

Pécsi Tudományegyetem  
Természettudományi Kar  
Földrajzi Intézet

# Az ASTER GDEM értékelése és geomorfológiai alkalmazhatóságának vizsgálata ártéri mintaterületen

Készítette:  
**Józsa Edina**  
Geográfus MSc

Témavezető:  
**Dr. Fábián Szabolcs Ákos**  
PTE TTK FI



2013

## **Tartalomjegyzék**

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. ABSZTRAKT .....</b>                                                | <b>2</b>  |
| <b>2. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS .....</b>                                    | <b>3</b>  |
| 2.1. Problémafelvetés, a téma aktualitása .....                          | 3         |
| 2.2. Célkítűzés.....                                                     | 5         |
| 2.3. A vizsgálati terület bemutatása.....                                | 6         |
| 2.3.1. A terület lehatárolása .....                                      | 6         |
| 2.3.2. Természeti és társadalmi viszonyok .....                          | 7         |
| <b>3. KUTATÁSTÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS.....</b>                               | <b>11</b> |
| <b>4. KUTATÁSI MÓDSZEREK .....</b>                                       | <b>13</b> |
| 4.1. Digitális magassági adatrendszerek megkülönböztetése .....          | 13        |
| 4.2. A felhasznált magassági modellek és a területhasználati térkép..... | 14        |
| 4.2.1. ASTER GDEM.....                                                   | 14        |
| 4.2.2. A topográfiai és a referencia DDM.....                            | 16        |
| 4.2.3. A referencia DDM kiválasztásának indoklása .....                  | 19        |
| 4.2.4. Területhasználati térkép.....                                     | 19        |
| 4.3. Felhasznált szoftverek .....                                        | 20        |
| 4.4. A kutatás során végrehajtott műveletek .....                        | 21        |
| <b>5. EREDMÉNYEK .....</b>                                               | <b>35</b> |
| 5.1. A domborzati viszonyok elemzése .....                               | 35        |
| 5.1.1. A modellek sajátosságai.....                                      | 35        |
| 5.1.2. A megállapított hibák és javításuk eredményei .....               | 40        |
| 5.2. Az ártéri szintek felderítésének eredményei.....                    | 44        |
| <b>6. DISZKUSSZIÓ .....</b>                                              | <b>46</b> |
| <b>7. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA, KITEKINTÉS.....</b>                  | <b>48</b> |
| <b>8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....</b>                                       | <b>50</b> |
| <b>IRODALOMJEGYZÉK .....</b>                                             | <b>51</b> |
| <b>MELLÉKLETEK.....</b>                                                  | <b>58</b> |

## 1. Absztrakt

A kutatás során egy olyan eljárás kidolgozására törekedtem, amellyel a kiválasztott *ASTER GDEM V2* magassági modell – az adott felszín típusok mellett – módosítható úgy, hogy geomorfológiai vizsgálatokban való felhasználásra alkalmassá váljék.

Az említett modell alkalmazása érdekében elengedhetetlen a vertikális pontosság megállapítása, a domborzati- és felszínborítottsági tényezők figyelembe vételével a magassági adatok szükséges mértékű javítása. A korrigált modellre alapozva nyílt lehetőség az ártéri szintek *R script* segítségével történő meghatározására.

Annak ellenére, hogy az *ASTER GDEM*-et egyre szélesebb körben használják fel a világban geomorfológiai vizsgálatok során, hazánkban nem elterjedt gyakorlati alkalmazása. A kis magasságkülönbségekkel elkülönülő ártéri makroformák elhelyezkedésének feltárására irányuló kutatás a modell alkalmazási lehetőségeinek egy kevésbé kibontakozott iránya.

A *GDEM* magassági hibáinak meghatározását a valós domborzat reprezentálására szolgáló, szintvonalakból előállított *DDM* felhasználásával végeztem. A hibák területi elhelyezkedéséről és pontos értékeiről a szakirodalomban leírt módon, vizuális és statisztikai hibakeresési módszerek segítségével szereztem információt. Dolgozatom azonban túlmutat a hibák jelenlétének bizonyításán és sajátosságaik feltárásán, kísérletet tesz azok mérséklésére, korrigálására is.

