

Folyómeder-mintázatok kialakulásának vizsgálata laborkísérletek segítségével

PhD értekezés

Szerző:

KISS KINGA

Földtudományok Doktori Iskola
Térképészeti és Geoinformatikai Tanszék

Témavezető:

DR. BUGYA TITUSZ

Térképészeti és Geoinformatikai Tanszék

Doktori Iskola vezetője:

PROF. DR. GERESDI ISTVÁN

Földtani és Meteorológiai Tanszék



Pécsi Tudományegyetem

2021. október 20.

1. fejezet

Bevezetés és célkitűzés

A folyómedrek mintázatának kialakulása régóta foglalkoztatja a folyóvizekkel foglalkozó geomorfológusokat, azonban léteznek olyan folyamatok, mederformák, melyek kialakulására továbbra is keressük a választ. Ez annak következménye, hogy egy medermintázat kialakulásában rengeteg tényező játszik szerepet kezdve a vízfolyás vízhozamától, az éghajlaton, földtani szerekezeten, völgyomorfológián keresztül egészen az antropogén hatásokig, valamint vegetációig. A folyók különböző hatásokra változatos reakciókat adnak, melyek a medermintázatban nyilvánulnak meg, tehát egy folyó medermintázata végeredményben utal a folyó mentén bekövetkezett változásokra, annak belső folyamataira.

A folyómeder-mintázatok vizsgálata, az egyes tényezők változása következtében adott reakciók megismerése több szempontból is szükséges. Az antropogén hatások egyre erőteljesebben befolyásolják a folyómedrek mintázatát, geomorfológiai jellemzőit, melyek ezen rendszerek önszabályozó folyamatait, formáit nagymértékben befolyásolják. Az ilyen antropogén hatások sokfélék lehetnek: duzzasztógát építése, meder átalakítása, szabályozása, árvízvédelmi rendszerek építése, partbiztosítás, a meder elterelése, vagy akár a területhasználat megváltoztatása az adott vízfo-

lyás mentén. A területhasználat módosítása például megváltoztathatja a vízfolyás lefolyásviszonyait, melynek hatására jelentős mértékben megváltozhat annak medermintázata. Természetes folyamatok is befolyásolják a mintázatok kialakulását, de általában az antropogén és természetes hatások egyidejűleg hatnak a vízfolyásokra. Ezek a mintázatot kialakító tényezők viszonylagos jelentősége minden vízfolyás esetében különböző. Megállapítható, hogy laboratóriumban előállított medrek esetében is hasonló folyamatok mennek végbe, mint egy természetes folyó mentén. Az első lépés ezen folyamatok és a medermintázatok megértésében, hogy különböző mintázatú folyókat megvizsgálunk, valamint lehetséges folyamatokat, tényezőket, melyek azt kialakíthatták. Jelen kutatás tehát a folyómeder–mintázatok kialakító tényezőkkel foglalkozik. A medermintázat kifejezés egy folyószakaszra jellemző, mely lehet egyenes, kanyargós vagy meanderező, fonatos, valamint szövedékes. A medermintázat-típusok azonban nem különíthetőek el egyértelműen ezekbe a kategóriákba, hiszen a természetben jellemzően átmeneti típusokat figyelhetünk meg. A medermintázatok csoportosítása általában valamilyen folyamat alapján történik, tehát a kérdésünk az, hogy milyen külső és belső folyamatok alakítják az egyes mintázatokot. Ahhoz, hogy valamilyen természetben előforduló folyamatot vizsgálhassunk, lehetőségünk van modellek, tehát a valóság egyszerűsített változatainak segítségével vizsgálni. Ebből a célból a Pécsi Tudományegyetemen kialakítottunk egy terepasztalt, melynek segítségével különböző paraméter-beállításokkal végezhetünk kísérleteket. A fent említett tényezők a terepasztalon állíthatóak, míg mások állandóak egy kísérlet során. A változó paraméterek a lejtés, a vízhozam, valamint a kísérleti anyag szemcsemérete. A Pécsi Tudományegyetemen megépített hidrológiai laboratóriumban a folyómedrek hosszútávú természetes változása figyelhető meg, hiszen a folyamatok sokkal gyorsabban zajlanak, mint a

természetben. Így lehetőségünk van az egyes paraméterek változásának következtében kialakult átalakulások nyomon követésére. A munka során a különböző paraméter-beállításokkal kialakult medermintázatokat vizsgáljuk, így céljaink a következőkben foglalhatóak össze:

1. Elsődleges célunk annak vizsgálata, hogy a terepasztalon kialakulnak-e a természetben megfigyelhető medermintázatokat. Kutatásunk egyik kérdése, hogy melyek ezek a formák és valóban ugyanazokhoz a medermintázatokhoz kapcsolódnak-e, mint a természetben.
2. Megvizsgáljuk, hogy a vízhozam és lejtés függvényében valóban a szakirodalmi adatokhoz hasonlóan alakulnak-e a medermintázatok.
3. Célunk annak megállapítása, hogy kialakulhat-e egyáltalán meanderező medermintázat az általunk használt kísérleti anyag szemcseméret tartományában.
4. A medermintázatok klasszifikációjának megállapítására mely indexek alkalmasabbak laborkísérletek során előállított medrek és valós vízfolyások értelmezése esetében is.
5. Megvizsgáljuk, hogy milyen összefüggések vannak a modell térben kialakult medermintázatokat leíró indexek között.
6. A laboratóriumbanban kialakult folyók mintázata miben különbözik a természetes folyók mintázatától ugyanazon feltételek mellett természetesen az említett kompenzációt figyelembe véve. Miben különböznek az egyes paraméterek és indexek értékei a kisminta modell térben kialakult és a valóságban látható mintázatok összehasonlításakor.

2. fejezet

Kutatási módszerek

A kísérletek kivitelezéséhez a *Pécsi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézetében* 2012 óta megtalálható áramlástan-i terepasztalt használtuk, mely hidromorfológiai és tektonikai modellezés céljából született. A kísérletek a $4,4 \times 2,3$ m méretű modell térben zajlanak. A modellezés célja, hogy a valóságban lezajló morfológiai folyamatokat tanulmányozhassuk egyszerűsített, kicsinyített formában.

A terepasztal a PTETHYS nevet viseli, mely *Project for Tectonical and Hydrological Simulations* szóösszetételből származik. Kísérleti tere két tengely mentén dönthető, valamint kétoldali, oldalirányú és függőleges tolólapokkal rendelkezik, melyek segítségével tektonikai folyamatok modellezhetőek. A terepasztal számítógéppel vezérelt. A kísérleti tér anyaga 0,2–1 mm méret-tartományú kőzetörlemény. Bézs színű mészkőből készült a 0,2 mm-es osztály, vörös márványból a 0,6 mm-es, a 0,8 mm-es kategóriához fekete andezitdarálmányt, az 1 mm-es szemcseméretrehez szürke bazaltot alkalmaztunk.

A medermintázatok kialakulása során jól észrevehető, hogy az asztal paramétereinek változtatásával a természetben is megfigyelhető jelenségeket tudtuk megfigyelni: az alsó-, közép- és

felsőszakasz-jellegű hidromorfológiai formák egyaránt kialakulnak.

A kísérletek alatt folyamatos felvételezés zajlik, melyet 8 db, a terepasztal felett elhelyezett konzolra rögzített kamera végez, így meghatározott időintervallumonként 8 db kép készül a modelltér-ről, melyekből fotogrammetriai módszerek segítségével készítjük el a 3D modelleket, majd magassági modelleket és ortofotókat. A pontos modellek előállításához szükség van referencia-pontokra: a mi esetünkben ezek a kamerák koordinátái, valamint a kísérleti térben elhelyezett markerek koordinátái. Ezen koordináták pontossága, valamint a felvételek nagy felbontása teszi lehetővé nagy pontosságú modellek elkészítését.

