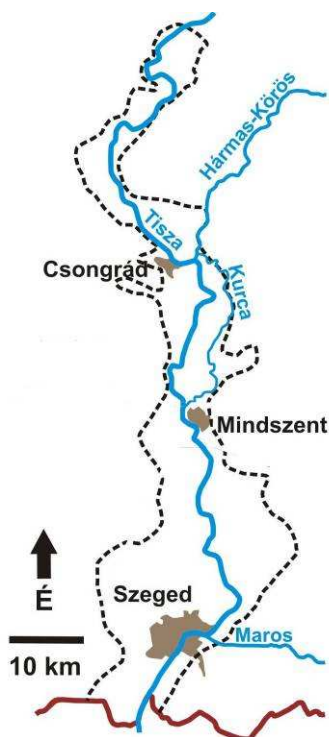
3.1. Vízrajz

A dolgozatban vizsgált terület a Tiszán, a Hármaskörös torkolatánál (243,6 fkm) helyezkedik el. A Körös betorkollása, és a két folyó ezen szakaszán végrehajtott mederszabályozási munkák miatt a Tisza jobb partján a kanyarulat belső ívén található övzátony folyamatos változásban van. Ennek formálásában nemcsak közvetlenül a szűken vett környezet, hanem mindkét folyó, és az azokhoz kapcsolódó vízhálózat vízjárása is szerepet játszik.

Az Alföld vízrendszerének fő folyója a Tisza, ami Romániában a Máramarosi havasokban, 1680 m-es tszf-i magasságban ered. A két forrás (Fehér- és Fekete-Tisza) Rahónál egyesül, és a Tisza 964 km-es út után Titelnél ömlik a Dunába. A forrás és a torkolat között a légvonalbeli távolság azonban mindössze 455 km, ami utal a jelentős kanyargósságára (Szabó, 2000). A vízgyűjtő terület 24 %-a hegyvidék, 34 %-a dombvidék és 42 %-a síkvidék. Ez utóbbi területről már említésre méltó mellékvizek nem származnak (Alföldi és Schweitzer, 2003).

A Tisza medre az Alföld legmélyebb részein fut, emiatt a Tisza a befogadója a nagytáj összes vízfolyásának. A Tisza-völgy fogalmára, kiterjedésére azonban a tudományban még ma is többféle elképzelés létezik, melyek a lehatárolandó terület nagyságában különböznek. A legszűkebb értelmezés a kifejezés alatt csak a hullámteret, azaz a töltések közötti területet érti (Tóth, 2000). Ennél tágabb, amikor azokat a kis- és középtájakat is hozzácsatolják, melyek a folyó hullámterével kapcsolatban állnak, és tájtörténetileg kölcsönös függőségi viszonyban vannak. Ekkor a lehatárolás rendkívül nehézkes, és sokszor közigazgatási egységekhez kötődik (Tóth, 2000). A legtágabb értelmezés Széchenyihez fűződik, aki a Tisza-völgy alatt a Tisza medrén és árterén kívül a beleömlő folyókat és azok árterét is értette (Széchenyi, 1846). A vizsgált övzátony szempontjából elegendő a legszűkebb felfogás is, hiszen a töltések között végzi a folyó a felszínalakító tevékenységét, ami a zátonyok kialakulását és pusztulását meghatározza, ugyanakkor az azokat felépítő hordalék az egész vízgyűjtőről származhat.

A csongrádi vizsgálati terület az Alsó-Tisza-vidékhez, azon belül az Alsó-Tisza-völgyhöz (1. ábra) tartozik, melynek kiterjedése kb. 2000 km². Ebbe nem csak a töltések közötti terület számít bele, hanem minden 85 m-es tszf-i magasságnál alacsonyabban fekvő terület is, ugyanis ezeket a térszíneket a folyó a szabályozások előtt rendszeresen elöntötte. A terület legalacsonyabban fekvő része maga a folyómeder, míg a Tiszazugban és Mindszenttől délre 90 m-t meghaladó homokdűnék is találhatóak (Andó, 1969). Az Alsó-Tisza-vidék nyugati határa viszonylag könnyen meghúzható, ugyanis az alacsony és magas ártér markánsan elkülönül egymástól. Különösen igaz ez Csongrád környékére. A Duna-Tisza-közi Hátságtól a Csongrád-Csanytelek-Ópusztaszer-Sándorfalva-Röszke vonal mentén különül el. A keleti határ meghúzása már nehezebb, ugyanis a Békés-Csanádi löszhát felé nincs olyan éles határvonala. A határ Magyartés-Szentes-Mindszent-Hódmezővásárhely-Maroslele-Makó-Magyarcsanád vonalban húzódik. Ebből csak a Szentes-Mindszent közötti határszakaszt lehet egyértelműen meghatározni, ahol a magas ártér pereme élesen elkülönül az alacsony ártértől (Kiss és Hernesz, 2011). Észak-déli irányban a cibakházi Holt-Tiszától egészen az országhatárig terjed. Szélessége északról dél felé haladva folyamatosan nő, 2-4 km-ről egészen 15-20 km-re. A Körös-torkolat környékén tehát egészen szűknek számít. A torkolat az Alsó-Tiszai-ártér északi részéhez tartozik, amely geomorfológiája alapján különül el a délebben fekvő területektől. Jellemző erre a szakaszra a folyómedrekben, morotvákban való rendkívüli gazdagság valamint, hogy a felszínt öntésiszap borítja (Andó, 1969).



1. ábra: Az Alsó-Tisza-völgy elhelyezkedése (Dövényi, 2010 alapján)

Az Alsó-Tisza-völgy jelentős helyi erózióbázisa – a Maros torkolat mellett – a Körös torkolata. A környék helyi kis vízfolyásai a szabályozások előtt mind ebbe az irányba folytak, emiatt különösen mocsaras területnek számított, mely az év nagy részében víz alatt állt. Ezt elősegítette, hogy a Tisza és a Körös hatalmas kanyarulatokat hozott létre, melyek lefűződve a vízi világ területét gazdagították. Az egykori vízfolyások közül meg kell említeni a bal parton elhelyezkedőket (Veker-ér, Kórógy-ér, Mágocs-ér, Hajdú-ér, Ludas-ér, stb.), melyek vizét a Kurca vette fel és vezette a Tiszába. Ma ezek az egykori erek már állandó vízhozammal nem rendelkeznek, csupán a belvízrendszer részét képezik. Emiatt azonban a terület csatornasűrűsége rendkívül nagynek számít (Andó, 1983). Erre azonban szükség van, ugyanis az ártér peremén törhet a felszínre a talajvíz, ami miatt az időszakos vízborítás még ma is jelentős lenne a területen. Az élő vízfolyások közül viszont mára már csak a Tisza, a Körös és a Kurca maradtak meg (Somogyi, 1969).

A Tisza vízjárásának meghatározásában az egész vízgyűjtőnek (T: 157200 km²) nagy szerepe van. A vízgyűjtő különböző típusú légtömegek (kontinentális, óceáni, mediterrán, arktikus) találkozási zónájában fekszik, emellett a lehulló csapadék mennyisége és ideje is jelentős regionális különbségeket mutat. A lefolyó vízmennyiséget, és ezen keresztül a vízjárást a csapadékon túl befolyásolja még az eltérő domborzat, kőzet és talajadottságok (Andó, 2002). A Tisza-völgy medencéit, melyek szélesek, laposak és enyhe lejtésűek, meredeken emelkedő hegységek határolják, amik azonban nem emelkednek a tartós hóhatár fölé, így a lehulló hó évi rendszerességgel elolvad. Emellett a vízgyűjtő hegyvidéki területén nincsenek jelentős természetes tározómedencék (tavak, kavicstakarók), így az ott lehulló csapadék gyorsan lefolyik. A vízgyűjtő nagy része vízzáró vagy félig vízzáró kőzetekből áll, kivéve a Körösök vízgyűjtőjének karsztos mészköveit. Ezen adottságok miatt a Tisza és mellékfolyóinak árhullámai jelentős méretűek, víztartalékuk viszont könnyen kimerül, ezért szélsőséges vízjárás jellemzi őket. Ezt bizonyítja, hogy a Szamos torkolat alatti Tiszán a vízjáték mindenhol 8 m körüli, de egyes szakaszokon ennél jóval nagyobb is lehet (Lászlóffy, 1969). Csongrád esetében ez az érték 13,94 m-t is eléri (Vízrajzi Évkönyv, 2006).

Az áradások az év bármely időszakában jelentkezhetnek, de elkülöníthetünk két fő időszakot. A tél végi, tavaszi áradások vize a vízgyűjtőn télen felhalmozódott hó elolvadásából és az ebben az időszakban lehulló esőkből származik. Mivel a felmelegedés az egész Kárpát-medencében szinte egyszerre indul meg, emiatt minden vízfolyáson egyszerre, magas vízállások alakulhatnak ki. Emiatt az árvizek rendszerint a Tisza teljes hosszán jelentkeznek, és magas vízszintekkel tetőznek. Az északnyugatról érkező páradús légtömegek

váltják ki a nyár eleji árhullámokat, másik nevükön zöldárakat. Ezek az északi-középhegységi és alföldi mellékfolyókon hamarabb vonulnak le, mint a Tiszán. Ezzel magyarázható, hogy ezek a zöldárak sokszor el sem érik az Alsó-Tiszát, ugyanis mire leérnek oda, teljesen ellaposodnak. Vannak persze kivételek, ilyen volt az 1970. évi árvíz, mely az addig mért legmagasabb vízszinteket okozta. Azóta ez többször, 2000-ben (Vízrajzi Évkönyv, 2000) és 2006-ban¹ is megdőlt. Nagy ritkán őszi árvizek is előfordulhatnak, melyek a mediterrán hatás következtében alakulnak ki, de általában csak a Tisza felső szakaszán jelentkeznek (Andó és Vágás, 1972; Somogyi, 2003).

Az Alsó-Tiszán levonuló árhullámokra jellemző, hogy hosszan elhúzódhatnak, és tartósságuk egyre növekszik. A nagy árvizek hossza akár a 100 napot is meghaladhatja (Sándor, 2011). Ebben több tényezőnek is szerepe van. Egyrészt ezen a szakaszon, egészen fel a Körös torkolatáig érződik a Duna visszaduzzasztó hatása. Másrészt az Alsó-Tiszára jellemző kis esés (3,8 cm/km) miatt a Tisza egymást követő árhullámai egymásra futhatnak és egyetlen hosszan elnyúló árhullámmá állhatnak össze (Lászlóffy, 1969; Andó, 1983). A Tisza hazai szakaszán a tetőzés átlagosan 14 nap alatt vonul végig, amely mindössze 1,5 km/órás sebességnek felel meg (Vágás, 1982). Ezek a tényezők a Tisza árvízi tetöző vízállásait a szabályozások óta jelentősen megemelték (Lászlóffy és Somogyi, 1969). Csongrádnál az LNV a 2006-os Vízrajzi Évkönyv szerint 1036 cm, amelyet 2006-ban regisztráltak. Az áradások tetöző vízállásának kialakításában a hullámtér szélességének is nagy szerepe van, ugyanis ez jelenti egyben az árvízi víztükörszélességet is. Ennek értéke azonban a Tisza magyarországi szakaszán tág határok között változik. Tiszadorogmánál eléri a 6,7 km-t, de Szegednél már csak 350 m széles a hullámtér. Csongrádnál ez az érték egy kicsivel nagyobb, mintegy 400 m (Lászlóffy, 1969). A másik árvízszint emelő tényező a Hármas-Körös és Maros folyó, melyek akár jelentősen is visszaduzzaszthatják a Tiszát. Szerencsére ez a helyzet viszonylag ritkán fordul elő, ugyanis ezen két folyó árhullámai rendszerint több nappal megelőzik a Tiszáét (Lászlóffy és Somogyi, 1969). A vízállással ellentétben a folyó árvízi vízhozama nem emelkedett az elmúlt időszakban számottevően. A valaha mért legnagyobb vízhozam ugyanis Szegednél 3820 m³/s volt, amelyet az 1970. évi árvízkor regisztráltak. Ez viszont a 2006-os árvíznél 49 cm-rel alacsonyabban tetőzött. A folyó sokéves (1970-2000) közepes vízhozama Szegednél 864 m³/s.²

A Duna hatását nemcsak a visszaduzzasztás révén érezteti. Kisvízkor jelentős a leszívó hatása, ami miatt a múltban a Tiszán is alacsonyabb vízállások alakulhattak ki. De a

¹ http://www.hydroinfo.hu/Html/archivum/archiv_tabla.html 2012. 10. 31.

² <http://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=40> 2012. 09. 12.

törökbecsei duzzasztó működésbe lépése óta (1976) a Tisza kisvízi szintjei ma már egészen Csongrádig befolyásoltak.³ A kisvizek szintjei a szabályozásokat követően jelentős mértékben süllyedtek. Szolnok és Csongrád között ennek mértéke meghaladta a 3 m-t 1842-höz viszonyítva, de a Csongrád alatti szakaszon is több mint 2 m. Ennek oka, hogy a Hármas-Körös torkolata alatt a kisvíz esése mindössze 1,1 cm, ami azt eredményezi, hogy a bevágódás a felette lévő nagyobb (3,5 cm/km) esésű szakaszt érinti jobban. Csongrádnál a valaha mért legkisebb vízszintet (LKV-t) 1968-ban mérték (-357 cm). A kisvizek nagyrészt augusztus-októberben jelentkeznek, de tartósságuk egyre nő, és ma már akár egész nyárra is kitolódhatnak. Ez a hajózást Csongrád és Szeged között kevésbé hátráltatja, de a Szolnok-Csongrád közötti szakaszon a rossz gázlók miatt többször gondot okoz. (Lászlóffy és Somogyi, 1969; Vízrajzi évkönyv, 2006).

A jégviszonyok terén a kis esés és vízsebesség miatt a Tisza szinte a tavakhoz hasonlóan viselkedik. 1969-ig a jég szinte minden évben megjelent a folyón, és a teljes befagyás is sokkal sűrűbben fordult elő (az évek 81 %-ában), mint a Dunán. A befagyás általában egyszerre jelentkezett az egész hazai Tisza szakaszon (Lászlóffy, 1969). Szegeden az 1961-1990. közötti időszakban egy évben átlagosan 17 állójéggel és 18 zajló és parti jéggel jellemezhető nap fordult elő. Az azóta eltelt időszakban azonban a jég egyre ritkábban jelenik meg (Vízrajzi Évkönyv, 2006). Emiatt jeges árvizek ma az Alsó-Tiszán már alig fordulnak elő. Ennek oka, hogy a hóolvadás – és ezen keresztül a jég felolvadása – az egész Alföldön egyszerre következik be, emiatt a jég nem tud felhalmozódni. Emellett a Körös és Maros olvadási árhulláma rendszerint megelőzi a Tiszáét, így azok megbontják annak jégtakaróját még a tiszai árvíz előtt (Lászlóffy és Somogyi, 1969).

Az Alsó-Tisza hordalékának nagy része lebegtetett, aminek frakciója finom iszap. Szegednél a Tisza ebből az 1961-1970. közötti időszakban átlagosan $12390 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{év}$ mennyiséget szállított, de ez évenként is igen erős szórást mutat. Erre példa, az Alsó-Tiszán az eddigi legnagyobb mért árvízszintet okozó árhullámot magába foglaló 2006. év, amikor $31771 \times 10^3 \text{ m}^3$ hordalékot szállított a folyó. A görgetett hordalék mennyisége a folyó kis esése, így kis energiája következtében nem jelentős (Vízrajzi Évkönyv, 2006; Somogyi, 1969).

A Körös a Tisza második legnagyobb mellékfolyója a Maros után a vízgyűjtő kiterjedését figyelembe véve (27537 km^2), aminek azonban csak a harmada esik Magyarország területére. Ráadásul ez a rész teljes egészében síkvidéki, így a Tisza mellett a Körös vízjárását is a határon túli, hegyvidéki területek alakítják. Bár a Tisza addigi vízgyűjtő

³ <http://www.atikovizig.hu/karelhx/arviz.aspx> 2012. 10. 11.

területét a Körös mintegy 35 %-kal növeli meg, a vízhozamértékekben ez csak kisebb mértékben jelentkezik. Ebből a szempontból egyértelműen a felső szakaszon csatlakozó mellékfolyók a meghatározóak. A Visó például 84 %-kal növeli meg a Tisza vízhozamát. Viszont a legbővizűbb mellékfolyó, a Maros is csak 24 %-kal, a Hármaskörös pedig mindössze 19 %-kal (Andó, 2002; Lászlóffy, 1969).

A Csongrádnál a Tiszába érkező Hármaskörös a leggyezőszerűen összefutó vízfolyások (Fehér-Körös, Fekete-Körös, Sebes-Körös, Berettyó, Hortobágy-Berettyó) egyesülésével egy vízrendszert alkot. Ennek 74 %-a számít síkvidéki területnek. A vízrendszer fő folyójának a Fekete-Köröst tekintik, amelynek vízgyűjtője egészen a Bihar hegység legmagasabb csúcsáig emelkedik (Nagy-Bihar, 1849 m) (Alföldi és Schweitzer, 2003). A Hármaskörös, mely a Kettős- és Sebes-Körös egyesülésétől a torkolatig tart, mindössze 91,3 km hosszú és vízgyűjtője teljes egészében síkvidéki (Szabó, 2000). Völgyét az Ős-Szamos, Ér, és Körös együttesen alakította ki, amiben számos nagy, túlfejlett kanyarulatot hozott létre, melyet széles ártér övezett. Ezért a szabályozások során ezt a folyószakaszt kellett a legjobban átalakítani (Andó, 2002).

A szabályozásokat követően az árvizek hossza – melyek korábban akár egész évben is előntve tartották a területet – lerövidült az esésnövekedés miatt, magasságuk viszont jelentősen emelkedett (LNV: 918 cm, Gyoma, 1970). Az Alsó-Tisza-vidékhez a Hármaskörösnek csak a torkolati szakasza tartozik. Ennek vízjárását több tényező alakítja. A kialakuló vízszintekre már a szabályozások előtt is nagy hatással volt a Tisza. Ma az árvizek idején akár 100-120 km hosszan is visszaduzzaszthatja a Köröst. A másik tényező a folyórendszeren épült duzzasztógátak sora (Békésszentandrás, Körösladány, Békés). Ezek az egyes vízállásokhoz tartozó vízhozam adatokat módosítják, valamint a kialakuló kisvizek szintjeit jelentősen befolyásolják. Ezek szintjei egyébként a szabályozások óta kb. 1 m-t süllyedtek az esésnövekedés miatt bekövetkező bevágódás miatt (LKV: -116 cm, Gyoma, 1935). A torkolathoz kapcsolódó terület a Tiszazug, melynek vizeit a Tőkefoki-csatorna vezeti a Hármaskörösbe (Lászlóffy és Somogyi, 1969; Alföldi és Schweitzer, 2003; Vízrajzi Évkönyv, 2006).

A vizsgálati terület harmadik jelentős vízfolyása a Kurca. Ez a Hármaskörösből ágazik ki annak torkolata felett két km-rel, és az Ér-Berettyó-Körös-völgyi ösfolyónak az egykori medrében kanyarog. Fennmaradását a jól beágyazott széles medrének, valamint a szabályozások előtt a Körös árvizének itt levonuló jelentékeny hányadának köszönheti. Ez utóbbi azzal magyarázható, hogy a Tisza által erőteljesen visszaduzzasztott Körös vize új irányokat keresett a lefolyásra. Ma már viszont csak, mint zárt belvízelvezető csatorna üzemel, mely zsilipeken keresztül van kapcsolatban a Körössel és Tiszával is, amibe

Mindszentnél torkollik be. Kisvízkor mindössze 1 m³/s vízutánpótlást kap a Körösből. Mellékvizei a már korábban említett egykori erek maradványai, a Vekeréri-, Kórógyéri- és Ludaséri-főcsatorna (Lászlóffy és Somogyi, 1969).