A referencia *DDM* segítségével felderített kiugró hibák javítására – a kutatás további lépéseinek sikeressége érdekében – szükséges volt egy megfelelő eljárás kidolgozása, az alkalmazott *GRASS GIS* szoftver lehetőségeivel gazdálkodva. A hibák végső korrigálását a különböző domborzati- és felszínborítottsági viszonyok esetében megállapított értékek alapján hajtottam végre.

Magyarország területének 84%-a 200 m tengerszint feletti magasság alatt helyezkedik el, az összterület több mint 30%-a pedig morfológiai ártér is (SOMLYÓDY L. 2002). A bemutatott eljárás sikeressége esetén várható lenne, hogy szélesebb körben terjedjen el ehhez hasonló adottságú földrajzi helyeken ennek a bárki számára ingyenesen elérhető domborzatmodellnek a geomorfológiai alkalmazása.

**Kulcsszavak:** globális digitális domborzatmodell, geoinformatika, Tolnai-Sárköz, ártéri makroformák

## 2. Bevezetés, célkitűzés

### 2.1. Problémafelvetés, a téma aktualitása

A digitális domborzatmodellek az elmúlt évtizedekben – az analóg térképek kiváltásával – széles körben elterjedt termékei lettek a földfelszínre vonatkozó információgyűjtésnek, valamint egyre több esetben váltak a terep tulajdonságaira irányuló kutatások eszközévé is (TOZ, G. – ERDOGAN M. 2008). Az új adatforrások és a felszínelemző eljárások fejlődése újabb lehetőségeket nyitottak a terepi mérések, vizsgálatok mellett a domborzati viszonyok geoinformatikai alapú értékelésére (GRIFFITHS, J. S. et al. 2011). A GIS szoftverek, a domborzatmodellezési eljárások és a távérzékeléssel nyert magassági adatbázisok alkalmazhatóságának javulása változást hoztak a geomorfológiai kutatásokban és térképezésben, az adatgyűjtésben, elemzésében és a prezentálás módjában egyaránt (VERSTAPPEN, H. T. 2011, SMITH, M. J. – PARON, P. 2011).

A GIS és a DDM-ek együttesen lehetőséget nyújtanak automatizált módszerekkel, nagy területre kiterjedő elemzések végrehajtására viszonylag alacsony idő- és költségfordítással. Azonban ennek alapvető feltétele, hogy a vizsgálatokhoz megfelelő pontosságú, horizontális és vertikális felbontású DDM álljon rendelkezésre.

A magassági adatok forrása nagymértékben befolyásolja a kutatások eredményeit és anyagi vonzatát, mert a legjobb minőségű nemzeti projektek termékei vagy az egyre jobb térbeli felbontást biztosító és legfrissebb, lézeres távérzékeléssel vagy mérőkamerás légi-fényképezéssel előállított adatbázisok is meglehetősen drágának mondhatók (V. WOJTASZEK M. 2010). Emellett hozzá kell tennünk azt is, hogy nem minden országban áll rendelkezésre a nemzeti térképészeti szervezet által előállított DDM, illetve az nem minden esetben felel meg a felhasználó elvárásainak (YANG, Q. et al. 2007). SZABÓ G. (2009) szerint hazánkban a DDM-ekkel végzett munkát az is akadályozza, hogy a hazai készítésű adatbázisok nem tudnak elterjedni a magas ár és a jogi bizonytalanságok miatt.

A globális domborzatmodellek (*GDEM*) megjelenésével lehetőség nyílt nagy területről elérhető adatok ingyenes beszerzésére az interneten keresztül. Az ilyen modellek közül – a szakirodalmak áttekintése során talált példák alapján – napjainkban az *SRTM* (*Shuttle Radar Topography Mission*) és a jelen kutatás során is alkalmazott *ASTER GDEM* (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model*) a legnépszerűbbek. Az ingyenességen túl a *GDEM*-ek nagy előnyének tekinthető a folyamatosan javuló felbontás, az egységes adatszerkezet, valamint a felszínre

vonatkozó magassági adatok aktualitása (SZABÓ G. 2009, 2011). További pozitívum az interpolációból eredő problémák kiküszöbölésének lehetősége.