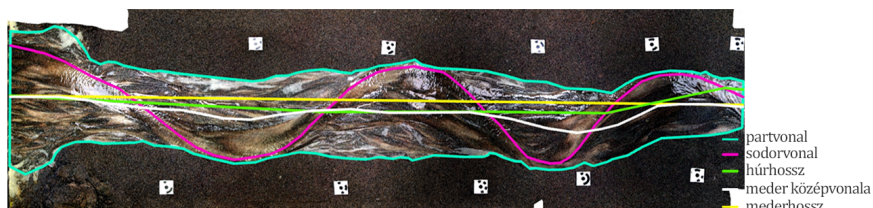
Ahhoz, hogy a feldolgozás során az elkészített modellek térbeli referenciával rendelkezzenek és mérhetőek legyenek, szükséges egy koordináta-rendszer megállapítása. Erre a célra létrehoztunk egy helyi koordinátarendszert a laboratóriumban. Ebben a helyi koordináta-rendszerben mérjük a kamerák és a markerek pontos elhelyezkedését. A markereket a modellek elkészítésére használt fotogrammetriai szoftver generálja, így azokat a feldolgozás során automatikusan felismeri. A markerek estében fontos az elhelyezés: a lehető legtöbb felvételen láthatónak kell lenniük, és úgy kell elhelyezni, hogy lehetőleg ne mozduljanak el a kísérlet során. Ha a kísérlet során egy marker mégis elmozdul vagy vizes lesz, a feldolgozás során az adott felvételtől kezdve már nem használható. Elhelyezésük akkor a optimális, ha eloszlásuk egyenletes.

A kísérletek során elkészített felvételek feldolgozásához az *Agisoft Metashape* fotogrammetriai szoftver 1.6-os verzióját használjuk. A felszínmodellek és ortofotók értékeléséhez *ArcGIS Pro* szoftver 2.7-es verzióját használjunk.

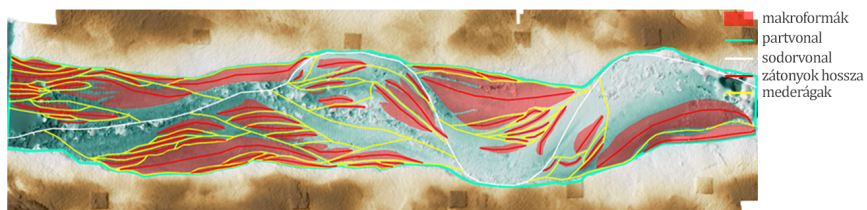
A kísérletek alatt kialakuló medrekre számítottunk kanyargóssági és fonatosodási indexeket, mely segítségünkre volt a meder-

mintázat megállapításában.

A morfolometriai mérőszámok megállapításához használt rétegeket a 2.1. és 2.2. ábrák szemléltetik.



2.1. ábra. A futásfejlettség indexek számításához létrehozott rétegek.



2.2. ábra. A fonatosodási indexek számításához elkészített rétegek.

3. fejezet

Eredmények összefoglalása

Fontos kiemelni, hogy kísérleteink elsősorban a valóságban megjelenő medermintázatok típuspéldái, melyek egy hosszabb távú kutatást megelőző felmérést szolgálnak. Kutatásunk során szisztematikusan változtattuk a paramétereiket, hogy elkülönítsünk olyan vízhozam- és lejtésbeállításokat, melyekből alapvető következtetések levonhatóak, melyek mentén a kutatás megfelelő irányban folytatható. Ekkora mennyiségű kísérlet alkalmas arra, hogy nagy számosságú átfogó statisztikai elemzés nélkül trendeket, irányokat jelöljön ki.

A célként megfogalmazott kérdéseinkre az alábbi következtetésekre jutottunk:

1. A kísérletek bizonyították, hogy a fizikai kisminta modell térben valóban kialakulnak a természetben megfigyelhető medermintázatok, valamint az azok kialakulásában szerepet játszó folyamatok és formák. A paraméterbeállításainkkal végzett kísérletek során azonban egyértelműen meanderező meder nem alakult ki, mely valóban kanyargó partvonallal rendelkezik és kanyargóssági indexe eléri az 1,3-es értéket. Laboratóriumi

kísérleteink során a legmagasabb érték 1,23.