3.2. A szabályozások és ármentesítések hatásai

Ahhoz, hogy az Alsó-Tisza mentén történt folyószabályozások okozta változásokat ki lehessen mutatni, szükséges a szabályozások előtti állapotok bemutatása is. A 18. században a Tisza lefolyási viszonyai rendkívül kedvezőtlenek voltak, esése mindössze 1-3 cm/km volt. Emiatt a felülről érkező árhullámok rendszeresen utolérték egymást, és a folyó kilépve a medréből hatalmas területeket öntött el. Az ősi Tisza ártér kiterjedését 1,9 millió ha-ra becsülik. Itt azután a rossz lefolyási viszonyok miatt akár hónapokig is kint tartózkodott a víz, emiatt a folyókhoz kiterjedt mocsárvilág kapcsolódott (Dunka et al, 1996). A vizsgálati területet övező Tisza-Körös-zugban ennek területe elérte a 30000 ha-t, és a folyó két partján átlagosan 8-10 km széles sávban követte azt (Vázsonyi, 1973).

A szervezett szabályozási munkák 1846-ban kezdődtek a tiszadobi átvágással. Az ezt követő időszakban a Tiszát – és mellékfolyóit – átvágásokkal megrövidítették és töltések közé szorították (Gulyás, 2000). A vizsgálati terület a Középső- és Alsó-Tisza határán helyezkedik el. Míg a Szolnok-Csongrád közötti szakasz a legkanyargósabb volt a szabályozások előtt, addig a Csongrádtól Hódmezővásárhelyig tartó szakaszon csak kisebb és laposabb kanyarok alakultak ki. Ez alól kivétel csak az a hajtúkanyar volt, ami közvetlenül a Körös-torok alatt helyezkedett el. Ez a kettősség a kanyarulat-átvágások után is megmaradt. Az átmetszések nagy része mindkét szakaszon 1866-ig elkészült. A Csongrád feletti szakaszon ezek általában rövidek (0,5-2,5 km), lejjebb hosszabbak voltak. A meder anyaga általában kötött, agyagos, ezért a vezérárkok nem vagy csak nagyon lassan fejlődtek. Ezt mutatja, hogy az átvágások után 20 évvel az Alsó-Tisza átvágásainak 80 %-a nem mutatott fejlődést, ezért kotrásukra volt szükség (Vázsonyi, 1973).

Csongrádnál ömlik a Tiszába a Hármaskörös, melyet a szabályozások előtt Nagy- vagy Egyesült-Körös néven emlegettek, és a Fehér- és Fekete-Körös békési összefolyásától egészen a torkolatig tartó Körös-szakaszt értették alatta. Nagy kanyargósság jellemezte, de kiterjedt mocsarak nem övezték, ugyanis jól kifejlődött folyóhátak között folyt (Károlyi, 1973). Ez alól kivétel csak a torkolat környéki 6-8 km széles terület volt, ahol a Kurca ágazott ki belőle. Ez csatlós folyóként követte a Tiszát egészen Mindszentig (Dunka et al. 1996). A szabályozások során a Hármaskörösön 36 átvágást hoztak létre, melyek egyenként többnyire csak pár száz

méter hosszúak voltak. Ezek a tiszaiakhoz hasonlóan nem fejlődtek ki önállóan, kotrással történt meg a végleges kialakításuk. A szabályozások során a Kurcát zsilippel leválasztották a Körösről, és a terület korábbi erei (Veker-, Kórógy-, Ludas- és Hajdú-ér) által szállított belvizek fő befogadjójává vált (Vázsonyi, 1973).

Az átvágások hatására a Tisza hossza jelentősen megrövidült, ami az esés növekedéséhez vezetett. Ez a Szolnok-Szeged közötti szakaszon 33 %-os rövidülést, és az esés 2,5 cm/km-ről 3,8 cm/km-re történő növekedését jelentette (Andó, 1983). A Körös esése 1,5 cm/km-ről 4 cm/km-re nőtt (Károlyi, 1973). Emiatt megnőtt a folyók munkavégző képessége, és mindkét folyón megindult a bevágódás, ami miatt a kisvizek szintjei alászálltak. Az Alsó-Tiszán ez átlagosan 2 m-es LKV csökkenést jelentett (Tóth, 2000). Ezt a folyamatot elősegítette az is, hogy az árvizek gyorsabban levonultak, és mivel a korábbi mocsarakban már nem tárolódott ezek vize, ezért a kisvízi időszakok idején nem volt ami a folyók vízszintjét a visszaszivárgás révén megemelte volna (Somogyi et al. 2000). A Körösök esetében a kisvízszintsüllyedés kisebb mértékű (1 m) volt, és a folyó teljes magyarországi szakaszára hatással lévő duzzasztók (pl.: Békésszentandrás, Békés) kiküszöbölik ennek káros hatásait (Vázsonyi, 1973).

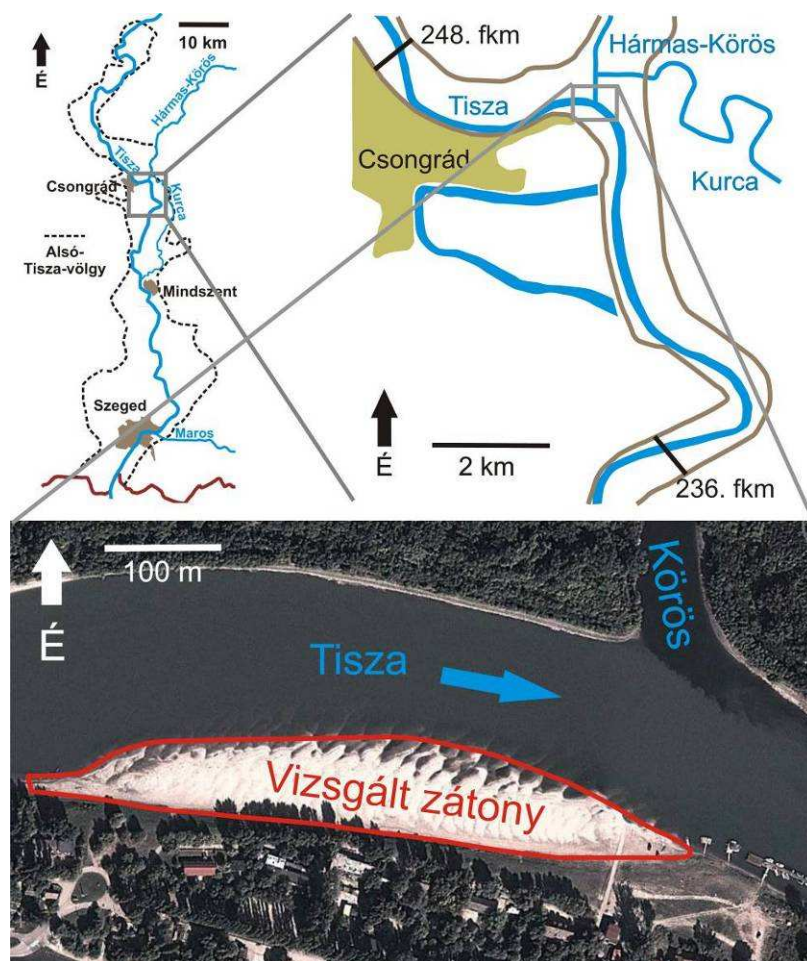
Az ármentesítések következtében Magyarországon összesen 4200 km töltés épült meg, amivel 21000 km²-t és az ország lakosságának 30 %-ának a lakóhelyét sikerült megmenteni a rendszeres elöntéstől (Vágás, 2007). Ennek nagy része (3555 km árvízvédelmi töltés) a Tisza és mellékfolyói mentén készült el (Károlyi, 1973). Emiatt a korábbi alacsony és magas ártér, illetve ármentes térszín fogalmai helyett ma már csak hullámtérről és mentett oldalról lehet beszélni. A mentett oldalon található korábbi mocsarakat lecsapolták, belvízelvezető csatornákat alakítottak ki, aminek tagjai lettek a korábban élő, de ma már természetes vízutánpótlás nélküli egykori erek és kisebb vízfolyások is (Kórógy-, Ludas-, Veker-ér, stb.) (Andó, 1996). A terület főként mezőgazdasági hasznosítás alá került, de megindult a települések egykori ártérre irányuló terjeszkedése is (Gulyás, 2000). Ma az áradások a töltések közötti szűk hullámtéren vonulnak le, emiatt a szabályozások óta az árvízszintek jelentősen emelkedtek. Az Alsó-Tiszán ez átlagosan 3 m-t jelentett. Emiatt a töltéseket rendszeresen erősíteni és magasítani kellett (Andó, 2002). A folyó az általa szállított hordalékot csak a hullámtéren tudja lerakni, így ott erőteljes feltöltődés indult meg, ami az árvízszintek további növekedéséhez vezetett (Somogyi et al. 2000).

A Tisza és Körös szabályozása közül az utóbbi tekinthető sikeresebbnek (Szlávik et al. 1999). A szabályozások előtt a folyó négyszer hosszabb volt saját völgyénél, míg ma már csak néhány km-rel hosszabb annál. Ennek hatására az árhullámai hamarabb levonulnak, és rendszeresen megelőzik Csongrádon a Tiszáét. Az esésnövekedés miatt azonban annyira

megnőtt a Körös munkavégző képessége, hogy árvizek idején a torkolat környékén még a kemény agyagpartokat is erodálta, emiatt azok bevédésére volt szükség (Szlávik et al. 1999). A töltések elhelyezése olyan jól sikerült a Körös esetében, hogy azok elősegítik a kis-, közép- és nagyvízi meder sodorvonalának egybeesését, így az árvizek levonulását (Károlyi, 1973). Nem úgy a Tiszánál, ahol a hullámtér szélessége tág határok között váltakozik (Lászlóffy, 1969).

3.3. A konkrét mintaterület bemutatása

A meder- és zátonyformálódás folyamatát a Hármas-Körös torkolata környéki Tisza szakaszon követtem nyomon (2. ábra). Ez a terület az Alsó-Tisza-vidéken belül az Alsó-Tisza-völgyhöz tartozik, annak is északi részén helyezkedik el (Dövényi, 2010). A folyómeder hosszú távú változásait a 236. fkm-től a 248. fkm-ig tartó, 12 km hosszú Tisza szakaszon vizsgáltam. Ezen belül a részletesebb vizsgálatokat a Tisza jobb partján, egy jobbkanyarulat domború oldalán, a Körös-torkolata felett a 243,7 fkm és a 244,2 fkm között található övzátonyon végeztem el. Ennek nagy része alacsony vízállás esetén szárazulatra kerül, és a területét nyári időszakban a helyiek szabadstrandként használják.



2. ábra: A mintaterület elhelyezkedése (alaptérkép: GoogleEarth 2011)

4. Vizsgálati módszerek

A dolgozat során céloom a csongrádi Körös torkolat környéki Tisza meder és a torkolattal szemben elhelyezkedő övzátóny változásainak számszerűsítése volt. Ehhez hosszú- és rövid távú vizsgálatok szükségesek, melyek nemcsak időben, de térben is eltérő méretarányúak egymástól. Mivel az övzátóny területén kisebb pozitív és negatív formák is kialakultak, ezért a továbbiakban a magasabb térszínekre a homokfodor, a közöttük lévő alacsonyabb területekre pedig a mélyedés kifejezéseket használom.

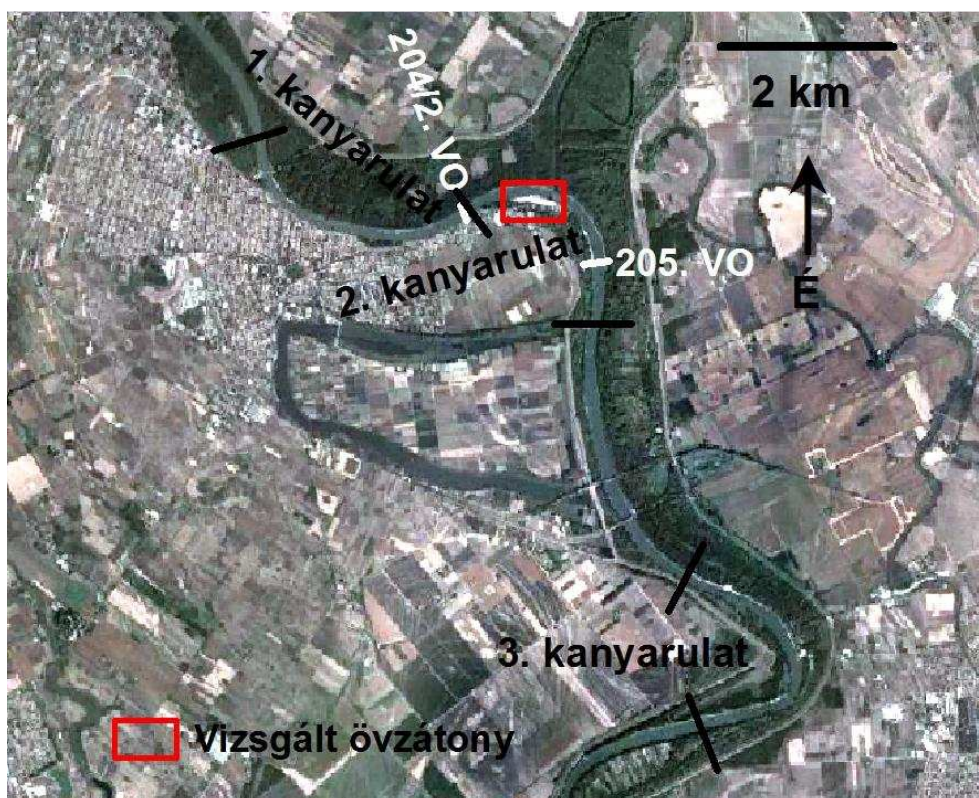
4.1. Hosszú távú változások vizsgálata

A hosszú távú változások vizsgálatánál a torkolat környéki Tisza meder horizontális paramétereinek megváltozását követtem nyomon az ATIVIZIG által rendelkezésemre bocsátott térképek segítségével. Ezek a Tisza medrének 1838-42, 1890-91, 1929-31, 1957-61 és 1978-as aktuális helyzetét mutatták be. Ezt kiegészítettem a GoogleEarth-ben fellelhető 2011-es műholdfelvétellel, így közel 170 év változásait tudtam számszerűsíteni. Ezen adatforrások alapján AutoCAD programban, EOVB-ba korrigálva, három kanyarulat (3. ábra) tulajdonságainak alakulását követtem nyomon. Meghatároztam a húrhosszakat, a kanyarulatok átlagos szélességét és a kanyarulatok húrjának végpontjai között a középvonal hosszát. Az átlagos szélesség értékeket az inflexiós pontok közötti meder terület és a középvonal hosszának hányadosából kaptam meg. A kanyarulatok fejlettségének alakulásához a térképi meghatározhatóság miatt a meder középvonalának hosszát vettem figyelembe az inflexiós pontok között.

A részletesen vizsgált torkolati övzátóny mellett találhatóak a 204/2-es és a 205-ös VO szelvények (3. ábra). Az előbbit 1976-ban és 1999-ben, míg az utóbbit 1890-91-ben, 1929-31-ben, 1957-61-ben, 1976-ban és 1999-ben mérték fel. Ezek adatait szintén az ATIVIZIG bocsátotta rendelkezésemre. Ezekből a meder oldalirányú vándorlását, szélességét, maximális mélységét és a szelvényterületnek a megváltozását követtem nyomon a mederkitöltő vízszintekhez viszonyítva.

Az ATIVIZIG-nek köszönhetően 1984-ből és 1997-ből a Körös-toroki Tisza kanyarulatáról rendelkezésemre álltak további térképek. Ezek lefedték az övzátóny területét is, így lehetőségem volt azokat a későbbi, saját mérések eredményeivel összehasonlítani. Ezeknek a térképeknek a felbontása viszont csak méteres nagyságrendű volt, így a kapott eredmények inkább csak a tendenciák kimutatására alkalmasak. Mindkét év (1984 és 1997)

magasságadataiból elkészítettem a digitális domborzatmodellt (továbbiakban DDM) az övzátony területére, majd ezeket egymással és a 2012. évi, saját adatokból származtatott eredményekkel is összehasonlítottam. Ezzel az 1984 óta jellemző tendenciákra és azok mértékére tudtam következtetni. Kiszámoltam az övzátonyban akkumulált hordalék térfogatát is az egyes időpontokban, amiből szintén annak pusztulását vagy épülését tudtam kimutatni. Ehhez a -160 cm-es csongrádi vízálláshoz tartozó 74,58 m-es tszf-i magasságot választottam alpmagasságnak azért, mert a későbbi, saját mérésekből (2011 és 2012) kapott eredmények összehasonlításánál is ezt a felületet használtam alpmagasságként.



3. ábra: A vizsgált kanyarulatok, a VO szelvények és az övzátony elhelyezkedése
(alaptérkép: GoogleEarth 2011)

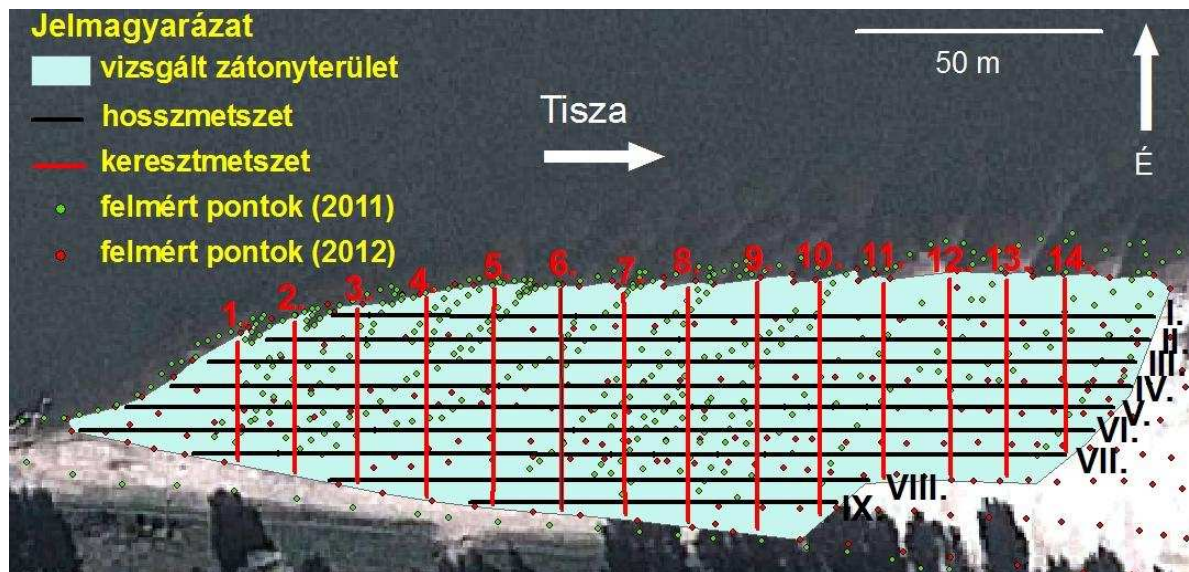
4.2. Rövid távú változások vizsgálata

A rövid távú változások vizsgálatát terepi felmérés alapján végeztem. Az övzátony magasságviszonyait két időpontban, 2011. 11. 29-én és 2012. 09. 14-én térképeztem fel. Ez cm-es nagyságrendű pontossággal, valós idejű, mozgás közbeni mérési módszert lehetővé tevő GPS eszközzel (RTK) történt. 2011-ben a cél a partvonal és az övzátonyon található kisebb formák rögzítése volt. Ezért a pontok az övzátonyon található homokfodrokon, illetve a közöttük található mélyedések futásvonalában kerültek felvételre. Mivel ilyen formák csak az övzátony folyásirányban felső részén voltak elkülöníthetőek, ezért ekkor az övzátonynak

csak ez a része került részletes felmérésre. A folyásirányban alsó szakaszán csak az aktuális vízszinthez tartozó partvonal és az övzátony széle lett rögzítve. Mivel ezek között egyenletesen lejtett a felszín, így több pontot nem vettem fel. Csak később, a DDM készítése során derült ki, hogy itt is szükséges lett volna ponthálózat felvétele a terület valós magasságviszonyainak bemutatására. Ezért 2012-ben a partvonal és az övzátony szélének rögzítése mellett, először az egész területen egy pont rácshálózat került kialakításra. Majd ahol formák is voltak – ekkor az övzátony folyásirányban alsó részén – a 2011. évi felméréshez hasonló módon, további pontok kerültek felvételre.