Nem tekinthetünk el azonban a *GDEM*-ek hibáinak számbavételétől, mert esetükben az előnyök ellenére éppen az alkalmazást leginkább befolyásoló pontosság kérdőjelezhető meg (SZABÓ G. 2009, 2011). Figyelembe kell vennünk a modellek azon sajátosságait, amelyek bizonyos felszín típusok, adott földrajzi helyek esetében jelentősen kihathatnak munkánk eredményességére. A távérzékeléssel nyert modellek magassági adatai csak alacsony vagy gyér növényzetű, kis mértékben beépített területeken reprezentálják a valódi földfelszíni magasságokat, egyéb esetekben hozzáadódik a természetes és mesterséges objektumok magassága az értékekhez<sup>1</sup>. A vizsgálatok léptékétől és céljától függően ezek a hibásnak számító magasságok eltérő mértékben hatnak a kutatások végkimenetelére. Globális és kontinentális szinten DRĂGUȚ, L. és EISANK, C. (2012) automatizált módszerrel sikeresen hajtotta végre a felszínformák kategorizálását módosítatlan *SRTM* modell használatával, míg SERES A. és DOBOS E. (2009) az *e-SOTER* projekt<sup>2</sup> keretében végzett kutatásukhoz kidolgoztak egy eljárást a vegetációval borított és beépített területek magassági értékeinek pontosítására.

Jelen kutatás során az *ASTER GDEM V2*-t ártéri szintű makroformák<sup>3</sup> elhelyezkedésének felderítésére alkalmazom, ahol az erdő és a települések magasságainak figyelmen kívül hagyása hibás következtetések levonását eredményezné. Ennek elkerülése érdekében egyértelmű volt, hogy a felszínborítottságokra vonatkozó magassági értékeket részletes vizsgálatnak kell alávetni és azok hatását ki kell küszöbölni. A témához köthető publikációk áttekintése során kiderült az is, hogy nem csupán a területhasználat, hanem a domborzati viszonyok és az eltérő földrajzi helyek adottságai is változó mértékben hatnak a magassági adatok hibáinak alakulására a választott modell esetében. GUTH, P. L. (2010) 52 európai és észak-amerikai helyszínen végzett kutatása során megállapította, hogy a vizsgált területeken a sík térségekben volt a legkisebb az eltérés a valós felszín és a *GDEM* magassági adatai között, míg lengyelországi mintaterületen épp a foltokban erdővel borított síkságok esetében mutatkoztak nagy hibák (JACOBSEN, K. – PASSINI, R. 2009).

---

<sup>1</sup> <http://www.esoter.net/?q=content/srtm-dem-processing-and-elimination-artefacts>  
(2012. december 12.)

<sup>2</sup> *European SOil and TErrain Digital Database*. A projekt 2008-2012. között zajlott.

<sup>3</sup> Az ártéren a morfológiai ártér fogalmát értem, vagyis azokat a területeket, amelyeket az árvíz védekezés nélkül elöntene. Ebbe a szintbe beletartoznak a posztglaciális teraszok is. (SOMLYÓDY L. 2002)

Magyarországon még nem terjedt el széleskörűen az *ASTER GDEM* használata, és értékelését a korábbiakban hegyvidéki térségben hajtották végre (SZABÓ G. 2011). Az előzőekben leírt sajátosságai miatt azonban szükséges a Kárpát-medencében is a modell különböző természeti és társadalmi viszonyokkal bíró területeken történő értékelése, az eltérő felhasználási lehetőségek tükrében előnyeinek és hátrányainak feltárása, javaslattétel a magassági hibák kiküszöbölésére, alkalmazhatóságának kiterjesztésére. Mindezeket figyelembe véve fontosnak tartom a Duna-völgyi kutatási területen végzett vizsgálatot, mert hazánk tekintetében igen jelentős az alföldi területek kiterjedése. Egy egységes szerkezetű, jól használható digitális domborzatmodell jó alapot nyújtana a PTE TTK Földrajzi Intézetében a Duna-völgyhöz kötődő kutatásokhoz is, amelyek eredményei ezáltal egyszerűen összevethetővé, összekapcsolhatóvá válnának.