Megfigyelhető volt vándorló, fonatos és szövedékes medermintázat is, azonban olyan meanderező folyómedermintázat nem. Ezek a típuspéldák különböző paraméterekkel futtatva felhasználhatóak további kutatások kiindulópontjaként, melynek során pontosíthatóak eredményeink és átfogó statisztikai elemzésre is lehetőséget nyújtanak.

2. Általánosságban elmondható, hogy a kísérleteinket valamivel magasabb lejtésen végeztük, mint a korábbi, klasszikus (pl. Schumm, Khan) kutatások során. Megállapítottuk, hogy ennek változásával valóban hasonló módon változnak a medrek mintázatai. A kísérleteink lejtése $2-5^\circ$ volt. Megállapítottuk, hogy 5° -nál nagyobb lejtést nem célszerű használnunk a természetben megfigyelhető folyók lejtését figyelembe véve. Ha az alsó határlejtésnél kisebb lejtést használtunk a terasztalon, akkor nagyon lassan indul meg a mederfejlődés, 2° alatt csak areális vízborítás alatt áll a kísérleti anyag. A természetben ennél sokkal kisebb lejtésen alakulnak ki a fent említett medermintázatok, azonban a modellter skálázása során a hasonlóság elérése érdekében ennél magasabb értékkel dolgoztunk. Megállapítottuk, hogy ennek oka a kísérletek során használt szemcseméret-tartomány valóságához való közelségének problémája miatt áll fenn.

3. A modellkísérletek során a meanderező folyókat vizsgáló kísérleteink alatt a kanyargós főág kialakult, azonban a meanderező medermintázat teljességében ilyen feltételekkel nem fejlődött ki. Megállapítottuk, hogy a meanderező meder kialakulásához elsősorban a partok állékonyságát kell növelnünk, ahogyan azt korábbi ku-

tatások is mutatják. Laborkísérleteink során a szemcseméret 0,2-1 mm-es nagyságú, mégis arányaiban mobilisabb, mint hasonló szemcseméretű valós folyók esetében. A part állékonyságát mesterségesen kialakított völgy segítségével növeltük. Eddigi kísérleteink során eddig ezzel a módszerrel is csak vándorló típusú medermintázat alakult ki.

4. A medermintázatok értékelésére, mintázatuk megállapítására több kanyarfejlettségi- és fonatosodási indexet is használtunk. Ezen mintázatok levezetésére egzakt térinformatikai eljárásokat, módszereket dolgoztunk ki. A kanyarfejlettséget jellemző indexek (Leopold–Wolman, Rust, Freind–Sinha, Szabó) értékeinek vizsgálatából látható, hogy hasonló képet mutatnak a kísérletek során. Ugyanez elmondható és a fonatosodás mértékét leíró indexek (Richards, Rust, Friend–Sinha, Brice) esetében is. Kutatásunkkal bizonyítottuk, hogy ezen indexek jól használhatóak természetes folyók és a laborkísérletek vízfolyásainak elemzésére is, így a különböző mutatószámok megfelelő alapot biztosítanak valós és laboratóriumban kialakult vízfolyások kvantitatív összehasonlítására.

A szakirodalmi adatok alapján a szélesség–mélység arányának megállapítása is fontos természetes folyók és laborban előállított vízfolyások összehasonlítására. Ahogy a természetben is, a kanyargós, vándorló medermintázatú vízfolyások azonos szélesség mellett mélyebbek, mint a fonatos medrek.