A felvett adatokat ArcGIS programban dolgoztam fel. Ezekből először interpolálással egy DDM-t állítottam elő mindkét évre. Ennek során a krigelés interpolációs eljárást alkalmaztam 1 m-es felbontással, ugyanis ez adta vissza a legjobban a terepen megfigyelt állapotokat. Az ennél kisebb felbontás már nem rajzolta ki teljes egészében a kialakult formákat, míg a részletesebb már nem mutatott meg újabbakat. Az ilyen méretű felbontás alkalmazását a rendelkezésre álló pontsűrűség is lehetővé tette. A pixelek magasságértékeinek kiszámításához az 50 legközelebbi ismert pont értékét vettem figyelembe. Ennek oka szintén az volt, hogy így rajzolódtak ki a leghűebben a homokfodrok és mélyedések.

Az övzátony folyásirányban felső részére 2011-ből és 2012-ből is részletes adatok álltak rendelkezésemre, ezért ennek a területnek az összehasonlítását végeztem el. A 2012-es DDM-ből kivonva a 2011-es DDM-et megkaptam a magasságviszonyokban az eltelt időszak alatt történt változásokat. Ez megmutatta, hogy hol történt a vizsgálati területen erózió és akkumuláció. Az övzátonyban tárolt hordalék mennyiségére is a DDM-ből lehetett következtetni. Ehhez alapmagasságnak a 2011-es felmérés vízszintjét választottam, mivel ekkor volt magasabb a Tisza vízállása (-160 cm). Ez 74,58 m-es tszf-i magasságnak felelt meg, így az övzátonyban az e fölött tározódó hordalék térfogatát számítottam ki. A két év térfogatértékének összehasonlításából következtetni lehetett az övzátonyon lezajló folyamatokra. A DDM segítségével az övzátonyról hossz- és keresztmetszeteket is készítettem, melyek szintén az erózió és akkumuláció helyeit, illetve mértékét mutatták meg 2011 és 2012 között. A hosszmetszetek 5 m-enként kerültek felvételre nyugat-keleti irányban, míg a keresztmetszetek 15 m-enként észak-déli irányban (4. ábra). Az övzátonyon végbemenő folyamatokra a partvonal változásából is lehet következtetni. Ehhez 2011-ből és 2012-ből is az egész övzátonyra vonatkozóan voltak adataim. A vizsgálat során a magasabb vízállású (-160 cm) 2011-es évhez tartozó partvonalat hasonlítottam össze a 2012-es DDM-ből ugyanerre a vízszintre vonatkoztatott partvonal futásával.



4. ábra: A felvett hossz- és keresztmetszetek elhelyezkedése (alaptérkép: GoogleEarth 2011)

A homokfodrokon és mélyedésekben kialakított részletesebb ponthálózat lehetővé tette, hogy azokat egymással össze lehessen hasonlítani. Az átlagmagasságok segítségével az övzátony általános magasságviszonyainak alakulására, illetve a két év formáinak különbözőségeire is lehetett következtetni.

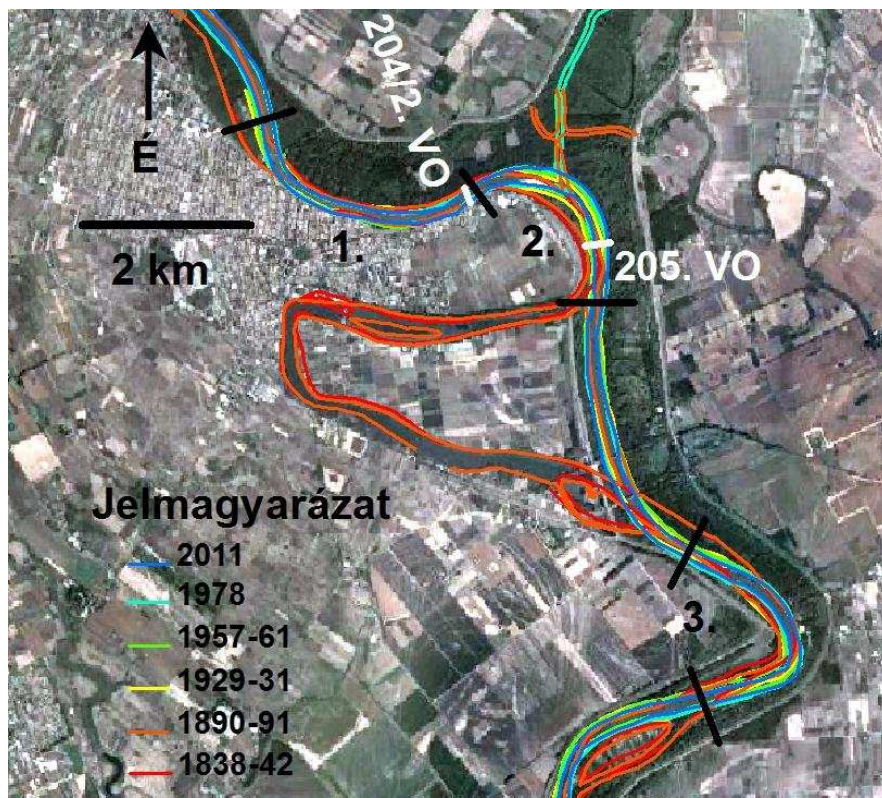
5. Eredmények

A rendelkezésemre álló adatokból származtatott eredmények közül először a nagyobb földrajzi távolságokat felölelő, hosszabb időtávra vonatkozó változásokat értékelem, hiszen az ekkor jelentkező folyamatok hatással lehetnek a nagyobb felbontásban és rövidebb időszakban vizsgált övzátanyon bekövetkező folyamatokra.

5.1. Hosszú távú változások

5.1.1. A Körös-torkolat környéki Tisza szakasz mederváltozásai

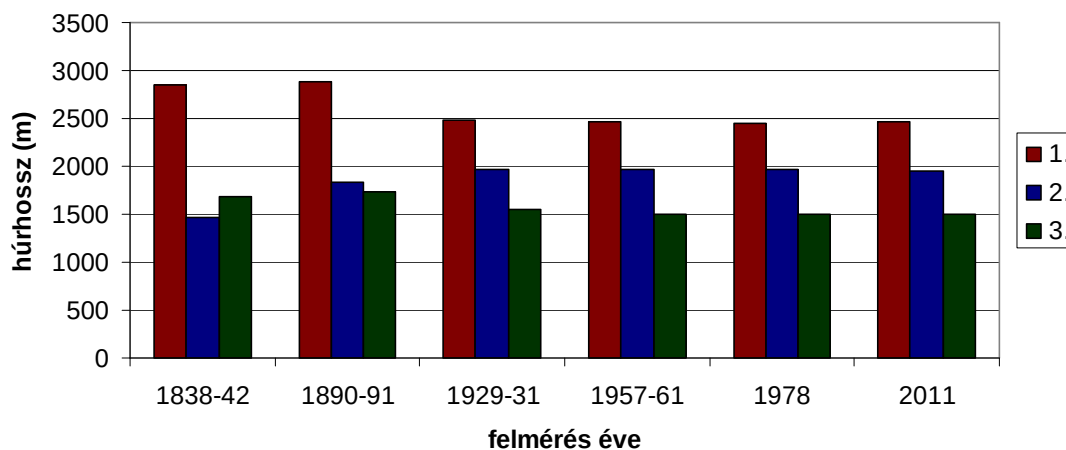
A rendelkezésre álló adatok alapján 1838-tól 2011-ig lehetett nyomon követni a Körös-torkolat környéki Tisza szakasz mederváltozásait. Ezen a szakaszon három kanyarulat (1: a torkolat feletti, 2: a torkolati és a 3: torkolat alatti) fejlődését vizsgáltam (5. ábra). A vizsgált időszakban a legjelentősebb változás közvetlenül a torkolat alatt 1856-ban történt átvágás volt, melynek eredményeként létrejött a Serházzugi Holt-Tisza (Pálfai, 2001). Ez az átvágás az 1890-es felméréskor már látható, de ekkor még az eredeti meder is élővízű volt. Csak a következő, 1929-es felmérés idejére történt meg a holtág teljes lefűződése. Ez a beavatkozás igen jelentős hatást gyakorolt a felette és alatta elhelyezkedő kanyarulatok paramétereire és további fejlődésükre.



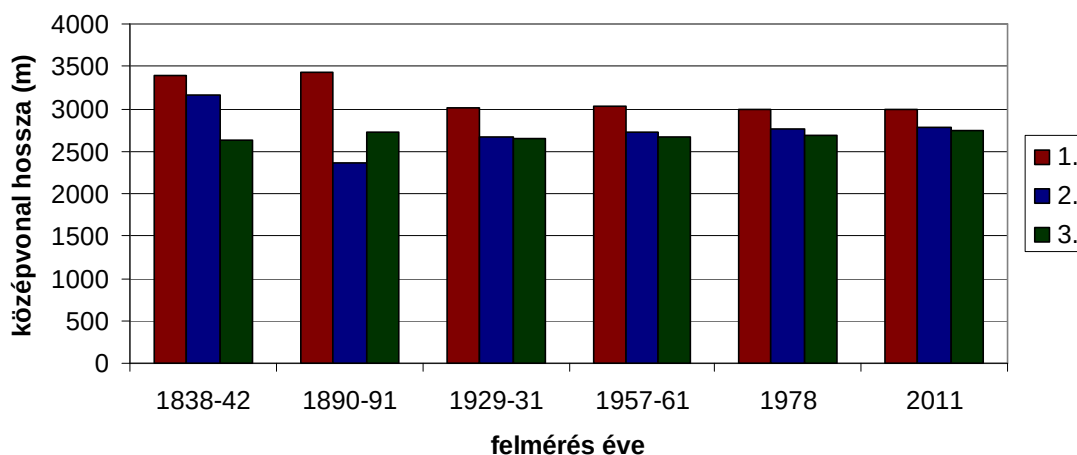
5. ábra: A vizsgált kanyarulatok és keresztmetszvények elhelyezkedése, valamint a Tisza mederváltozásai 1838-2011 között (alaptérkép: GoogleEarth 2011)

A három vizsgált kanyarulat húr hosszát, az inflexiós pontok között a középvonal hosszát és a meder átlagos szélességét vizsgáltam 1838 és 2011 között (6-8. ábra). A később, a rövidtávú változásokban vizsgált övzátony a 2. sz. (Körös-torkolati) kanyarulatban található. Ennek a szabályozások előtt (**1838-42**) a húr hossza 1470 m, középvonalának hossza 3171 m, míg szélessége 161 m volt. Az e fölött elhelyezkedő 1. sz. kanyarulat húr hossza ennek majdnem kétszerese (2852 m) volt. A középvonalának hossza is nagyobb volt (3390 m), ami utal az 1. sz. kanyarulatnak a némileg kisebb fejlettségére. A meder szélessége is meghaladta 30 m-rel (191 m) a 2. sz. kanyarulat szélességét. A 3. sz. kanyarulat fekszik folyásirányban legalul a vizsgált területen. Ennek húr hossza (1688 m) és szélessége (173 m) is az 1. és 2. sz. kanyarulat értékei közé esett 1838-ban, a középvonalának hossza viszont ennek volt a legrövidebb (2623 m).

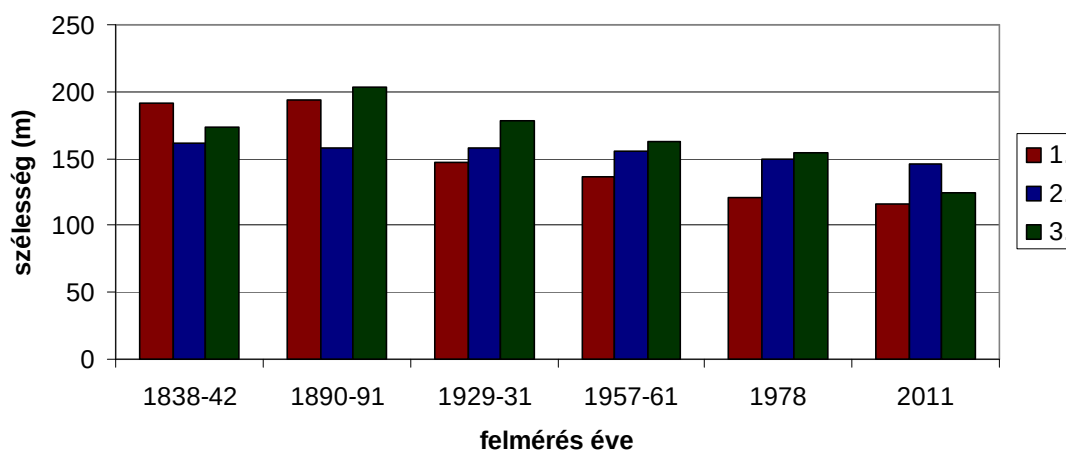
1856-ban átvágással leválasztották az élő Tiszáról a mai Serházzugi Holt-Tiszát (Pálfai, 2001), amely érintette a vizsgált 2. sz. kanyarulatot is, ugyanis ehhez csatolták hozzá az átvágást, így a korábbi 180°-os jobbkanyarulat helyén egy 90°-os kanyarulatot hoztak létre. Ennek következtében **1838-1890** között a kanyarulat húr hossza 24 %-kal (+360 m) 1830 m-re nőtt, középvonala 26 %-kal (- 811 m) 2360 m-re csökkent. Szélessége érdemben nem változott (158 m). Az 1. sz. kanyarulat tulajdonságaiban ezzel szemben nem történt jelentős változás, minden paramétere az 1838. évihez hasonló nagyságú (húr hossz: 2877 m, középvonalhossz: 3429 m, szélesség: 194 m). A 3. sz. kanyarulat fejlettsége növekedett az eltelt időszakban, amit a középvonal hosszának 99 m-es növekedése (2722 m) mutat a húr hossz 47 m-es növekedése mellett (1735 m). Ennek a kanyarulatnak a szélessége ment végbe a legnagyobb változáson, 17 %-kal nőtt meg (203 m). Azaz a kanyarulat minden paramétere növekedést mutatott 1838 és 1890 között, ami mutatja, hogy az átvágás alatti szakaszon a megnövekedett eséshez igazodva a meder vízvezető képessége is nőtt.



6. ábra: A vizsgált kanyarulatok (1-3) húr hossza



7. ábra: A vizsgált kanyarulatokban (1-3) az inflexiós pontok közötti középvonal hosszának alakulása



8. ábra: A vizsgált kanyarulatok (1-3) átlagos szélességének alakulása

Az **1890-1929** közötti időszakban intenzív változások zajlottak mindhárom kanyarulatban. A 2. sz. kanyarulat fejlettsége újra növekedésnek indult, amelyet a középvonal 13 %-os (2662 m-re történő) hosszabbodása mutat. A húr hossza ennél kisebb mértékben (+7 %), 1968 m-re növekedett, a meder szélessége nem változott. A folyásirányban e fölött elhelyezkedő 1. sz. kanyarulat más tendenciákat mutat. A húr hossza jelentős mértékben (-15 %), 2490 m-re csökkent, miközben hasonló mértékben követte ezt a középvonalának megrövidülése is 3004 m-re. De a szélessége csökkent a legnagyobb mértékben (-25 %-kal 147 m-re). A 3. sz. kanyarulat az 1. sz.-hoz hasonlóan viselkedett, csak a változások üteme volt kisebb. Húr hossza 1557 m-re (-10 %), középvonala 2644 m-re (-3 %), szélessége pedig 178 m-re (-13 %) csökkent. Tehát míg a 2. sz. kanyarulat húr hossza és középvonalhossza emelkedett a szélesség stagnálása mellett, addig az 1. és 3. sz. kanyarulat összes paraméterében csökkenés következett be. Ez utóbbiak változásai a szabályozások miatt bekövetkező bevágódással és a kisvizek mértékének és tartamának növekedésével

magyarázható. Ezzel szemben a 2. sz. kanyarulat paramétereinek változását még nagyban meghatározhatta az, hogy az alatta történt átvágás után az új egyensúlyi állapot elérésére törekedett. Emellett meghatározhatta fejlődését a Hármas-Körös is, melynek vízrendszerén történt átvágások – csak a Berettyón 42 átvágás 1897-1931 között (Dóka, 1997) – hatásai, a nagyobb esésből következő nagyobb energia és hordalékmennyiség maga után vonhatta a kanyarulat paramétereinek növekedését. Az ebben az időszakban lejátszódott intenzív változások a kisvízi medrek szabályozatlanságának következményei, ugyanis ekkor a Tisza még szabadon mozoghatott a töltések közötti területen.