## **2.2. Célkitűzés**

A dolgozatom elsődleges célja az ingyenesen elérhető *ASTER GDEM V2* magassági modell jellegzetességeinek vizsgálata. A valós felszín helyettesítésére szolgáló referencia domborzatmodell felhasználásával törekszem a megtalálható magassági hibák értékelésére, sajátosságaik megállapítására, a domborzati viszonyokkal és a felszínborítottsággal való összefüggések keresésére, esetleg további, a magassági adatokat befolyásoló tényezők meghatározására.

Ezt követően a hibák feltárt tulajdonságainak figyelembe vételével kísérletet teszek azok javítására, elsősorban a felszínborítottsági térkép segítségével. A javítás egyes lépései után statisztikai és vizuális hibakeresési eljárásokon keresztül ellenőrzésre kerülnek az előállított magassági modellek. A geoinformatikai szoftverek lehetőségeit alkalmazva tervezem a korrigált modellt ehhez mérten hidrológiailag helyessé alakítani.

Ezután a javított domborzatmodellt felhasználva törekszem az ártéri felszínformák, szintek meghatározására a DEMOULIN, A. et al. (2007) által kidolgozott, majd MILLER, R. és COOLEY, S. (2012) munkája során továbbfejlesztett eljárás alkalmazásával.

Összefoglalva tehát a céloom egy olyan eljárás bemutatása, amely jól használható a *GDEM*-ek geomorfológiai elemzésekhez való előkészítésében. Ezek alapján az említett geomorfológiai alkalmazhatóság elérése ellenőrző vizsgálata és egyben célja is az elvégzett munkának. Amennyiben sikeres a modell hibáktól való megtisztítása lehetőségem nyílik a szakirodalom és „valóság” összevetésére, elsősorban a Duna menti teraszokkal és teraszszerű szintekkel kapcsolatban.

### **2.3. A vizsgálati terület bemutatása**

A térség természeti és társadalmi viszonyai a domborzati sajátosságokon, a vízrajzi jellemzőkön, a felszínborítottságon keresztül hatással vannak az *ASTER GDEM*-en megjelenő magassági értékekre, így fontosnak tartottam azok rövid bemutatását dolgozatom elején. A terület pontos földrajzi ismerete alapján már kaphatunk egy előzetes képet arról, hogy milyen hibákkal találkozhatunk a DDM-en.

#### **2.3.1. A terület lehatárolása**

A vizsgálni kívánt térség meghatározásakor több befolyásoló tényezőt vettem figyelembe. Ezek közül a legfontosabb volt, hogy a terület magában foglalja szakdolgozatomban Bába környéki vizsgálati helyszínét, hiszen az arról készített digitális domborzatmodell referencia-felszínként szolgál a használni kívánt *ASTER GDEM*-hez. Mivel későbbi kutatásaim során a Dunamenti-síkság geomorfológiai viszonyainak DDM alkalmazásával történő vizsgálatával szeretnék foglalkozni, kézenfekvő megoldás volt ennek a térségnek egy részletére, a Tolnai-Sárköz déli felére kiterjeszteni a vizsgálati területet. A jelenlegi kutatás céljainak eléréséhez, egy megfelelő módszertani háttér kidolgozásához elegendő volt csak a kistáj délebbi felét vizsgálni, így jelentősen lerövidült az egyes térképek előállításának, ellenőrzésének, a derivátumok számíttatásának időtartama, ami nagyban megkönnyítette a munkámat.

A kiválasztott térséget a 14, 15, 24 és 25 szelvényszámú 1:100 000 méretarányú EOV térképszelvényekből levezetett 1:10 000-es topográfiai térképek fedik le. A km-hálózatot alapul véve olyan téglalap alakú területet választottam ki, amelynek legészakabbi települése Szekszárd, legdélebbi pedig Bábmonostor; fő tengelye a Duna-völgy, kiterjed a jobb parton a Tolnai-Sárköz területére és a kísérő dombvidéki térség szegélyére, valamint a bal part mentén egy keskeny sávra. A vizsgálati terület nagysága 672 km<sup>2</sup>, határainak EOV koordinátái: 112 000 (É), 84 000 (D), 618 000 (Ny), 642 000 (K).