5. A statisztikai elemzések azt mutatják, hogy a különböző típusú indexek, mind a kanyarfejlettséget, mind a fonatosodást mérők egymással összhangban hasonló képet mutatnak az egyes kísérletekről. A kísérleteink-

kel bizonyítottuk, hogy a lejtés nagyban befolyásolja a fonatosodás ütemét, mely nagyobb lejtés esetén gyorsabb. Bemutattuk, hogy a laboratóriumi kísérletekkel is alá tudjuk támasztani, hogy a két típusú indexek között összefüggés mutatható ki, tehát a kanyarfejlettségi és fonatosodási indexek esetében, ha előbbi csökkenő, akkor utóbbi növekvő tendenciát mutat. Ezek alapján megállapítható, hogy a folyómedrek digitális reprezentációjának előállítása során annak formáit és folyamatait jól határozottuk meg, az ezekből levezetett indexek értékeinek meghatározása megfelelően történt.

6. Megállapítottuk, hogy a modellterben a fonatos, szövedékes, valamint fattyúgás típus morfológiája sokban hasonlít a természetes folyókra és hasonló folyamatok alakítják ki azokat.

Megfigyeltük, a fonatos és szövedékes medrekben az aktív mederág(ak) laboratóriumi kísérletek során is folyamatosan vándorolnak. Ezekben a medrekben a mederágak hálózata végülis a fő ág vándorlásának története. Megállapítottuk, hogy a fonatos-szövedékes medrekben a mederágak teljes hossza fokozatosan növekszik a kísérletek előrehaladtával, melyet a fonatosodási indexekkel is alátámasztottuk. Megállapítottuk, hogy ezen mintázatok kialakulása szorosan kapcsolódik a részleges avulziós folyamatokhoz, a mederátelyeződéshez, a fő ág kanyargósságának megváltozásához, mely valójában az egész fonatos-szövedékes medret alakítja ki.

Az avulziós folyamatok mértéke csökkenthető völgy kialakításával, így nem szövedékes-fonatos, hanem inkább kanyargós főággal rendelkező medrek alakulnak, melyek övzátonyokat is építenek. Ezek az övzátonyok

felépítésükben, morfológiájukban hasonlóak a természetes folyók övzátonyaihoz.

Ha nem a teljes medermintázatot nézzük, az őket felépítő folyamatok is hasonlóak a természetben megfigyelhető folyamatokhoz: ugyanolyan zátonytípusok alakulnak ki és típusaik aránya, valamint teljes medertérülethez viszonyított arányuk is hasonló képet mutat. Laborkísérletek során a zátonyok a szélesebb mederszakaszokon alakulnak ki, a szűkebb szakaszokon elsősorban oldalzátónyok jellemzőek.

A kisminta modell térben végzett folyóvízi kísérleteink során bizonyítottuk, hogy a modell tér alkalmas a valóság leképezésére. A természetes és modell térben zajló folyamatok összehasonlításakor bizonyítottuk, hogy melyek azok a hatótényezők, faktorok, amelyek a modell térből átültethetőek a valóságos megfigyelésekre.

PUBLIKÁCIÓS LISTA

A DISSZERTÁCIÓ TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

- I. Balogh András, **Kiss Kinga** Photogrammetric processing of aerial photographs acquired by UAVs. *Magyar Régészet, 2014. tavasz*
- II. Balogh András, **Kiss Kinga**, Schnur Tamás, Szabó Máté Fénykép-alapú 3D dokumentáció a római villakutatásban. *Várak Kastélyok Templomok, 2014. pp. 20–23.*
- III. **Kiss Kinga**, Halmai Ákos, Czigány Szabolcs, Balassa Bettina, Bugya Titusz, Lóczy Dénes, Pirkhoffer Ervin Deltatorolat az alagsorban!?: Kismintás hidromorfológiai vizsgálatok *In: Boda, J (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában : Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás VI., Debrecen, Magyarország : Debreceni Egyetemi Kiadó, (2015) pp. 217-223. , 7 p.*
- IV. Halmai Ákos, **Kiss Kinga**, Hervai András, Máté Kornél, Czigány Szabolcs, Pirkhoffer Ervin Tektomorfológiai vizsgálatok fizikai kisminta modelleken *In: Balázs, B (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában*