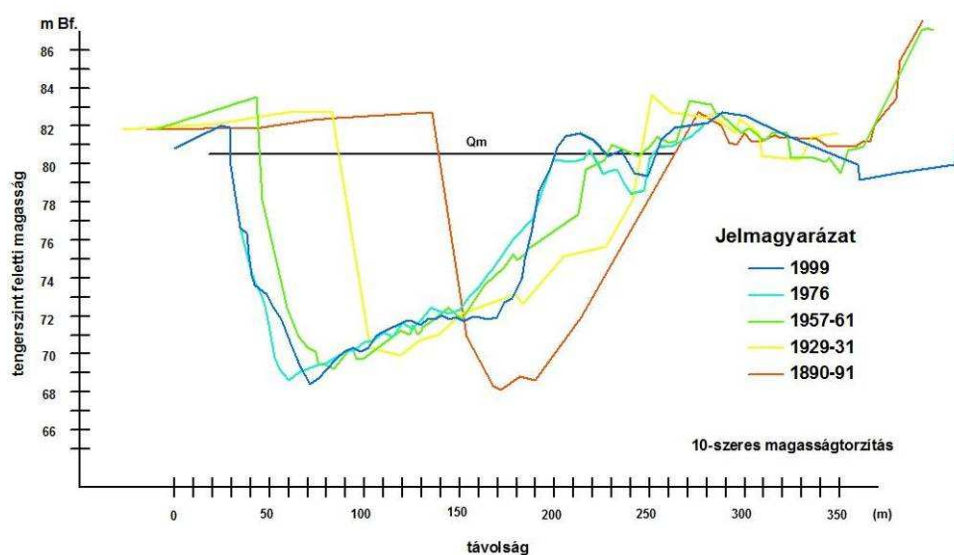
Az **1929-től 2011-ig** tartó időszakban azonban a korábbi tendenciák megváltoztak. Ekkor ugyanis megkezdődött a kis- és középvízi mederszabályozás a területen, mely során sarkantyúkat és partbiztosításokat építettek ki. A horizontális kanyarulati paraméterek változásának iránya ebben az időszakban nem változott, ezért az eltelt bő 80 év változásait egyszerre értékelem. Mindhárom kanyarulat húr hossza kis mértékben csökkent. A torkolati kanyarulat esetében ez mindössze 15 m-t jelentett (1953 m), míg az 1. sz.-nál 30 m-t (2460 m), a 3. sz.-nál pedig 58 m-t (1499 m) tett ki a húr hossz rövidülése. Ehhez hasonlóan az átlagos mederszélesség is mindenhol csökkent. Ennek mértéke az eltelt 80 év alatt a 2. sz. kanyarulatnál mindössze 12 m volt (2011: 146 m). Ennél sokkal jobban szűkült az 1. (-21 %) és különösképpen a 3. sz. kanyarulat (-30 %), amivel a szélességük 116 m-re, illetve 124 m-re csökkent 2011-ig. Ezen értékek mögött a mederszűkítő mérnöki beavatkozások, az időszakban tovább folytatódó bevágódás és a kisvizek időtartamának további növekedése állhat. A középvonal hossza a 2. sz. kanyarulatban tovább nőtt, de az 1890-1929 közötti időszagnál lassabb ütemben (5 %-kal, 2788 m-re). A korábbi időszakkal megegyező tendencia megfigyelhető az 1. sz. kanyarulat esetében is, de ennek mértéke (-9 m), amivel a középvonal 2993 m-re rövidült, minimális volt. A 3. sz. kanyarulat fejlettsége azonban újra növekedésnek indult, ezt a középvonal hosszának 91 m-es (+3 %) növekedése mutatja 2735 m-re. Ezzel meghaladta az 1890-es év értékét is (2722 m).

Összességében tehát azt lehet mondani, hogy 1890 után a torkolati kanyarulat kismértékben szűkült (-10 %) a többi paraméter (húr hossz: +7 %, középvonalhossz: +18 %) lassú növekedése mellett. A kanyarulat fejlődésének hátterében a szabályozásokat követően a Hármas-Körösből érkező többlet energia és anyagmennyiség állhat. A torkolat feletti és a torkolat alatti kanyarulat paramétereinek nagysága ezzel szemben csökkent vagy stagnált a vizsgált időszakban. Ezek közül a meder 40 %-os szűkülését kell kiemelni, ami a kisvízi mederszabályozásoknak, kisvizek csökkenésének és a bevágódásnak köszönhető. A

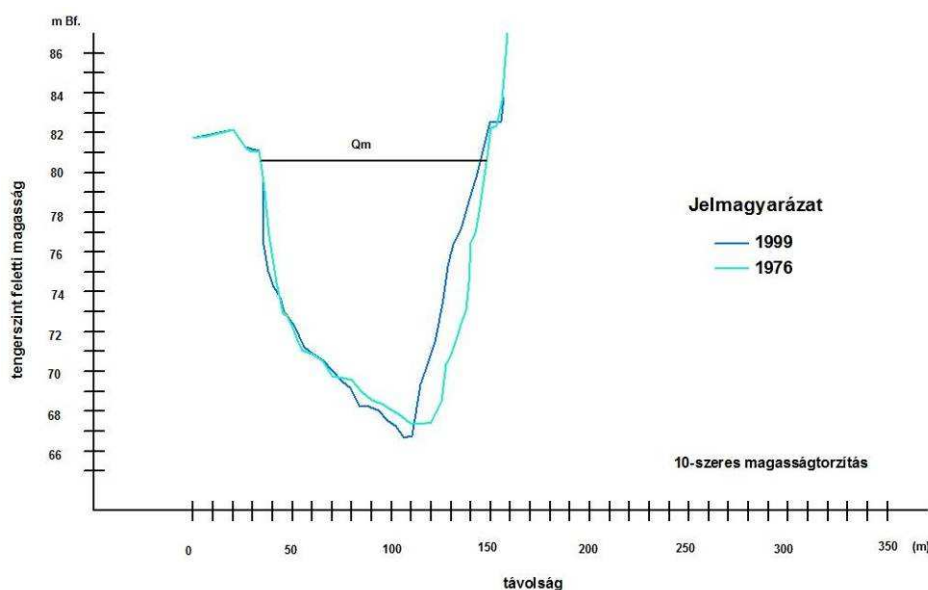
kimutatott változások nagy része 1929-ig következett be, ugyanis az 1920-as évektől megindult a partbiztosítások kiépítése, amivel a kanyarulatok fejlődése is lelassult.

5.1.2. A Körös-torkolat környéki Tisza mederszelvények változásai

Bár a 2. számú kanyarulat átlagszélessége 1890-hez viszonyítva nem csökkent jelentősen (- 8 %), de ez nem jelenti azt, hogy a meder egyéb paramétereiben ne történtek volna jelentős változások. Ezt mutatják a VO-szelvények (205. és 204/2. VO) különböző időpontokban történt felmérései is (9. és 10. ábra). Egyik sincs közvetlenül a részletesen vizsgált övzátony területén, hiszen a 204/2. VO-szelvény folyásirányban közvetlenül felette, a 205. VO-szelvény pedig a Körös torkolata alatt található (5. ábra). Az ezeken végbemenő változások (szélesség, mélység és szelvényterület) mégis utalhatnak az övzátony területén lezajló folyamatokra (11-13. ábra).



9. ábra: A 205-ös VO-szelvény változásai 1890-1999 között és a mederkitöltő víz (Q_m) szintje



10. ábra: A 204/2-es VO-szelvény változásai 1976-1999 között és a mederkitöltő víz (Q_m) szintje

A 205-ös VO-szelvényben (9. ábra) **1890-től 1929-ig** intenzív változások zajlottak le. A meder 52 m-rel tolódott el a bal part irányába, ami jelentős mértékű (1,3 m/év) oldalazó erózióra utal. A mederkitöltő vízállásokhoz tartozó szelvény szélesség 28 %-kal nőtt meg (159 m). Ezzel párhuzamosan a maximális mélység 12,4 méterről 10,6 méterre csökkent. A szélesség növekedésével a szelvényterület is nőtt (+19 %), elérte a 1125 m²-t.

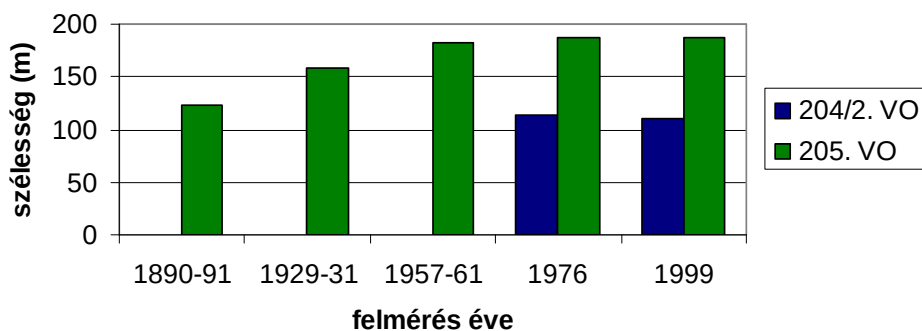
Az előző időszakra jellemző folyamatok **1957-ig** tovább folytatódtak. A meder 42 m-t vándorolt a bal part irányába, aminek üteme még az előző időszakénál is nagyobb volt (1,5 m/év). A szelvény szélessége 183 m-re nőtt (+15 %). A maximális mélység 1929-től növekedésnek indult (+ 0,7 m), amely utal a meder bevágódására, és 1957-re elérte a 11,3 m-t. A szelvényterület (1319 m²) is tovább nőtt (+17 %).

A változások üteme lelassult 1957 után, de az 1929-1957 közötti időszakra jellemző tendenciák nem változtak meg. **1957-1976 között** a meder már csak 0,8 m/év sebességgel vándorolt a bal part irányába, ami az eltelt 19 év alatt 15 m-es elvándorlást jelent. A szelvény szélességének növekedése szinte le is állt (+4,5 m), miközben a meder is némileg mélyebb lett (+ 0,6 m), emiatt a szelvényterület (1351 m²) tovább nőtt (+2,5 %).

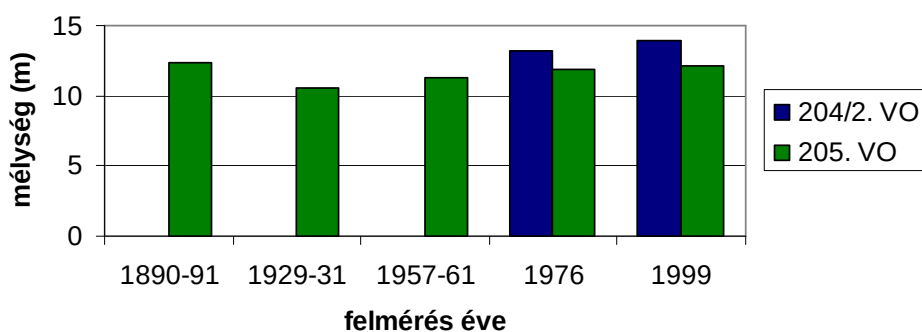
A változások üteme még tovább lassult az **1976-1999 közötti** időszakban. A meder bal part felé való tolódása teljesen leállt, ez lehet a partbiztosítások kiépítése miatt. A szelvény szélessége sem változott meg, maradt 187,5 m. A maximális mélység csak kis mértékben (+0,2 m) változott (12,1 m). A szelvényterület (1401 m²) tovább nőtt (+3,7 %). Ezt a szelvény átlagmélységének, különösképpen a jobb, azaz domború oldalon történő növekedésével lehet magyarázni.

204/2-es VO-szelvényt mindössze kétszer (**1976 és 1999**) mérték fel (10. ábra). A két felmérés között bekövetkező változások abban hasonlítanak a 205. VO-szelvényben bekövetkező folyamatokhoz, hogy az oldalazó erózió nem tudta a bal partot tovább erodálni a kiépült partbiztosítás miatt. A maximális mélysége (13,9 m) ugyan +5 %-kal nőtt, de ennek ellenére a szelvény területe 1005 m²-re csökkent. Ez majdnem 10 %-os csökkenést jelent. A 205-ös VO-szelvényvel összehasonlítva látható, hogy a szelvényterület mindkét év esetén jóval kisebb (1976-ban 23 %-kal, 1999-ben 71 %-kal). Ennek oka, hogy a 204/2-es VO-szelvény még a Körös torkolata felett található, azaz a 205-ös VO-szelvényben már a Körössel kiegészült Tisza vizének elvezetése történik. A szelvényterületek közötti különbség növekedése viszont jelzi azt a folyamatot, hogy a torkolat felett – ahol az övzátony is található – szelvényterület csökkenés következett be, az alatt viszont, bár kisebb mértékben, de megnőtt a szelvény területe 1976 és 1999 között.

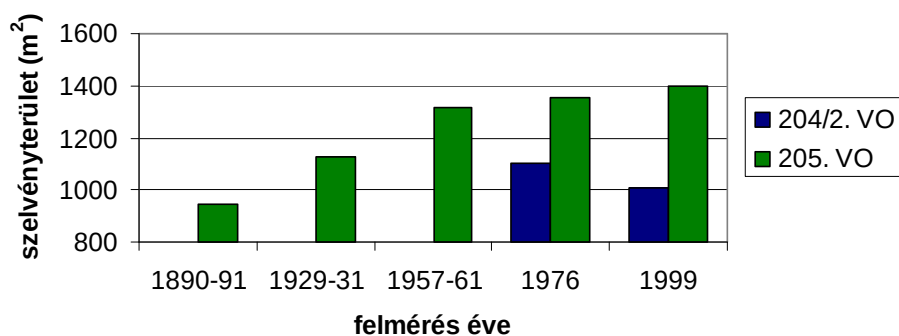
A 204/2-es VO-szelvényben a mederkitöltő vízállások esetén 1976 és 1999 között csak minimálisan (-3 m) csökkent a meder szélessége. Viszont kisebb vízállásoknál ez már jobban látható, ugyanis ekkor a 10 m-t is meghaladta a meder szűkülése. A kisvizek gyakoriságának növekedése miatt a folyó bevágódik és a kisvízi meder szűkülésnek indul. Emiatt viszont a mederkitöltő vízállások idején a folyó energiája megnő, ami újabb területek eróziójához vezethet.



11. ábra: A 204/2-es és 205-ös VO-szelvény szélességének változása



12. ábra: A 204/2-es és 205-ös VO-szelvény maximális mélységének változása



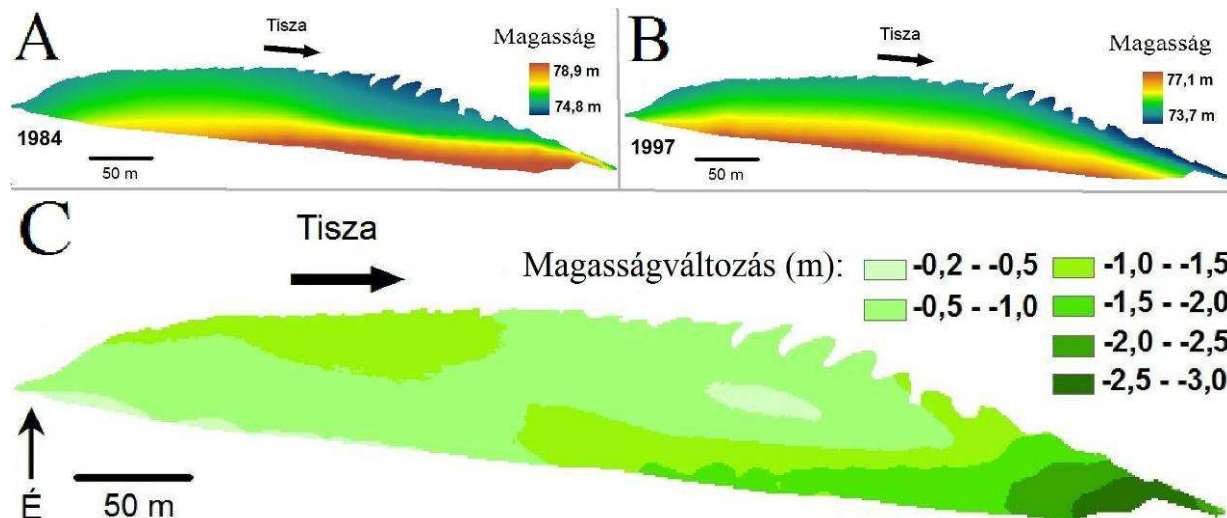
13. ábra: A 204/2-es és 205-ös VO-szelvény területének a változása

5.1.3. Az övzátony 1984 és 2012 közötti változásai

Az előző fejezetben kimutatott, kisebb vízállásoknál jelentkező mederszűkülés következményeit az övzátony területén is megpróbáltam megvizsgálni. A bekövetkező

változásokat 1984-től 2012-ig vizsgáltam. Az 1984-es, az 1997-es és a 2012-es évre is elkészítettem a terület DDM-jét, majd ezeket összehasonlítottam egymással. Mivel a 2012-es évről részletes, cm-es pontosságú adataim voltak, az 1984-es és 1997-es évekről viszont csak méteres pontosságúak, így a konkrét, számszerűsített értékek helyett inkább a változások irányára kívánok rámutatni a kapott eredmények segítségével.

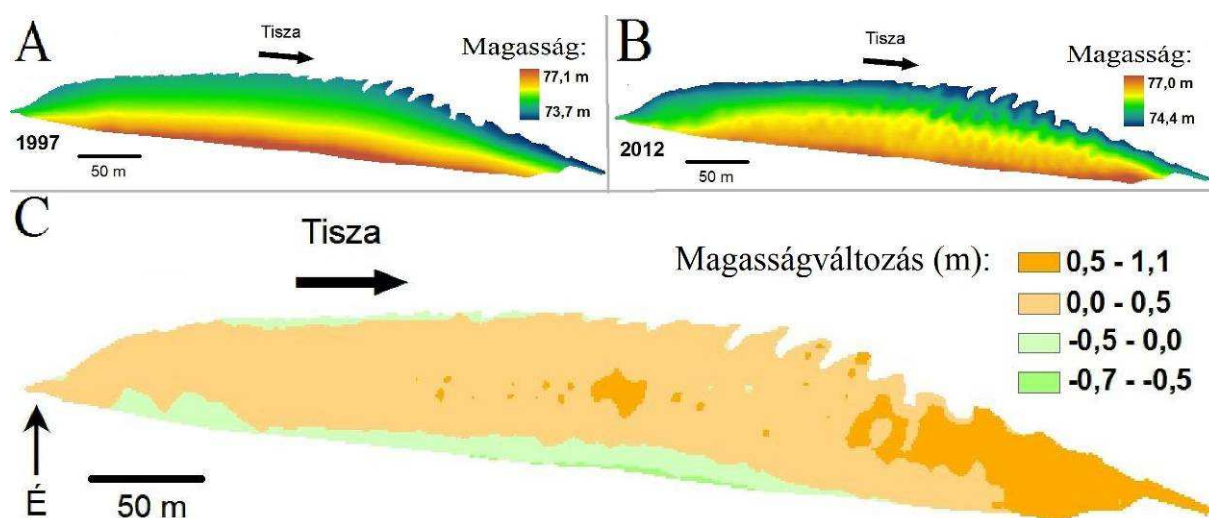
Az 1984-1997 között bekövetkezett magasságváltozások az övzátonyon egyértelműek, mindenhol erózió történt (14. ábra). A legnagyobb mértékű pusztulás az övzátony folyásirányban alsó részén, illetve a medertől legtávolabb, a surrantó sávjában következett be. Az eróziót támasztja alá a tározódott hordalék térfogatának 60 %-os csökkenése is (1984: 38600 m³, 1997: 15400 m³). Hasonló mértékű anyagszállítást mért a Maroson Kerekes (2009), tehát a több ezer m³ anyag el- és esetleges ideszállításának mértéke elfogadható. Megvizsgálva az adott időszak jellemző vízállásait, látható volt, hogy a legalább mederkitöltő vízállású napok (400 cm-nél magasabb vízállás a csongrádi vízmércén) száma évente átlagosan 40 db volt. A legmagasabb vízállás az időszakban 729 cm (1985) volt, míg az egyes évek legnagyobb vízállásainak átlagmagassága mindössze az 573 cm-t érte el. Tehát egy viszonylag alacsony árvizeket, de a kiugróan magas árvizeket mindenképpen nélkülöző időszak okozta az övzátony erózióját.