A kutatás összetettsége miatt a fent leírt területből a céloknak és lehetőségeknek megfelelően más-más részleteket vizsgállok. A DDM-ek részletes elemzését első lépésben a szakdolgozatomban vizsgált 28 km<sup>2</sup>-es területen (cf. JÓZSA E. 2012 p. 20, 3. ábra) hajtom végre, mivel a térség jól reprezentálja az egész vizsgálati terület természeti- és társadalmi viszonyait. A geomorfológiai formák – tulajdonképpen kontrollvizsgálatnak tekinthető – kutatását pedig csak a folyó jobb parti szakaszán, a 99 m-es magassági szintig terjedő terület esetében végzem el.

### 2.3.2. Természeti és társadalmi viszonyok

A vizsgálati terület Tolna, Baranya és Bács-Kiskun megye területén húzódik, a Dunamenti-síkság, illetve a Mecsek és a Tolna-Baranyai-dombvidék középtáj részét képező 7 kistájat (Szekszárdi-dombság, Geresdi-dombság, Dél-Baranyai-dombság, Tolnai- és Kalocsai-Sárköz, Mohácsi-sziget, Bácskai löszös síkság) érint (1/a. ábra). A terület alapvetően két magassági szintre különíthető el: a Duna és mellékfolyóinak alluviális síkjaira, illetve a kísérő dombvidékekre, melyek számos helyen igen éles szintkülönbséggel válnak el egymástól.<sup>4</sup>

A Duna-menti síksághoz tartozó részek a legegységesebb adottságú területek. LEÉL-ŐSSY S. (1953) és PÉCSI M. (1959, 1967) leírják, hogy az alluviális területen jellegzetes az alacsony ártér, a magas ártér, illetve az azt tagoló, ármentes teraszszigetek jelenléte, a dombvidék pereméhez kapcsolódva előfordul az óholocén I. sz. terasz, Bátaszék környékén pedig megfigyelhető a würm végi II/a sz. terasz. A Tolnai-Sárköz közel sík területét a töltés mentett oldalán gyűrök (vizenyős mélyedések, kiszáradt morotvák) és göröndök (árvízmentes, lapos kiemelkedések) hálózják be (LEÉL-ŐSSY S. 1953, PÉCSI M. 1959), az egykori Duna és Sárvíz medrek mellett ezek jelentenek relief-energiát (LÁNG S. 1957). A Sárköz területe a holocén óta DK felé süllyed, amit a Bába körüli erősebb akkumuláció egyenletesebbé tett (PATAKI J. 1954).

A Szekszárdi-dombság és a Dél-Baranyai-dombság területére lösz és löszszerű üledékből álló fedő települt. Alsó részét vitatott kronológiai besorolású vörösagyag réteg (KOVÁCS J. 2003, KOVÁCS J. et al. 2011) képezi, amely több Tolna megyei példa alapján szerepet játszhatott a későbbiekben a felszínmozgásos domborzat kialakulásában (FÁBIÁN SZ. Á. et al. 2006). A Szekszárdi-dombság területén jellegzetesek a szuffóziós és csuszamlásos formák, aprólékosan tagolt kistáj (LÁNG S. 1957, BARCZI A. 2001), azonban a szurdokok mélyülésének a fent említett rétegsor megjelenése határt szab (LÁNG S. 1955). Ezzel szemben a Dél-Baranyai-dombság vizsgálati területbe tartozó löszplatójának felszínét fejlett dolinák és a meredekebb peremeken antropogén hatásra kifejlődött

---

<sup>4</sup> A Magyarország kistájainak katasztere első (MAROSI S. – SOMOGYI S. [szerk.] 1990) és második (DÖVÉNYI Z. [szerk.] 2010) kiadásában a két tájegység választóvonalát Bába térségében nem jól határozták meg. A területek határának hibás meghúzásából következhet, hogy a Tolnai-Sárközt 88,1 és 162 m közötti magasságú, ártéri szintű síksággként írják le. A 162 m magassági pont Bátán, a Dél-Baranyai-dombság keleti elvégződésénél található, semmiképp sem sorolható az árterületbe. További pontatlanság, hogy a Tolnai-Sárköz térképén úgy látszik mintha a Csóka-hegyet (175,6 m) is még a síksághoz jelölték volna. A 2010-es kistáj kataszterben ezen kívül a Tolnai-Sárköz térképén a Dél-Baranyai-dombság helyén (4.4.34) a Mohácsi teraszos sík jelölése (1.1.26) szerepel.