VIII. = *Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország : Debreceni Egyetemi Kiadó, (2017) pp. 127-132. , 6 p.*

- V. Czigány Szabolcs, Császár Zsuzsa, **Kiss Kinga**, Halmai Ákos, Lóczy Dénes, Nagyvárad László, Pirkhoffer Ervin Playing on reality: do geomodels improve the perception of geographical terms? *International Research in Geographical and Environmental Education 27 : 2 pp. 149-164. , 16 p. (2018) (SJR: Q2)*
- VI. Czigány Szabolcs, Nagyvárad László, Pirkhoffer Ervin, Halmai Ákos, Klimász Kitti, **Kiss Kinga**, M. Császár Zsuzsanna, Varjas János Lehetőségek a problémaorientált földrajzoktatás hatékonyságának növelésére a Pécsi Tudományegyetem terepasztala segítségével *Geometodika: Földrajz Szakmódszertani Folyóirat 2 : 1 pp. 25-34. , 10 p. (2018)*
- VII. **Kiss Kinga**, Czigány Szabolcs, Valkay Alexandra Ilona, Marcin Słowik, Remigiusz Tritt, Adam Marciniak, Balogh Richárd, Dezső József, Lóczy Dénes, Dezső, József, Lóczy Dénes, Halmai Ákos, Pirkhoffer Ervin A magyarországi kisvízfolyások paleomedervizsgálatának modellezése *In: Molnár, Vanda Éva (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X.: Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország : Debreceni Egyetemi Kiadó, (2019) pp. 147-152. , 6 p.*
- VIII. Halmai Ákos, Gradwohl-Valkay Alexandra, Czigány Szabolcs, Ficsor Johanna, Liptay Zoltán Árpád, **Kiss Kinga**, Lóczy Dénes, Pirkhoffer Ervin Applicability of a Recreational-Grade Interferometric Sonar for the Bathymetric Survey and Monitoring of the Drava River *International Journal of Geo-Information 9(3):149 (SJR: Q1)*

- IX.** Marcin Słowik, **Kinga Kiss** ✉, Szabolcs Czigány, Alexandra Gradwohl-Valkay, József Dezső, Ákos Halmi, Adam Marciniak, Remigiusz Tritt, Ervin Pirkhoffer The influence of changes in flow regime caused by dam closure on channel planform evolution: Insights from flume experiments *Environmental Earth Sciences* 80, 165 (2021). (SJR: Q2)

A DISSZERTÁCIÓ TÉMÁJÁHOZ SZOROSAN NEM KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

- X.** Kiss Kinga A magyarországi mentőállomások átszervezési lehetősége térinformatikai módszerrel. *BSc szakdolgozat, 2012*
- XI.** **Kiss Kinga** A települések mentőkiérési adatainak meghatározása térinformatikai módszerekkel: A felhasznált adatbázis létrehozása, a kiérési adatok számítása és elemzése. *OTDK dolgozat, 2013*
- XII.** Bugya Titusz, **Kiss Kinga** A hazai mentőellátás területi optimalizációjának geoinformatikai megközelítése. *Területfejlesztés és Innováció 2013/2 pp. 32–39.*
- XIII.** **Kiss Kinga**, Bugya Titusz Nyílt forrású térinformatikai rendszerek használata az ökológiai térképezésben és elemzésben. *Modern Geográfia 2014/4 pp. 51–62.*
- XIV.** **Kiss Kinga** Automatizált térinformatikai adatfeldolgozási és elemzési eljárások kidolgozása összehasonlító tájökölógiai vizsgálatokhoz. *MSc diplomamunka, 2014*
- XV.** **Kiss Kinga** Térinformatikai adatfeldolgozási és -elemzési eljárások automatizálása összehasonlító tájökölógiai vizsgálatokhoz GRASS GIS segítségével *Természetföldrajzi Köz-*

lemények a Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézetéből
2014 : 2 pp. 1-11. , 11 p. (2014)