14. ábra: Az övzátony 1984-es (A) és 1997-es (B) magasságviszonyai és a közöttük lévő magasságkülönbségek (C)

Az 1997 és 2012 közötti időszak bár hasonló hosszúságú volt az előbb vizsgálthoz (1984-1997), mégis kisebb mértékű, és azzal ellentétes irányú változások következtek be az övzátony magasságviszonyaiban (15. ábra), hiszen teljes területén akkumuláció történt. Egyedül az övzátonynak a meder közepe felé eső részén, és a part mentén, a surrantó sávjában

történt erózió. Összességében az övzátönyben akumulált hordalék térfogata 38 %-kal nőtt meg (2012: 21180 m³). Az akumuláció mértéke egy nagyságrenddel kisebb a Sipos (2006) által a Maroson, nagyobb vizsgálati területen kimutatott hordalékszállítási értékeknél. Az időszak jellemző vízállásai is megváltoztak a korábbiakhoz képest. A legalább mederkitöltő napok száma 70 %-kal, 68 nap/évre nőtt. Az időszakban előforduló legmagasabb vízállás 1033 cm (2006) volt, ami egyben LNV-nek is számít. De már korábban, 2000-ben is megdőlt az LNV, így az időszakban a valaha mért legnagyobb vízállás növekedése 98 cm volt. Az egyes években előforduló legmagasabb vízállások átlaga (697 cm) is megnőtt 20 %-kal. Ezek az adatok azt mutatják, hogy ekkor rendkívül magas vízállásokkal jellemezhető, a korábbinál gyakrabban jelentkező árvizek fordultak elő.



15. ábra: Az övzátöny 1997-es (A) és 2012-es (B) magasságviszonyai és a közöttük lévő magasságkülönbségek (C)

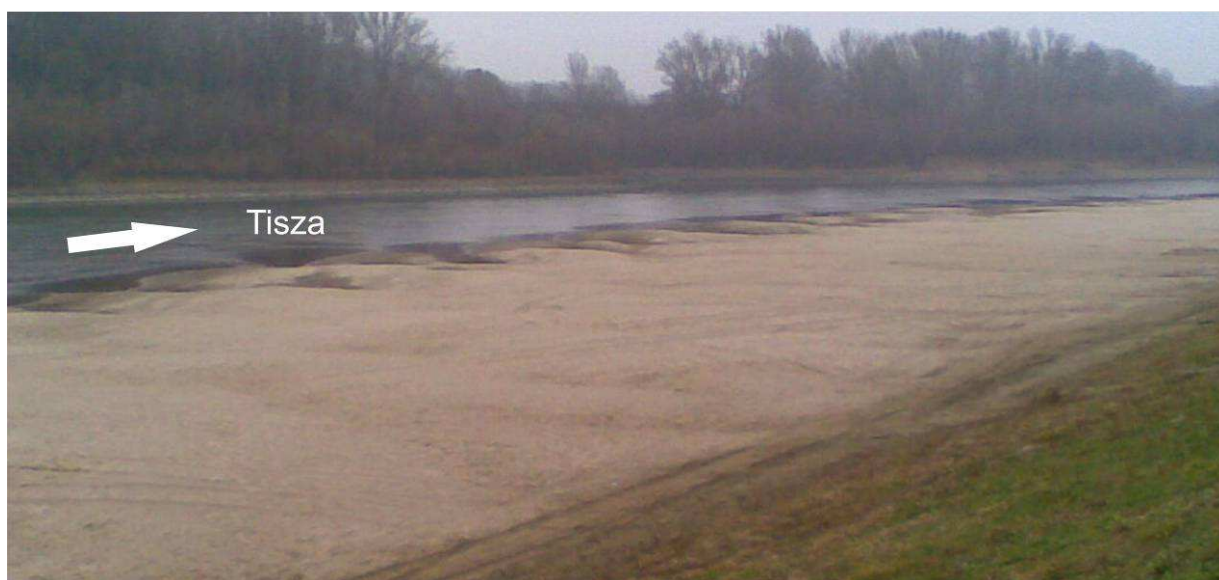
A kapott eredményekből azt lehet leszűrni, hogy a mederkitöltő vízszinteknél kisebb vízállásoknál az övzátöny eróziójával, míg nagyobb árvizek idején annak épülésével lehet számolni, azaz a hordalék oda-, illetve elszállítása, ezen keresztül az övzátöny fejlődése pulzusokban történik. Kérdés, hogy a kapott eredményeket mekkora mértékben és milyen irányban befolyásolja a folyásirányban az övzátöny felett, 1998-ban épített kisvízi terelőmű⁴, illetve ennek milyen szerepe lehet árvizes időszakok idején az áramlások módosításában.

⁴ <http://www.atikovizig.hu/karelhx/arviz.aspx> 2012. 10. 30.

5.2. Rövid távú változások

5.2.1. Az övzátonyon található formák összehasonlítása

Mint láttuk, az övzátony felszíne jelentős változáson ment keresztül 1984 és 1997, valamint 1997 és 2012 között, azonban ezt nagy méretarányú felmérési adatokra támaszkodva kaptam. Az első önálló felmérését az övzátónynak 2011 novemberében végeztük el, amikor a Tiszán rendkívül alacsony vízállást, -160 cm-t mértek Csongrádnál.⁵ Ilyen vízállás mellett az övzátony jelentős része szárazon volt. Az övzátony folyásirány szerinti felső részén egymástól jól elkülöníthető formakincs alakult ki. Az egymást követő homokfodrok között – sokszor csak néhány cm-rel – mélyebben fekvő sávok helyezkedtek el (16. ábra). A homokfodrok mérete folyás szerint lefelé haladva fokozatosan egyre csökkent, míg végül már nem lehetett őket egyáltalán elkülöníteni.

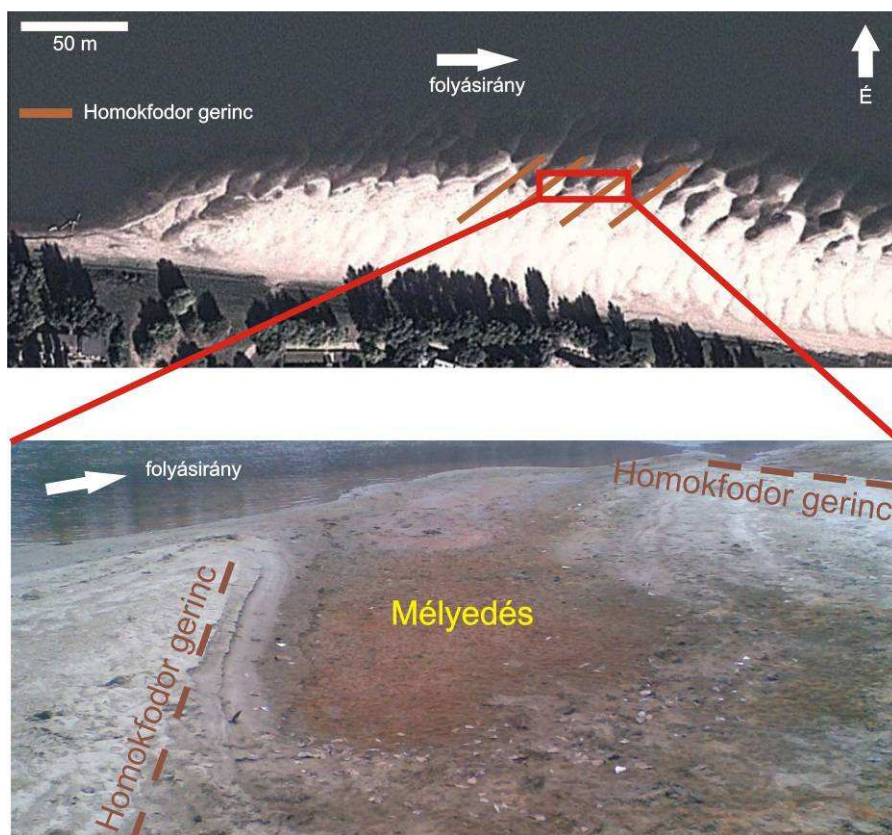


16. ábra: Az övzátony felső részén jól felismerhető formakincs 2011-ben

A homokfodrok és mélyedések váltakozását legjobban közvetlenül a víz mentén lehetett nyomon követni. Itt voltak a legmarkánsabbak a közöttük meglévő magasságkülönbségek. Ezek távolodva a folyótól egyre csökkentek, majd el is tűntek. A mélyedésekben összegyűlt agyag és nedvesség is megkönnyítette a formák felismerését. Áradáskor először a mélyedésekben áramlik előre a víz a meder széle felé, majd elérve a homokfodrok gerincének magasságát, átbukik rajtuk és megkezdí az egész övzátony formálását. Ez -3 cm-es csongrádi vízálláskor következik be. A homokfodrok és mélyedések futásvonala itt a felső részen nem pont merőleges volt a folyásiránnyal, hanem azzal hegyes szöget zárt be. Emellett nem értek

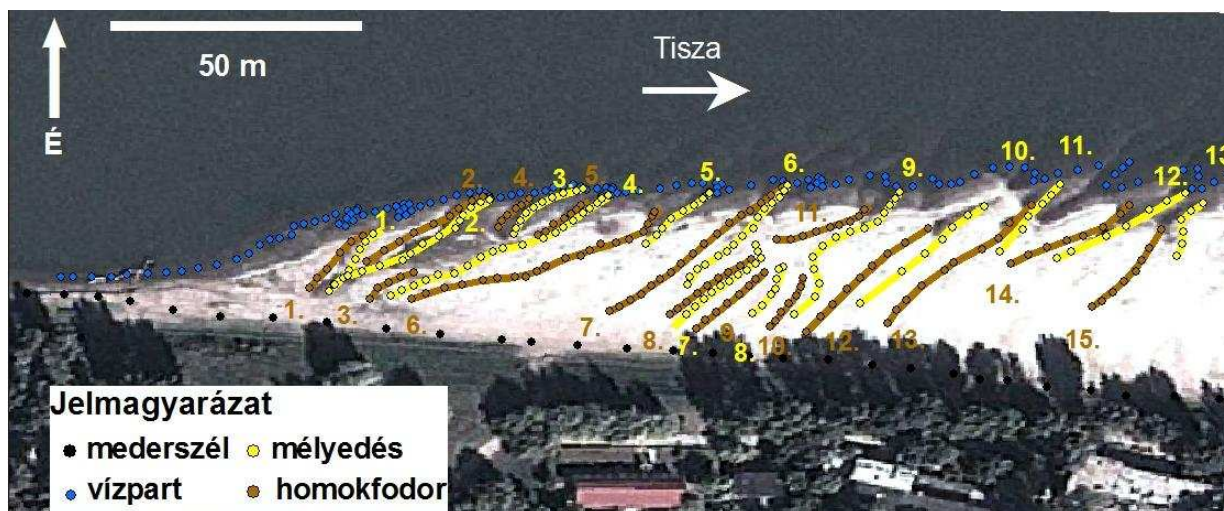
⁵ http://www.hydroinfo.hu/Html/archivum/archiv_tabla.html (2012. 09. 18.)

véget közvetlenül a Tisza aktuális vízállásánál, hanem a vízszint alatt tovább folytatódtak (17. ábra). A víz alatti szakaszokat azonban megfelelő eszközök hiányában nem sikerült felmérni.



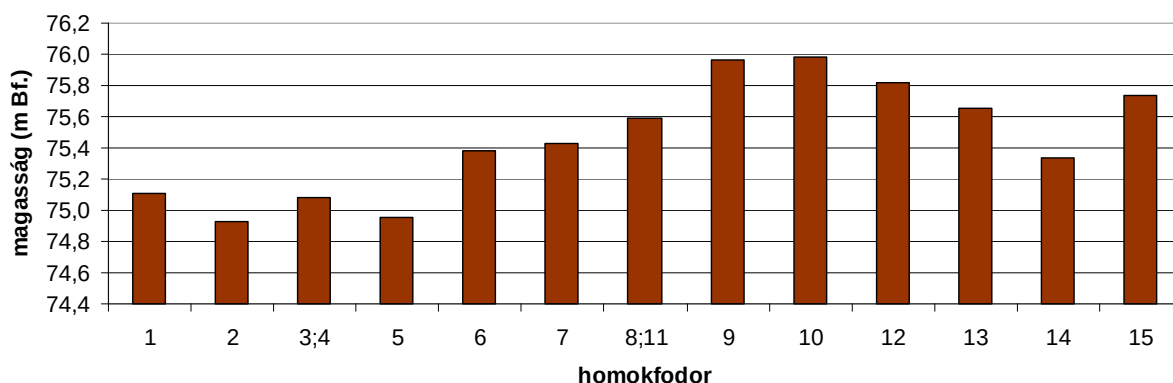
17. ábra: A homokfodrok helyzete a folyásirányhoz viszonyítva (alaptérkép: GoogleEarth 2011)

A 2011-ben összesen 15 homokfodor – illetve a közöttük elhelyezkedő mélyedések – fekvését és magasságviszonyait sikerült rögzíteni (18. ábra). Ezek hossza igen tág határok között változott. Az 5. sz. homokfodor mindössze 14 m hosszan húzódott, míg a leghosszabb 6. sz. ennek több mint a négyszerese, 67 m hosszú volt.



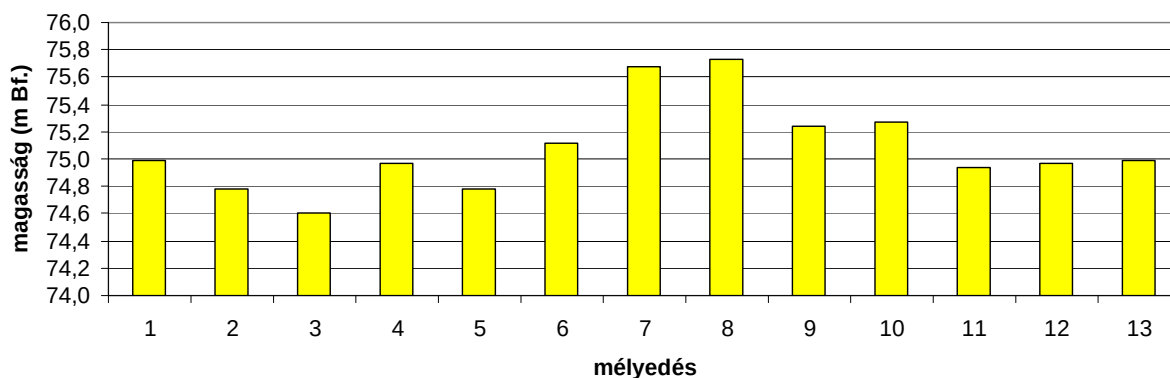
18. ábra: Az övzátöny felső része 2011-ben a felmért formákkal (alaptérkép: GoogleEarth 2011)

A felvett pontokból számított átlagmagasság-értékek alapján megállapítható, hogy a homokfodrok kettő kivételével mind 75 m tszf-i magasságnál magasabban helyezkednek el (19. ábra), míg a mélyedések 60 %-a 75 m-nél alacsonyabban feküdt a felmérés pillanatában (20. ábra). A homokfodrok közül a vizsgált terület folyásirány szerinti felső részén találhatóaknak a legalacsonyabb az átlagmagassága (2. sz.: 74,93 m), míg a középső részen a legmagasabb (10. sz.: 75,98 m). A felmért adatok kiértékelésekor a 3. és 4., valamint a 8. és 11. sz. homokfodort összetartozónak vettem, mivel egymás folytatásában találhatóak (18. ábra). Az 5. és 14. sz. homokfodor alacsonyabbak, mert azoknak hiányzik a folyótól távolabb eső része. Ezzel szemben a 9. és 10. sz. homokfodornál pedig pont fordított a helyzet, mivel nem érnek le teljesen a folyóig, így az átlagmagasságuk is jóval nagyobb. A homokfodrok közötti relatív magasságkülönbség (a legmagasabb és legalacsonyabb értékek közötti különbség) 1,05 m.



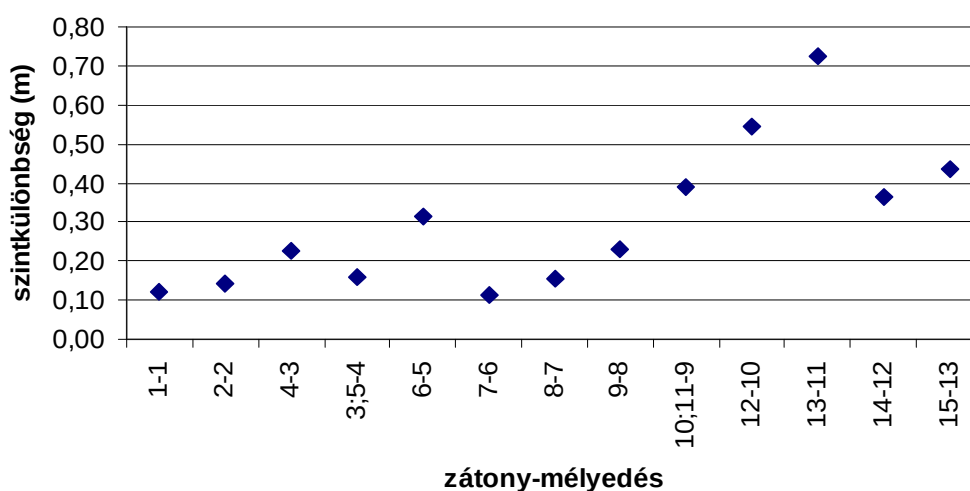
19. ábra: A homokfodrok átlagos tengerszint feletti magassága 2011-ben

Az egyes homokfodrok között mélyedések találhatóak. Ezekre is jellemző, hogy az övzátony felső részén az átlagmagasságuk kisebb, mint a vizsgált terület közepén (20. ábra). Azaz a legmagasabb homokfodrok környezetében vannak a legmagasabban az egyes mélyedések fenékpontjai is. Ebből következik, hogy az egész övzátony esetén ez a területrész (9. és 10. sz. homokfodor környezete) a legnagyobb átlagmagasságú. A mélyedések között is előfordulnak olyanok (3., 5., 11-13. sz.), amelyek nem futnak ki teljesen a meder széléig. A 3. sz. mélyedés egyben a legkisebb átlagmagasságú is (74,61 m), a 8. sz. viszont nem ér le a folyóig. Ezzel magyarázható, hogy ennek a legnagyobb az átlagmagassága (75,73 m). A mélyedések között a relatív magasságkülönbség az egész övzátonyra vonatkoztatva 1,12 m, ami igen hasonlít a homokfodrok közötti magasságkülönbséghez (1,05 m).



20. ábra: A homokfodrok közötti mélyedések átlagos tengerszint feletti magassága 2011-ben

Az egymás mellett elhelyezkedő homokfodrok és mélyedések közötti relatív szintkülönbségekből kiszámítható, hogy a homokfodrok a mélyedéseknél átlagosan 30 cm-rel fekszenek magasabban (21. ábra). Ennek mértéke azonban nem egyenletes a felmért területen. Az övzátony folyás szerinti felső részén a szintkülönbség mindössze 10-15 cm körül alakul. A 9. sz. homokfodortól kezdve viszont jelentősen megnő, és a 13. sz. homokfodor esetén éri el a maximumot (73 cm) a homokfodorgerinc és mélyedés közötti magasságkülönbség. Szintén ebben a tartományban (9-13. sz. homokfodor) a legnagyobb a homokfodrok átlagmagassága is a vizsgált területen (19. ábra).