lössmélyutak tagolják, a völgyek között lapos, nagy kiterjedésű háta húzódnak (LEÉL-ŐSSY S. 1953). A Geresdi-dombság egy kis részen érinti csak a kutatási területet, Mórágynál környékén, ahol egy újpaleozoós gránit kibukkanás található meredek lejtőkkel, rövid völgyekkel és a gránitra jellemző lepusztulás formákkal. (FÁBIÁN SZ. Á. et al. 2005)

A terület éghajlati tekintetben is kettős jellegű: a Dél-Dunántúl szubmediterrán hatása a dombvidéki részeken érzékelhető, míg az Alföld száraz, meleg nyári és hideg téli éghajlata jellemzően a síkvidéki részek klímáját befolyásolja (PATAKI J. 1954). Az évi napfénytartamot tekintve a település hazánk legnapfényesebb területei közé sorolható 2050–2060 óra körül alakuló értékeivel<sup>5</sup>. Az évi középhőmérséklet jellemzően 10,2–10,8 °C között változik. A fagymentes időszak átlagosan 205 nap, tehát hosszúnak mondható. A leggyakoribb szélirány az ÉNy-i. Az évi csapadékösszeg a dombsági területeken akár a 650-700 mm-t is elérheti, míg a síkságon 600 mm-nél is kevesebb csapadék is előfordulhat. A hótakarós napok száma 28-35 nap körül alakul. (In: DÖVÉNYI Z. [szerk.] 2010)

A terület vízfolyásokkal sűrűn átszőtt, legnagyobb folyója a Duna, amelybe a jobb parton a Sió, a Szekszárd-Bátai-főcsatorna és a Lajvér-patak, a bal parton a Duna-völgyi-főcsatorna és a Sárközi I. sz. főcsatorna vezetik le a terület felszíni vizeit (1/c. ábra). A legnagyobb vízállások a tavasz elején érkező jeges ár esetén alakulnak ki, a nyári zöldár idején a magas vízállás tartóssága okozhat problémát (In: MAROSI S. – SOMOGYI S. [szerk.] 1990). Számos állóvíz is található a térségben, melyek közül a nagy felületű Duna holtágak emelkednek ki. A dombsági területeken főként mesterséges állóvizek (záportározók, halastavak, bányatavak) fordulnak elő. A tagolt dombsági felszíneken a vízfolyások fejlettsége, sűrűsége kedvező<sup>6</sup>.

A dombvidékek vastag löszkötegeinek permeábilis volta miatt a dombsági és síkvidéki térszín esetében a felszín alatti vizek elhelyezkedése nagymértékben eltér. A Tolnai-Sárköz számottevő része, a Kalocsai-Sárköz egyes foltjai rendszeresen belvízjárta területek<sup>7</sup>, míg a magasabb térszíneken akár 50 m mélyen sem található még talajvíz. (LEÉL-ŐSSY S. 1953, LÁNG S. 1957)