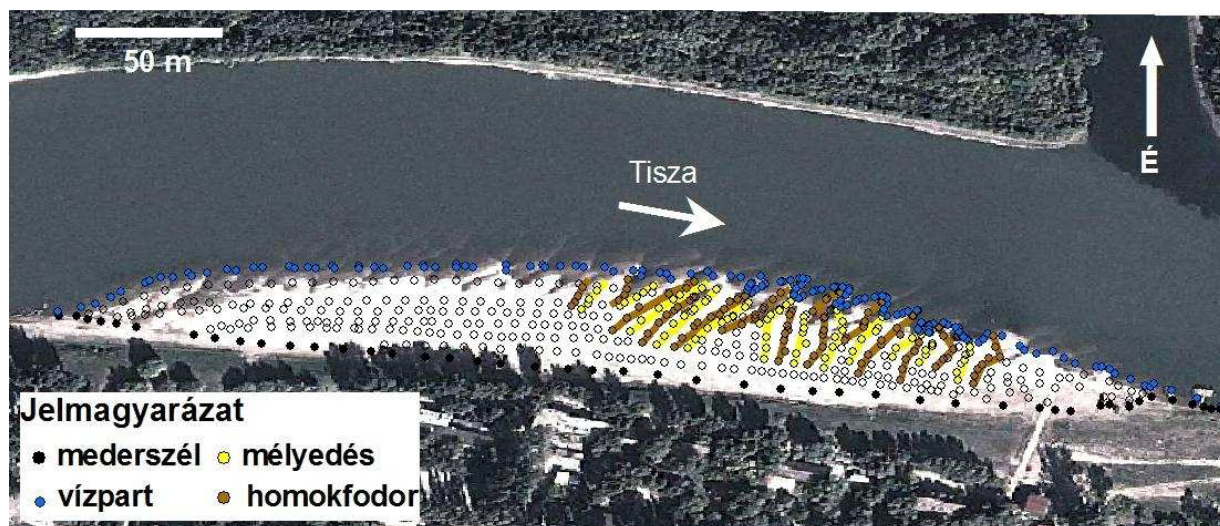


21. ábra: A homokfodrok és mélyedések átlagos magasságkülönbségének alakulása 2011-ben

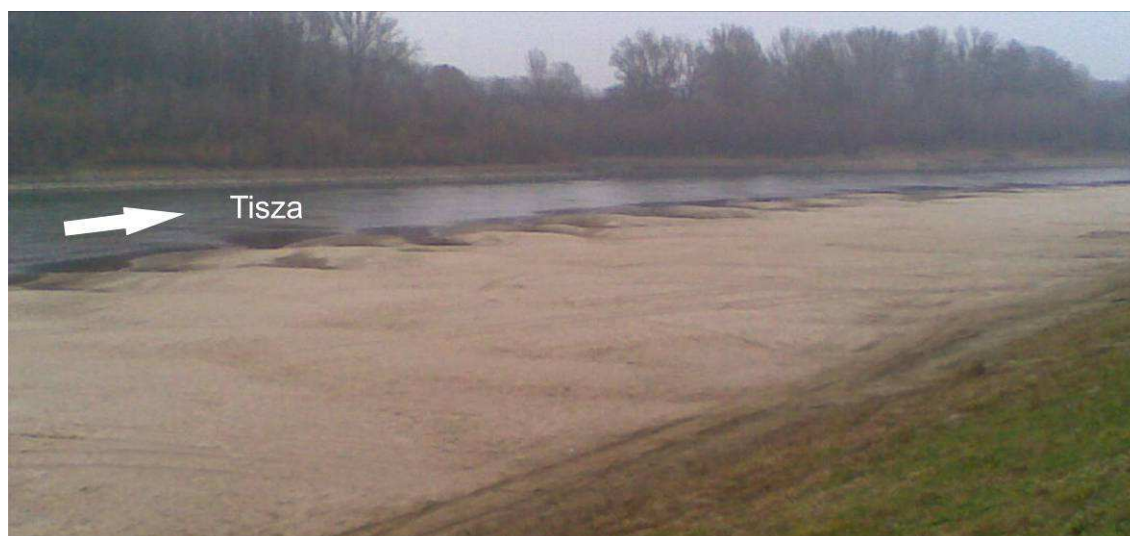
Az övzátony ismételt felmérésére 2012. szeptember 14-én került sor, -168 cm-es csongrádi vízállásnál. Ez 8 cm-rel volt alacsonyabb, mint a 2011. évi felméréskor.⁶ Ekkor már az egész övzátony területét feltérképeztük. A 2011-es felméréssel ellentétben a homokfodrok

⁶ http://www.hydroinfo.hu/Html/hidinfor/akt_eves_tb.html (2012. 10. 01.)

és mélyedések nem az övzátony folyásirányban felső részén, hanem a középső és alsó szakaszán helyezkedtek el (22. ábra). Ez azt is jelenti, hogy a korábban egyenletesen lejtő térszínen 2012-re jelentős szintkülönbségek is kialakulhattak, ahogy egymást követték a homokfodrok és mélyedések, míg a korábbi formák helyén, az övzátony felső részén egy, a folyó felé szinte teljesen egyenletesen lejtő térszín alakult ki (23. ábra).



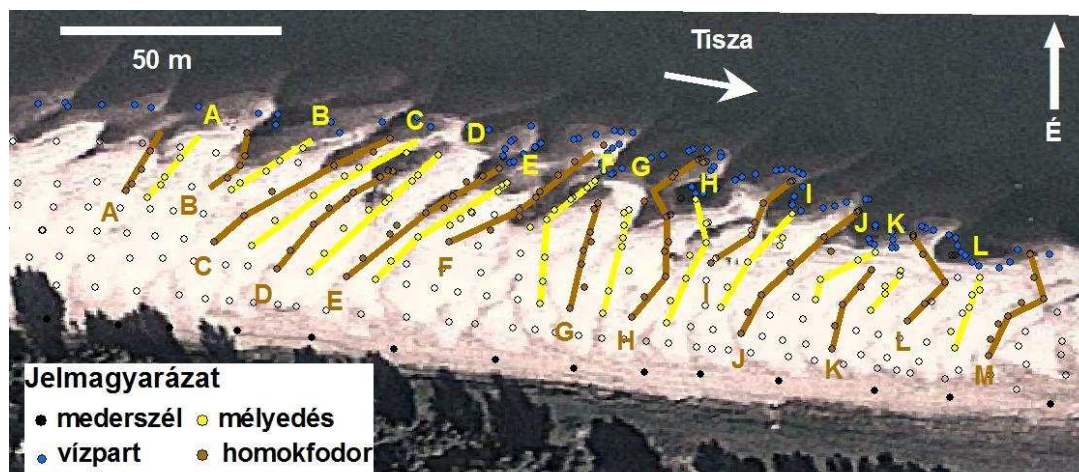
22. ábra: A 2012. évi felméréskor felvett pontok, valamint az egyes homokfodrok és mélyedések elhelyezkedése (alaptérkép: GoogleEarth 2011)



23. ábra: Az övzátony folyásirány szerinti felső része 2012-ben

Az övzátony folyásirányban feljebb eső részén a formák eltűnésére magyarázat lehetne az, – mivel a terület nyáron strandként funkcionál – hogy az emberek összetaposhatták a formákat. Erre lett volna lehetőségük, hiszen 2012 nyarán nem volt kint a Tisza az övzátony területén, ráadásul augusztusban a helyszínen rendezték meg a Körös-toroki Napokat. De

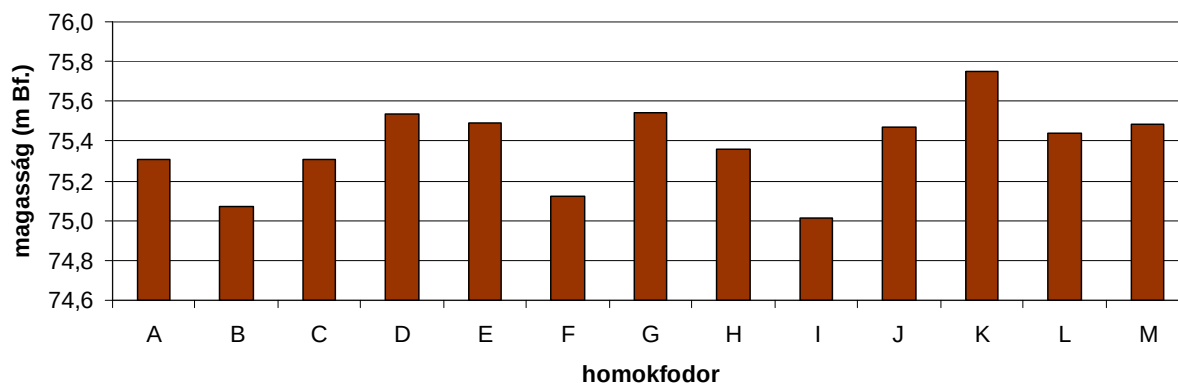
ekkor viszont az övzátony alsó részén sem kellett volna a formáknak megmaradniuk. A két időpont között megfigyelhető volt még az is, hogy a 2011-es felmérésnél egyes formák csak a folyó közvetlen környezetében vagy csak attól távol alakultak ki, tehát szabálytalanul helyezkedtek el, míg 2012-ben sokkal inkább szabályszerűen helyezkedtek el egymás mellett a homokfodrok és mélyedések (24. ábra). Szinte teljesen kifutottak az övzátony pereméig, valamint az egymás mellettiek hasonló hosszúságúak voltak. Az egyes homokfodrok hossza egyébként 15 m-től 50 m-ig terjedt.



24. ábra: A 2012-ben felmért homokfodrok és mélyedések helyzete

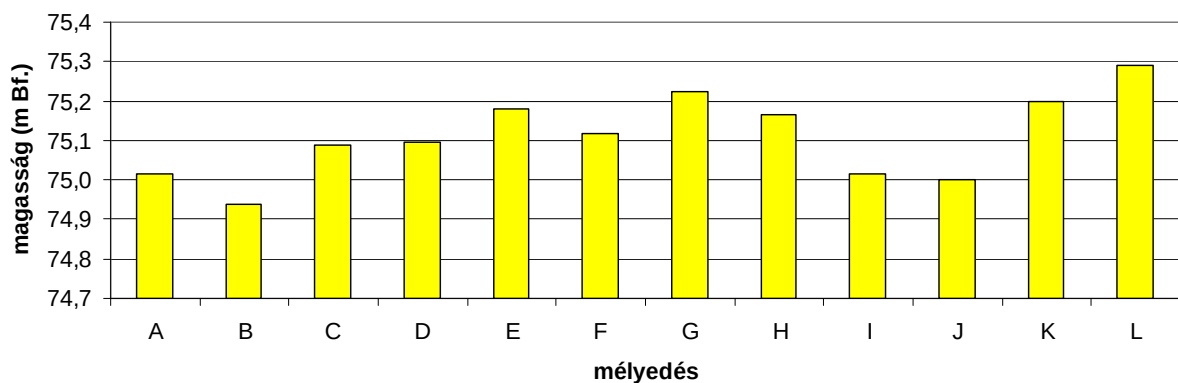
(alaptérkép: GoogleEarth2011)

A 2012-es felméréskor az övzátony folyás szerinti alsó részén (22. ábra) a partvonal sokkal tagoltabb volt, mint a felső részen, ami hasonlít a 2011. évi állapotokhoz. Ezen a részen a homokfodrok is könnyedén nyomon követhetők egészen a vízig, sőt még tovább az alatt is. A felmérés során összesen 13 homokfodort és közöttük 12 mélyedést lehetett elkülöníteni (24. ábra). A homokfodrokra és a közöttük található mélyedésekre is elvégeztem az átlagmagasságok kiszámítását (25-26. ábra). A leghosszabb homokfodrok (D, E és G) magassága nagyobbak adódtak, mint a rövidebbeké (A, B és F), illetve azoké, amelyek nem futnak ki az övzátony pereméig. Ezt bizonyítja az I és K homokfodor is. Az I viszonylag rövid (30 m), nem fut fel a meder széléig, ezért ennek a legkisebb az átlagmagassága (75,01 m). A K pedig már az övzátony folyásirányban alsó részén helyezkedik el, ahol annak szélessége csökken, így mindössze 40 m-es hosszával is eléri a partszél, emiatt az átlagmagassága a legnagyobb (75,75 m). A homokfodrok közötti relatív magasságkülönbség mindössze 0,74 m, ami a 2011-ben, az övzátony felső részén mért értéknél (1,05 m) jóval kisebb. Ez abból adódik, hogy 2011-ben mind a két szélsőérték (maximum: 75,98 m, minimum: 74,93 m) meghaladta a 2012-es értékeket. Ebből következik, hogy az eltelt egy év alatt az övzátonyon található homokfodrok átlagmagassága sokkal (27 %-kal) homogénebbé vált.



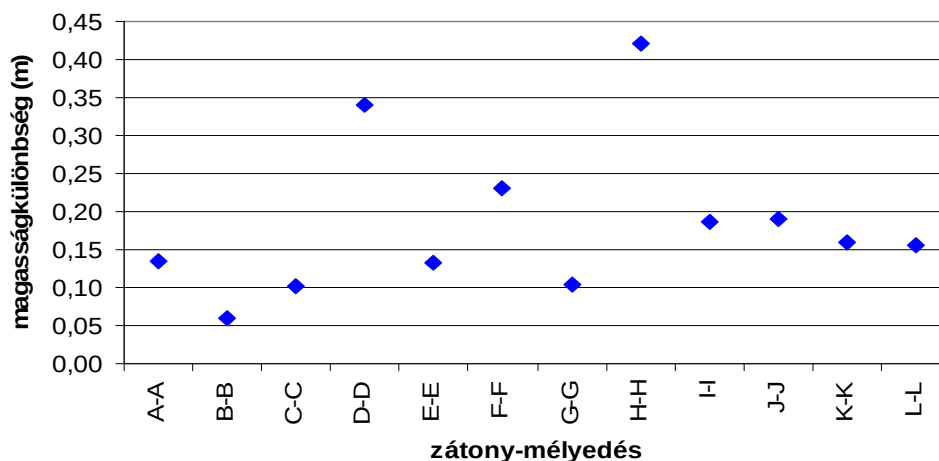
25. ábra: A homokfodrok átlagos tengerszint feletti magassága 2012-ben

A homokfodrok közötti mélyedéseknek is kiszámítottam az átlagmagasságát (26. ábra). Itt a legnagyobb értékeket a magasabb homokfodrok melletti mélyedéseknél kaptam (pl.: G: 75,22 m), valamint az övzátonyon folyásirányban legalul lévő K és L mélyedésnél. Itt már kicsi az övzátony szélessége (kb. 30 m), és emiatt ezek egészen felérnek a part széléig. Az „L” mélyedés átlagos magassága volt a legnagyobb (75,29 m). A fenékmagasság értékei között a relatív szintkülönbség kicsi, mindössze 0,35 m, ami a 2011-ben, az övzátony felső részén mért értéknél (1,12 m) 70 %-kal, 77 cm-rel kisebb. Ez is azt támasztja alá, hogy az övzátony magasságviszonyai az eltelt egy év alatt homogénebbé vált.



26. ábra: A mélyedések átlagos tengerszint feletti magassága 2012-ben

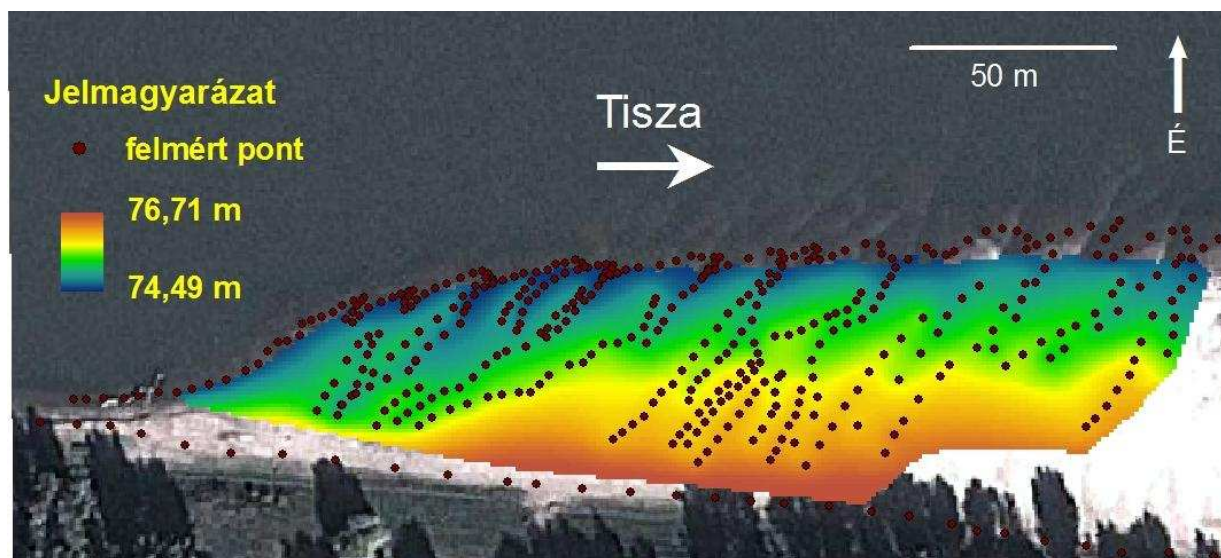
Az egymás mellett közvetlenül elhelyezkedő homokfodrok és mélyedések magasságkülönbségeit megvizsgálva (27. ábra) látható, hogy az értékek nem voltak olyan változatosak, mint 2011-ben. Egyedül a D-D és H-H pároké tért el jelentősen az átlagtól. A magasságkülönbségek átlaga mindössze 18 cm, ami 40 %-kal kisebb érték, mint egy évvel korábban. Hasonló arányban csökkent 2011-hez képest a homokfodor és a mellette található mélyedés közötti maximális magasságkülönbség is (2011: 73 cm, 2012: 42 cm). Ezek a számok további bizonyítékok arra, hogy 2012-re az övzátony magasságviszonyai homogénebbé váltak.



27. ábra: A homokfodrok és mélyedések átlagos magasságkülönbségének alakulása 2012-ben

5.2.2. Az övzátony magasságviszonyainak változása 2011 és 2012 között

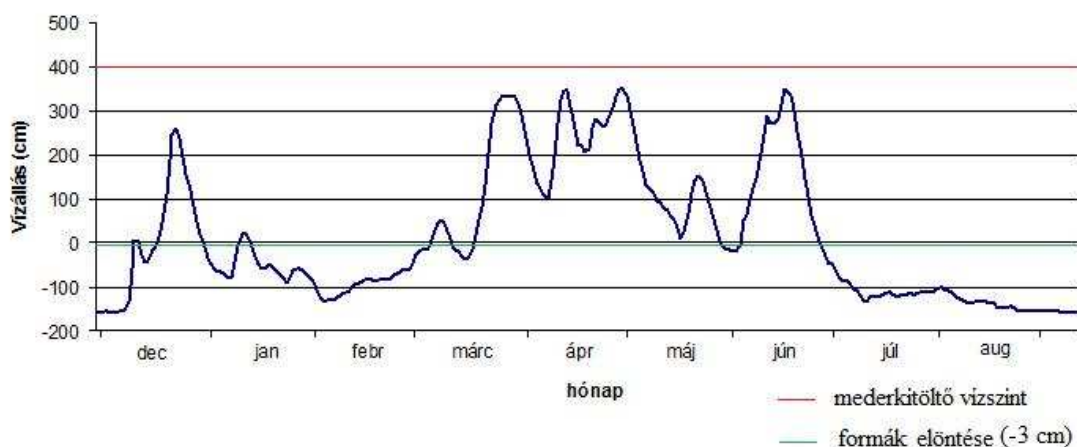
Az övzátonyon végbemenő változásokat csak az övzátony folyásirány szerinti felső felén lehetett nyomon követni a rendelkezésre álló adatok alapján. A 2011. évi állapotokat bemutató DDM-en (28. ábra) jól láthatóak az övzátony területén kialakult homokfodrok és az azok között található mélyedések. Megfigyelhető, hogy a vizsgált terület folyás szerinti felső részén az átlagmagasság kisebb, és itt a mélyedések is sokkal markánsabban jelentkeznek. Ezt alátámasztják a korábbi fejezetben kiszámított átlagmagasság-értékek is. Viszont ahogy nő az övzátony szélessége, úgy lesznek egyre nagyobbak a homokfodrok.



28. ábra: A 2011. november 29-i állapotokat bemutató DDM (alaptérkép: GoogleEarth 2011)

A vizsgált övzátonyrész legmagasabb pontja 2011-ben 76,71 m-es tszf-i magasságon feküdt annak déli részén. Ez azt jelenti, hogy a Tisza 53 cm-es csongrádi vízállásnál önti el teljesen az övzátonyt. A homokfodrok és mélyedések formálása azonban már kisebb vízálláskor is megindul,

ugyanis a legmagasabb homokfodor végpontja 76,15 m-es tszf-i magasságon fekszik, amit már -3 cm-es csongrádi vízálláskor elönt a Tisza. Ennél magasabb vízállás 2011. 11. 29. és 2012. 09. 14. között 119 napon fordult elő az összesen eltelt 291 napból (29. ábra). Ezen időszak alatt levonult egy kisebb árhullám 258 cm-es tetőző vízállással még 2011. december 17. és 29. között. Ezt követően 2012 tavaszán fordult újra elő, hogy az övzátony víz borította. Március 18. és május 28. között folyamatosan víz alatt volt a terület. Ekkor a tetőzés április 29-én történt 349 cm-rel. 2012. június 4-től június 26-ig újabb árhullám vonult le. Ez 350 cm-rel tetőzött június 16-án. Ezt követően azonban az övzátony a felmérés időpontjáig már nem került újra víz alá.⁷ Ezekből az adatokból jól látható, hogy a vízborításos napok száma alig érte el a 40 %-ot. Amikor azonban bekövetkezett, akkor többnyire tartós, folyamatos vízborítás volt a területen. Ez különösen a március 29. és június 26. közötti időszakra igaz, amikor 6 nap kivételével végig kint volt a víz az övzátony területén.



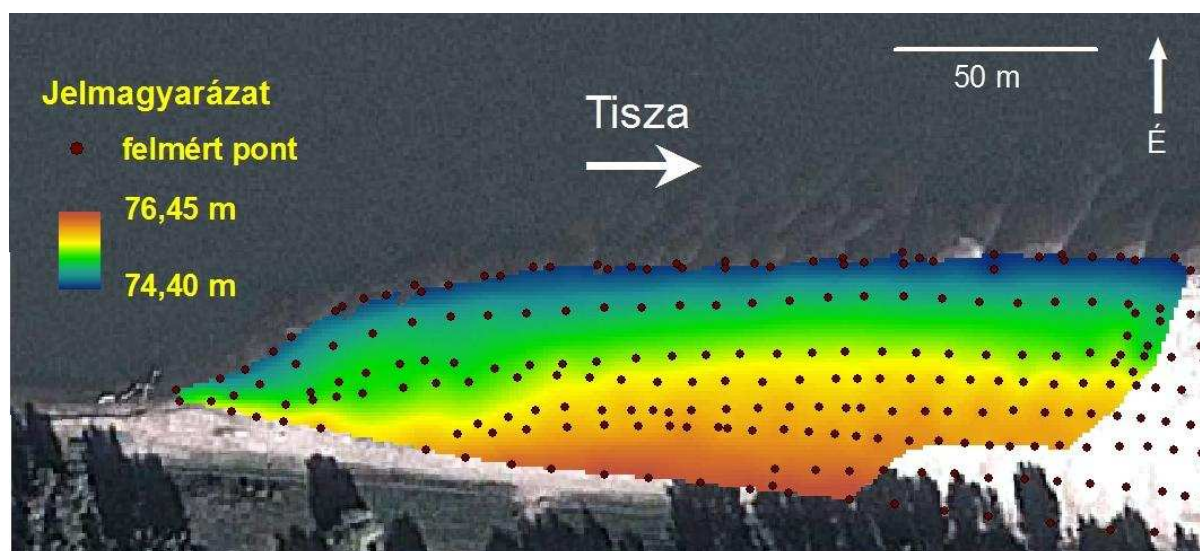
29. ábra: A csongrádi vízmércén mért vízállások alakulása (2011. nov. 29-2012. szept. 14)

Ez a szűk 3 hónap okolható a bekövetkezett változásokért, amelyeket a 2012. évi felméréskor lehetett tapasztalni. Az árhullámok csúcsán akár 3,5 m-es vízmélység is kialakulhatott az övzátony területén, de ez csak pár napig állt fenn. Ennél többet elmond az átlagos vízmélység az elöntés időszakában. A 2011. decemberi elöntés során átlagosan 132 cm volt a folyó vízállása Csongrádnál, ami kb. 1,5 m-es vízborítást takar. 2012. márciusa és májusa között, valamint a júniusi árhullám alatt is átlagosan 195 cm volt a Tisza vízállása, ami több, mint 2 m-es vízmélységet jelent a vizsgált területen. Mivel a 2011. decemberi vízborítás rövid ideig tartott, így a teljes időszak vízszintjének átlaga 187 cm. Ez legalább 2 m-es átlagos vízborítást jelent az övzátony formálásának időszakában. Ezekből az adatokból látható, hogy csak

⁷ http://www.hydroinfo.hu/Html/hidinfor/akt_eves_tb.html (2012. 10. 04.)

mederkitöltő vagy annál kisebb vizek fordultak elő a vizsgált időszakban. Emiatt a kimutatott változások csak ezekre a vízállásokra terjeszthetők ki, magasabb árhullámok esetén más folyamatok jelentkezhetnek.

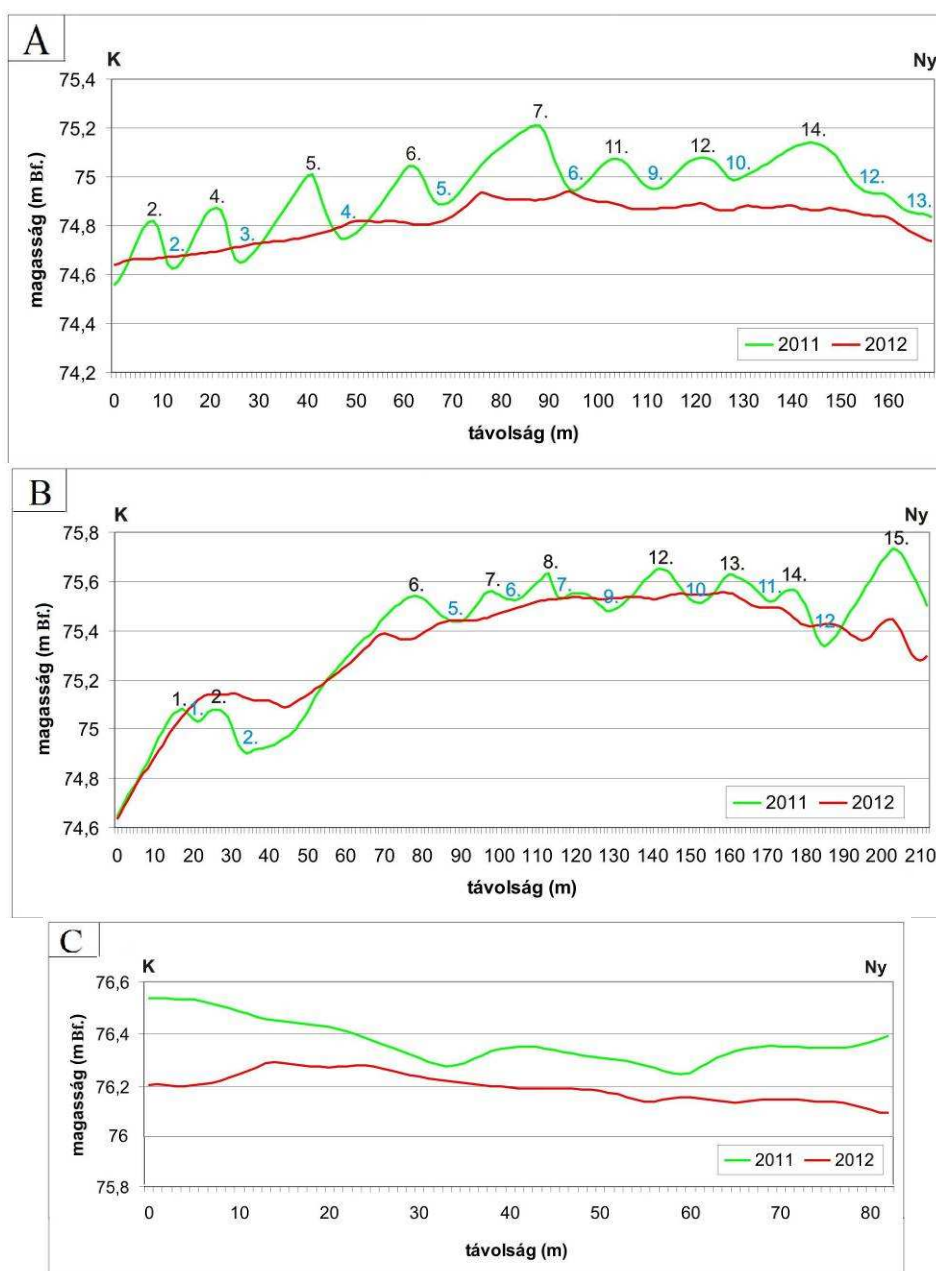
A két felmérés között eltelt egy évben jelentős változások következtek be a vizsgált területen. A 2011. évi felméréssel teljesen megegyező módon elkészítettem a 2012. évi felmérés DDM-jét (30. ábra), így összehasonlíthatóvá váltak az adatok. Szembetűnő, hogy a korábban felmért formák szinte teljesen eltűntek. Csak egy teljesen egyenletes, a Tisza felé lejtő felszín figyelhető meg az övzátony folyás szerinti felső részén.



30. ábra: A 2012. szeptember 14-i állapotokat bemutató DDM (alaptérkép: GoogleEarth 2011)

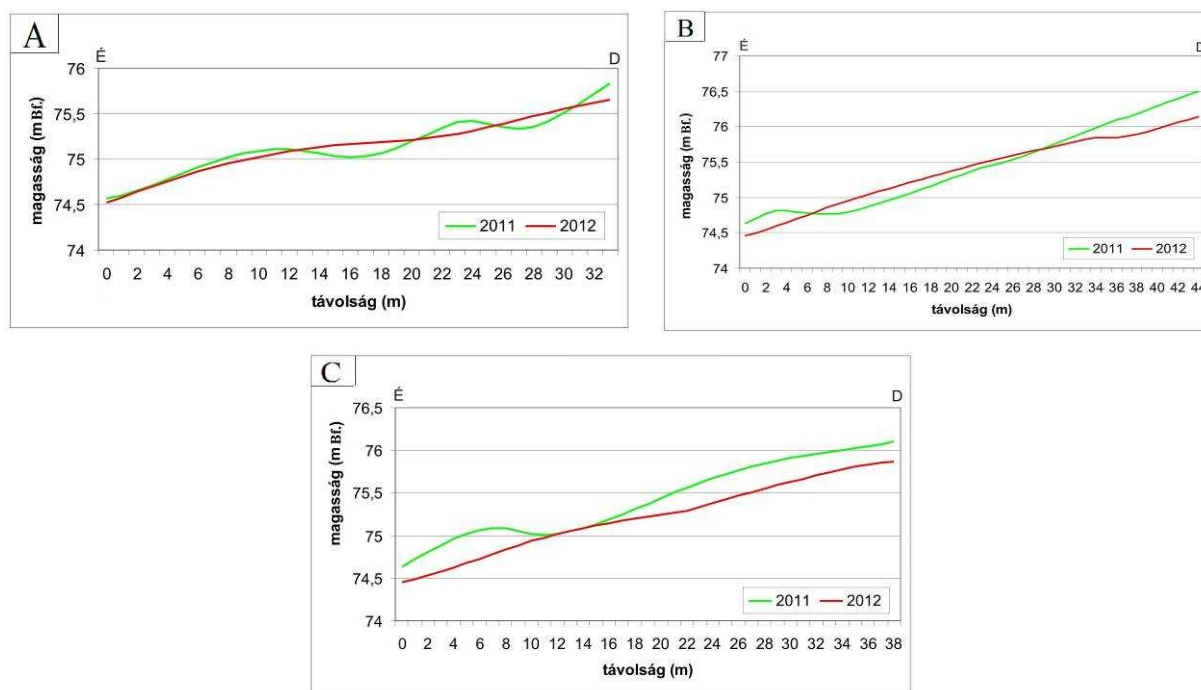
A két DDM összehasonlításának részét képezi az azokból, ugyanazon helyen képzett övzátony hossz- és keresztmetszetek összehasonlítása. A hossz- és keresztmetszeteket (9 db) nyugat-keleti irányban vettem fel, kb. 5 m-es távolságban egymástól, a keresztmetszeteket (14 db) pedig észak-déli irányban kb. 10-15 m-enként (4. ábra). Ezek lehetővé teszik, hogy nyomon kövessük az egymást követő homokfodrok és mélyedések, valamint az övzátony magasságviszonyainak alakulását. A nyugat-keleti irányban felvett hossz- és keresztmetszetek közül hármat mutatok be (31. ábra). Ezek közül az I. hossz- és keresztmetszet (31A. ábra) található a folyóhoz legközelebb. 2011-ben jól kirajzolódtak rajta az egyes homokfodrok és mélyedések, amelyek között kb. 20 cm-es magasságkülönbség van. A folyótól 15 m-rel távolabb található a IV. hossz- és keresztmetszet (31B. ábra). Ezen is megfigyelhetők 2011-ben az egyes formák, azonban a közöttük meglévő magasságkülönbség átlagosan már kisebb (kb. 10 cm). A IX. hossz- és keresztmetszet (31C. ábra) van a folyótól legtávolabb. Itt formák már egyáltalán nem azonosíthatók, csak az övzátony általános magasságviszonyai követhetők nyomon. Ennek oka az lehet, hogy ez a sáv árvizek idején surrantóként (vízvezető sávként) működik, így a nagyobb vízsebesség miatt formák nem tudnak

kialakulni. 2012-re mindhárom hosszszelvényen magasságcsökkenés, azaz az övzátony eróziója következett be. Ez általános térszíncsökkenésként jelentkezett, ugyanis a homokfodrok mellett a mélyedések fenékpontjai is vesztek magasságukból. Ez utóbbi alátámasztja azt is, hogy nem a strandolók általi elegyengetés történt, hiszen a homokfodrok anyaga nem a mélyedésekben halmozódott fel. A mélyedésekben akkumuláció egyedül az övzátony folyás szerinti felső részén történt, ahol maximálisan 10 cm körüli volt ennek mértéke. Szembetűnő, hogy az I. és IV. hosszszelvényen is eltűntek 2012-re a homokfodrok és mélyedések, és egy homogénebb magasságviszonyokkal jellemezhető övzátony alakult ki.



31. ábra: Az övzátony magasságviszonyainak időbeli változása az I. hosszszelvény (A), a IV. hosszszelvény (B) és a IX. hosszszelvény (C) mentén
(a fekete számok a 2011. évi homokfodrokat, a kék a mélyedéseket jelölik)

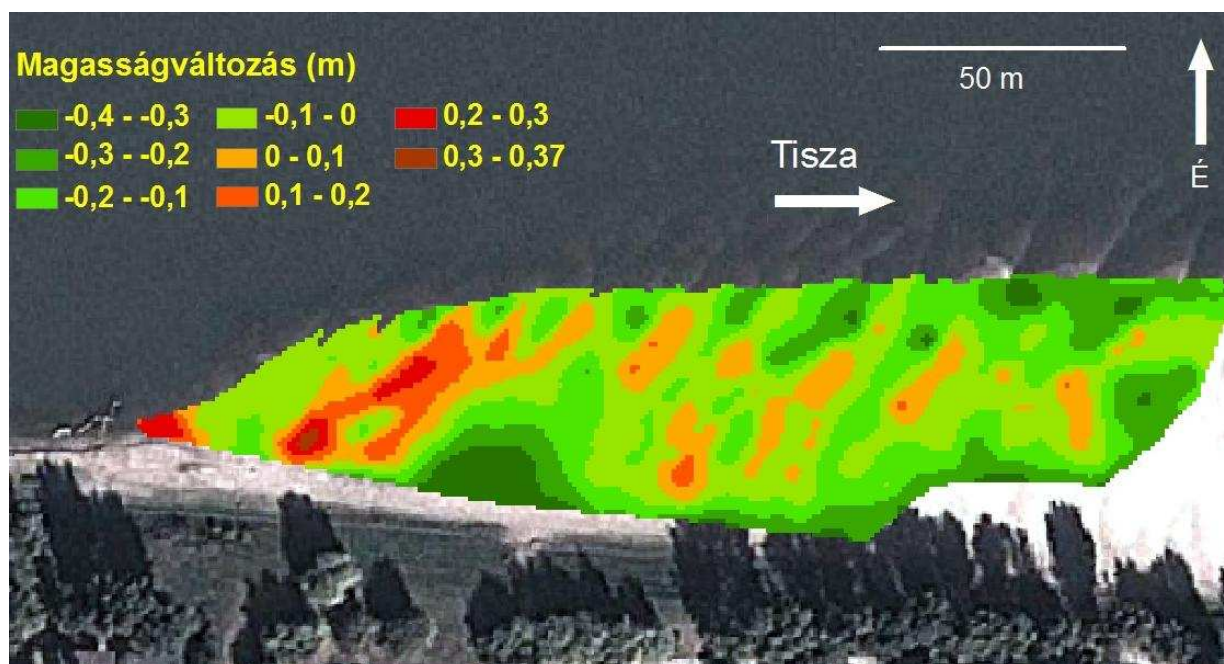
Az övzátonyról keresztmetszeteket észak-déli irányban vettem fel. Ezek közül három jellemzőt mutat be a 32. ábra. A 2. keresztmetszet (32A. ábra) az övzátony folyás szerinti felső részén található (4. ábra). Mivel a homokfodrok és mélyedések nem észak-déli irányúak, ezért 2011-ben jól kirajzolódnak rajta az elmetszett formák. Az övzátony folyásirányban lejjebb felvett keresztmetszetein (3-14.) ezek a formák már nem jelennek meg olyan markánsan, így nem is láthatóak az ábrán csak közvetlenül a Tisza mentén. A 6. (32B. ábra) és 14. keresztmetszetre (32C. ábra) jellemző, hogy a Tisza menti rövid szakaszt kivéve a magasságuk a folyótól távolodva egyenletesen nő egészen az övzátony pereméig. Ez igaz a 2012-es évre is. Összehasonlítva a két évet (2011 és 2012) szembetűnik, hogy a 2. keresztmetszeten a mélyedésekben akkumuláció, míg a homokfodrok esetén erózió következett be. A keresztmetszetek alapján egyértelműen megállapítható, hogy az övzátony pusztulásban van, bár az egyes részeit nem egyenlő mértékben érinti.



32. ábra: Az övzátony magasságviszonyainak időbeli változása az 2. keresztmetszet (A), a 6. keresztmetszet (B) és a 14. keresztmetszet (C) mentén

A 2012. évet bemutató DDM-ből kivonva a 2011-es DDM-et megadható, hogy pontosan hol és mekkora erózió, illetve akkumuláció történt az övzátony területén (33. ábra). Akkumuláció az övzátony vizsgált területének (9663 m²) csak 20 %-án (1985 m²) következett be. A legnagyobb mértékű a térszín magasodása annak folyásirányba eső felső részén. Különösen a 2011-ben felmért 2., 3. és 4. mélyedés az, amelyekben jelentős volt az eltelt

időszak alatt az akkumuláció (+100 m³). Ez a felszín magasodásában átlagosan 10-15 cm-t jelentett, de egyes pontok környékén ez meghaladta a 30 cm-t is. Az övzátony többi részén is a mélyedésekhez köthető az akkumuláció. De ezek a területek már csak foltszerűek, és az akkumulált anyag összes mennyisége minimális volt (45 m³). Általánosságban azonban az övzátony pusztulása volt jellemző 2011 és 2012 között. Az erózió elsődlegesen a korábbi homokfodrokat érintette, bár különösen a vizsgált terület folyásirányba eső alsó részén a mélyedések is vesztek magasságukból, ami a jelentős mértékű hordalék elszállítására utal. Az erodálódó területek (7767 m², az övzátony területének 80 %-a) nagy részén 20 cm-nél kisebb volt az elszállított hordalék vastagsága, de egyes foltokban ez meghaladta a 30 cm-t is. Összesen 1044 m³ hordalék szállítódott el a területről. Az erózió azon kívül, hogy a formák közül inkább a homokfodrokat érintette, elsősorban 2 sávban történt, ahogy az a keresztmetszetekből is látható volt. Az egyik közvetlenül a folyó menti, míg a másik a folyótól legtávolabbi, közvetlenül a parthoz kapcsolódó sáv, amely árvízkor vízvezető sávként működik (surrantó). A két sáv között pedig egy kis mértékű akkumulációval jellemezhető terület alakult ki.



33. ábra: A magasságviszonyok változása 2011 és 2012 között
(alaptérkép: GoogleEarth 2011)

A DDM segítségével meg lehet határozni azt is, hogy mekkora volt az övzátonyban akkumulált hordalék térfogata a két felmérés időpontjában. Ennek mennyisége 74,58 m-es tszf-i magasság felett 2011-ben 8136 m³, míg 2012-ben csak 7323 m³ volt. Ez rendkívül jelentős,

majdnem 10 %-os (-813 m^3) csökkenést jelent, ami a vizsgált területen 9 cm-es átlagos magasságcsökkenést okozott. Ez szintén kizárja azt a magyarázatot, hogy a formák a fürdőzők miatt tűntek el a területről, mert ha így történt volna, akkor az övzátonyban tárolódott hordalékmennyiség nem csökkent volna ekkora mértékben.

Az általános térszíncsökkenést támasztja alá az övzátony partvonalának megváltozása is az eltelt időszak alatt. Ennek vizsgálatát már az egész övzátony területére ki tudtam terjeszteni (34. ábra). Még ezen a kis felbontású ábrán is egyértelműen kirajzolódik, hogy a 2011-es partvonal (74,58 m Bf.) futásvonala jelentősen visszahúzódott az egész övzátony területén 2012-re. Ez pedig alátámasztja azt, hogy nemcsak az övzátony részletesen megvizsgált (folyásirányban felső) része, hanem annak egész területe erodálódik. Az erózió révén összesen 12 %-kal csökkent ($-2930,4 \text{ m}^2$) a vízzel nem elöntött terület nagysága -160 cm-es csongrádi vízállás esetén. Ez az övzátony kisebb területeken bekövetkező terjeszkedéséből ($+68,5 \text{ m}^2$), és az erózió miatti területveszteségéből ($-2998,9 \text{ m}^2$) adódott.



34. ábra: A partvonal (74,58 m tszf-i magasság) megváltozása 2011 és 2012 között
(alaptérkép: GoogleEarth 2011)

De nemcsak a terület- és hordalékveszteségben mutatkozik meg az övzátony eróziója, hiszen a partvonal tagoltsága is kisebb lett. Míg 2011-ben a partvonal hossza 855,8 m volt, addig ez 2012-ben már csak 590,5 m-t tett ki. Ez rendkívül jelentős, 30 %-os rövidülést jelent. Ez egyértelműen utal arra, hogy az övzátony magasságviszonyai homogénebbé váltak a vizsgált időszak alatt a folyásirányban felső rész formáinak eltűnésével, illetve az alsó részen kialakuló formák közötti kisebb magasságkülönbségekkel.

6. Összegzés

A dolgozatban a hosszú távú változások vizsgálatával kimutattam, hogy az 1838-2011 közötti időszakban a Körös-torkolat környéki Tisza szakaszon a meder folyamatos változásban volt. Mindhárom vizsgált kanyarulat húr hossza növekedett az 1838-1890 közötti időszakban. Ugyanakkor a szélesség és a középvonal hossza csak a torkolat feletti és a torkolat alatti kanyarulat esetén nőtt meg, a torkolati kanyarulatnál viszont csökkent. Ez a 84. számú, Serházzugi Holt-Tiszát lefűző átvágással magyarázható. A szabályozások hatására bekövetkező bevágódás és kisvízszintcsökkenés miatt 1890 után megindult a meder szélességének csökkenése, ami mindhárom vizsgált kanyarulatban jelentkezett. Ennek mértéke és a kanyarulatok tulajdonságai alapján a vizsgált három kanyarulatot két részre lehet osztani. A Körös-torkolat feletti és a torkolat alatti kanyarulatok szélessége 1890-től 2011-ig 40 %-kal csökkent. A húr- és az inflexiós pontok közötti középvonalhosszuk szintén csökkent vagy stagnált ebben az időszakban. Ezzel szemben a torkolatnál található kanyarulatban a meder csak 10 %-kal szűkült, a húr- (+7 %) és az inflexiós pontok közötti középvonal hossza (+18 %) pedig növekedett. Ez utóbbi utal a kanyarulat gyors fejlődésére. A kimutatott változások nagy része 1929-ig következett be, ugyanis az 1920-as, 1930-as években indult a partbiztosítások kiépítése (Kiss et al. 2008).

Mivel a torkolati kanyarulat fejlődése Csongrád települését veszélyeztette, ezért többször történt a 20. században a Körös-torkolatával együtt a kisvízi meder szabályozására kísérlet. Ezek a kisvízi szabályozási munkák azonban nem voltak teljesen sikeresek, ezért az ATIVIZIG jelenleg is az újabb beavatkozások előkészítésén dolgozik. A nemkívánt mederalakulást mutatja a torkolati kanyarulatban található 204/2-es-VO szelvényben 1976 és 1999 között tapasztalt bevágódás (+1 m) és mederszűkülés (-10 m) is, ami a szelvényterület majdnem 10 %-os csökkenésével járt.

A rövid távú méréseim (2011-től 2012-ig) eredményei is azt mutatják, hogy megváltozott a folyón az akkumuláció és erózió térbeli mintázata. A Körös-torokkal szemben elhelyezkedő övzátony folyásirányban felső felének átlagmagassága 9 cm-rel csökkent, ami 10 %-os (-813 m³) hordalékveszteséget jelent egyetlen év alatt. A magassága mellett az övzátornak a -160 cm-es csongrádi vízálláshoz tartozó, szárazon maradó területe is 12 %-kal csökkent (-2930 m²).

Az övzátonyon kisebb homokfodrok és közöttük mélyedések voltak megfigyelhetők mindkét időpontban. Ezek azonban egyik évben sem voltak megtalálhatóak az egész övzátony területén. 2011-ben annak folyásirányban felső részén, míg 2012-ben csak annak alsó részén

helyezkedtek el. 2011-ben a homokfodrok a mélyedéseknél átlagosan 30 cm-rel voltak magasabbak, 2012-ben ez az érték csak 18 cm volt (-40 %), ami arra utal, hogy az övzátony magasságviszonyai a vizsgált egy év alatt homogénebbé váltak. Ebben az időszakban csak kis- vagy középvízi vízállások fordultak elő, ezért csak az övzátony ilyen időszakokban történő fejlődését mutatják be eredményeim. A mederkitöltő vízszinteknél kisebb vízállásoknál bekövetkező eróziót támasztja alá az övzátony 1984 és 1997 közötti változása is. Ebben az időszakban kiugróan magas árvizek nem fordultak elő a Tiszán. Ekkor az övzátony általános magasság- és az akkumulált hordalék térfogatának 60 %-os csökkenését lehetett megfigyelni. Az alacsonyabb vízállások idején bekövetkező zátonypusztulást mutatta ki Kerekes (2009) a Maroson is. Ezzel szemben az 1997-2012 között megfigyelt akkumuláció (akkumulált hordalék térfogata: +38 %) magyarázható az időszakra jellemző magas árvizek építő hatásával. Ezt támasztják alá Sipos (2006) Maroson végzett mérései is. De ahhoz, hogy ennek pontos, egy-egy árvízre vonatkozó mértékét a vizsgálati területen ki lehessen mutatni, nagyobb árvizek levonulását követő további mérésekre van még szükség.

Az övzátony 2011-2012 közötti eróziójának kiváltó okaként két tényezőt lehet valószínűsíteni. Az egyik az 1976 és 1999 között a 204/2-es VO-szelvényben kimutatott, kisvízkor jelentkező mederszűkülés. Ilyen medergeometria mellett ugyanis a mederkitöltő vízállások idején a folyó mozgási energiája megnő, és a folyásirányban a szelvény alatt elhelyezkedő övzátonyt előntve, annak erózióját okozza. Ennek hatását erősíti a másik tényező, ami a 244,484. fkm-nél, a jobb parton 1998-ban megépített kisvízi terelőmű.⁸ Ezzel a folyó áramlását úgy módosították, hogy az övzátony területén megnőtt annak sebessége, így a mederkitöltő vízszint alatt 4-5 m-rel elhelyezkedő övzátony intenzív pusztulásnak indult.

⁸ <http://www.atikovizig.hu/karelhx/arviz.aspx> 2012. 10. 30.

7. Irodalomjegyzék

- Alföldi L. – Schweitzer F. 2003:** A Tisza vízrendszerének földrajzi és hidrológiai jellemzése. In: Teplán I. (szerk.): A Tisza és vízrendszere 1. MTA Társadalomkutató központ, Budapest, 41-53. p.
- Andó M. – Vágás I. 1972:** A Tisza-völgy 1970. évi nagy árvize. Földrajzi Közlemények. 96/1. 18-37. p.
- Andó M. 1969:** Az Alsó-Tiszavidék domborzatának kialakulása és mai képe. In: Marosi S. – Szilárd J. (szerk.): A Tiszai Alföld 2. Akadémiai Kiadó, Budapest, 142-146. p.
- Andó M. 1983:** A természeti környezet adottságainak és erőforrásainak értékelése. In: Krajkó Gy. – Mészáros R. (szerk.): Csongrád megye gazdasági földrajza. TIT Csongrád megyei szervezete, Szeged, 11-64. p.
- Andó M. 1996:** Mindszent természeti földrajza. In: Juhász A. (szerk.): Mindszent története és népelete. Mindszent város önkormányzata, Mindszent, 13-32. p.
- Andó M. 2002:** A Tisza vízrendszer hidrogeográfiája. Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi Tanszék, Szeged, 168 p.
- Balogh K. 1992:** Szedimentológia 1. Akadémiai Kiadó, Budapest, 131-187. p.
- Botár I – Károlyi Zs. 1971:** A Tisza szabályozása (1879-1944). Vízügyi Dokumentációs és Tájékoztató Iroda, Budapest, 85 p.
- Bridge, JS. 2003:** Rivers and floodplains: forms, processes, and sedimentary record. Blackwell, Oxford, 491 p.
- Church, M – Jones, D. 1982:** Channel bars in gravel bed rivers. In: Gravel-bed rivers, Hey, RD – Bathurst, JC – Thorne, CR (eds). Wiley, Chichester. 291-338. p.
- Csoma J. – Zorkóczy Z. 1969:** A folyószabályozás tervezésének egyes kérdései. In: Bogárdi I. (szerk.): Korszerű folyószabályozás. Vízügyi dokumentációs és Tájékoztató Iroda, Budapest, 81-102. p.
- Csoma J. 1973:** A korszerű folyószabályozás alapelvei és módszerei. Vízügyi Dokumentációs és Tájékoztató Iroda, Budapest, 155 p.
- Csoma J. 1979:** Folyószabályozás. In: Stelczer K. – Csoma J.: Ármentesítés, árvízvédelem, folyószabályozás. Tankönyvkiadó, Budapest, 110-185. p.
- Dóka K. 1997:** A Körös és Berettyó vízrendszer szabályozása a 18-19. században. Békés Megyei Levéltár, Gyula, 345 p.
- Dövényi Z. (szerk.) 2010:** Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 190-195. p.

- Dunka S. – Fejér L. – Vágás I. 1996:** A veritékes honfoglalás. Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény, Budapest, 215 p.
- Gulyás K. 2000:** Ármentesítés és szabályozás a Tisza-völgyében. In: Bellon T. (szerk.): „A Tisza-völgy: fajtánk bölcsője”: Ezer év a Tisza mentén. Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Múzeumok igazgatósága, Szolnok, 215-240. p.
- Horváth S. 1969:** A folyószabályozás és a jégjelenségek kapcsolata. In: Bogárdi I. (szerk.): Korszerű folyószabályozás. Vízügyi dokumentációs és Tájékoztatási Iroda, Budapest 71-81. p.
- Iványi B. 1948:** A Tisza kisvízi szabályozása. Vízügyi Közlemények. 30/2. 131-159. p.
- Károlyi Zs. 1973:** A magyar vízi munkálatok rövid története különös tekintettel a vizek szabályozására. In: Ihrig D. (szerk.): A magyar vízszabályozás története. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 23-151. p.
- Kerekes Zs. 2009:** Morfológia és hordalékegyenleg vizsgálata geoinformatikai módszerekkel a Maros apátfalvi szakaszán. Diplomamunka. Szeged, Kézirat
- Kevéné Herczeg M. 1996:** Kisvízi szabályozások és vízjárásra gyakorolt hatásuk a Közép- és Alsó-Tiszán. Hidrológiai Közlöny. 76/5. 272-282. p.
- Kiss T. – Fiala K. – Sipos Gy. 2008:** Alterations of channel parameters in response to river regulation works since 1840 on the Lower Tisza River (Hungary). Geomorphology, 98. 96-110. p.
- Kiss T. – Hernesz P. 2011:** Az Alsó-Tisza-vidék árterének geomorfológiai jellegzetességei és kora. Földrajzi Közlemények. 135/3. 261-274. p.
- Lászlóffy W. – Somogyi S. 1969:** Az Alsó-Tiszavidék vízrajza. In: Marosi S. – Szilárd J. (szerk.): A Tiszai Alföld 2. Akadémiai Kiadó, Budapest, 150-163. p.
- Lászlóffy W. 1969:** A Tisza. In: Marosi S. – Szilárd J. (szerk.): A Tiszai Alföld 2. Akadémiai Kiadó, Budapest, 11-26. p.
- Pálfai I. 2001:** Magyarország holtágai. Közlekedési és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 231 p.
- Sándor A. 2011:** A hullámtér-feltöltődés folyamatának vizsgálata a Tisza középső és alsó szakaszán. Doktori (PhD) értekezés. Szeged, Kézirat
- Sipos Gy. 2006:** A meder dinamikájának vizsgálata a Maros magyarországi szakaszán. Doktori (PhD) értekezés. Szeged, Kézirat
- Sipos L. 1969:** Folyószabályozás a Felső-Tisza vidékén. In: Bogárdi I. (szerk.): Korszerű folyószabályozás. Vízügyi dokumentációs és Tájékoztatási Iroda, Budapest, 126-133. p.
- Somogyi S. – Antal E. – Járó Z. – Várallyai Gy. 2000:** Az elvégzett természetátalakító munkálatok ökológiai hatásai. In: Somogyi S. (szerk.): A XIX. századi folyószabályozások

- és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 165-230. p.
- Somogyi S. 1969:** Az Alsó-Tiszavidék vízrajzának általános áttekintése. In: Marosi S. – Szilárd J. (szerk.): A Tiszai Alföld 2. Akadémiai Kiadó, Budapest, 150-153. p.
- Somogyi S. 2003:** A Tisza vízgyűjtőjének földrajzi helyzete. In: Teplán I. (szerk.): A Tisza és vízrendszere 1. MTA Társadalomkutató központ, Budapest, 17-28. p.
- Szabó I. 2000:** A Tisza és mellékfolyói a befolyás sorrendjében (Összeállítás). In: Bellon T. – Gulyás É. – Kertész R. – Sári Zs. – Szabó L. – Vadász I. (szerk.): „A Tiszavölgy: fajtánk bölcsője” Ezer év a Tisza mentén. Tisza Nyomda Kft, Szolnok. 453-466. p
- Széchenyi I. 1846:** Eszmetöredékek, különösen a Tisza-völgy rendezését illetőleg. Hasonmás kiadó, Szeged, Reprint kiadás, 1991, 75 p.
- Szlávik L. – Galbáts Z. – Kiss A. – Kisházi P. – Rátky I. 1999:** A Fehér-, Fekete- és Kettős-Körös árvizei, árvízvédelmi rendszere és a Kisdelta szükségtározó. Vízügyi Közlemények, 81/4. 543-614. p.
- Tóth A. 2000:** A Tisza-völgy vízrajzi állapotának változása a történelem folyamán. In: Bellon T. – Gulyás É. – Kertész R. – Sári Zs. – Szabó L. – Vadász I. (szerk.): „A Tiszavölgy: fajtánk bölcsője” Ezer év a Tisza mentén. Tisza Nyomda Kft, Szolnok. 15-30. p.
- Törőcsik Gy. 1969:** Folyószabályozási feladataink. In: Bogárdi I. (szerk.): Korszerű folyószabályozás. Vízügyi dokumentációs és Tájékoztatási Iroda, Budapest 7-19. p.
- Tóry K. 1969:** A folyószabályozás fejlődése Magyarországon. In: Bogárdi I. (szerk.): Korszerű folyószabályozás. Vízügyi dokumentációs és Tájékoztatási Iroda, Budapest 23-31. p.
- V. Nagy I. 1969:** A mesterséges csavarmozgás alkalmazása a folyószabályozásban. In: Bogárdi I. (szerk.) Korszerű folyószabályozás. Vízügyi dokumentációs és Tájékoztatási Iroda, Budapest, 102-105. p.
- Vágás I. 1982:** A Tisza árvizei. Budapest, 283 p.
- Vágás I. 2007:** Második honfoglalásunk: A Tisza-völgy szabályozása. Hidrológiai Közlöny 87/3. 30-38. p.
- Vázsonyi Á. 1973:** Az egyes vízvidékek szabályozási munkáinak története: A Tisza-völgy vizeinek szabályozása. In: Ihrig D. (szerk.): A magyar vízszabályozás története. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 281-373. p.
- Vízrajzi Évkönyv 2000:** 111. „VITUKI” Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet Nonprofit Közhasznú Kft. Budapest
- Vízrajzi Évkönyv 2006:** 111. „VITUKI” Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet Nonprofit Közhasznú Kft. Budapest