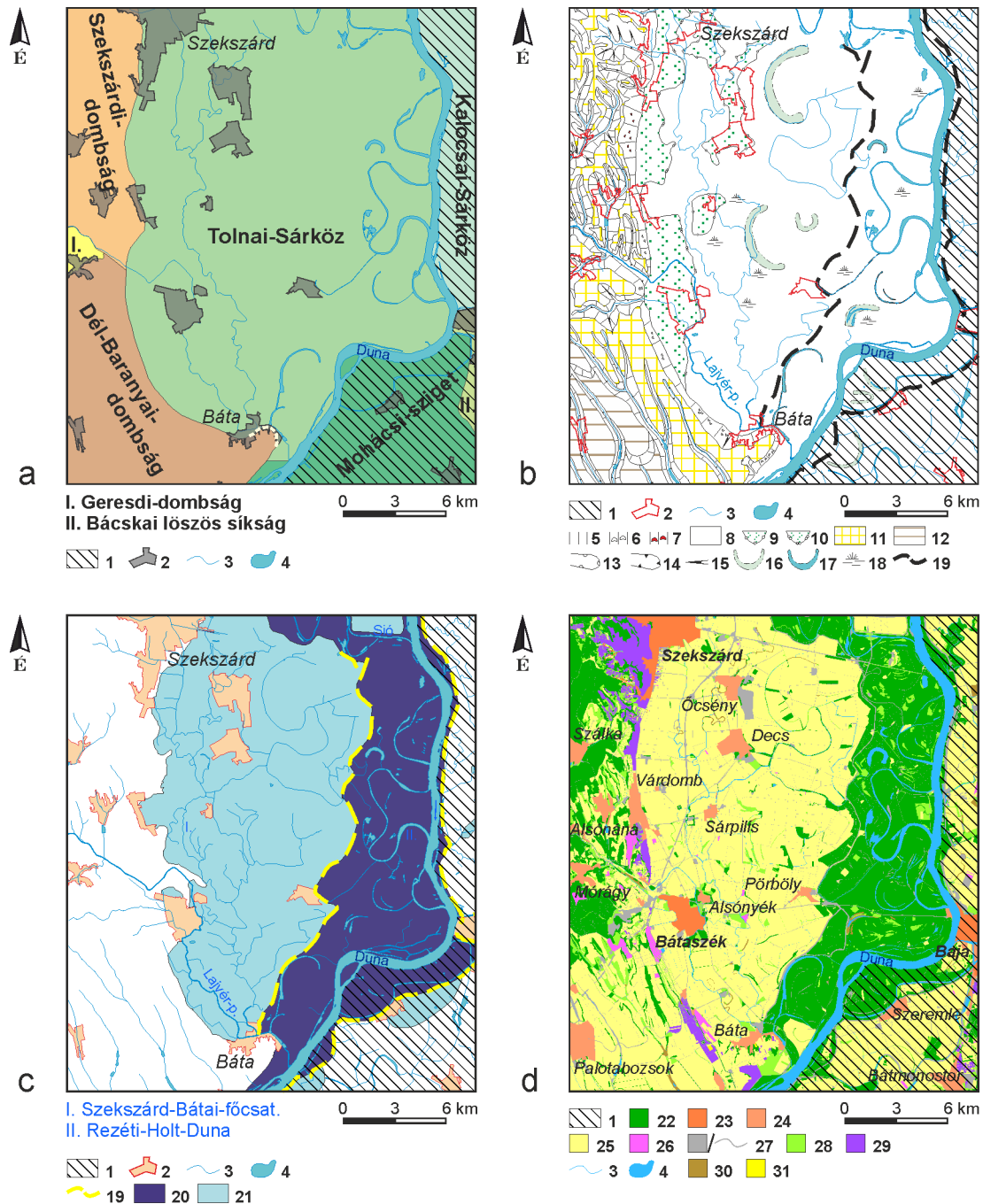
A vizsgálati terület jelentős része ár- és belvízmentesített egykori ártérből lett kultúrtáj.

---

<sup>5</sup> Tolna-megye területrendezési tervének módosítása, 2011.

<sup>6</sup> Tolna-megye területrendezési tervének módosítása, 2011.

<sup>7</sup> Tolna, Baranya és Bács-Kiskun megye területrendezési tervének térképmellékletei



1. ábra. **a)** A vizsgálati terület által érintett kistájak, szaggatottal a Bátánál módosított határvonal. [DÖVÉNYI Z. (szerk.) 2010. alapján saját szerk.] **b)** Áttekintő geomorfológiai térkép (1:100 000 eredeti ma.) Szekszárd és Bátmonostor között. [FÁBIÁN SZ. Á. 2005. nyomán] **c)** A térség vízrajzi viszonyai. [Tolna, Baranya és Bács-Kiskun megye területrendezési tervének térképmellékletei alapján saját szerk.] **d)** Felszínborítottság. [saját szerk.]

(1 – bal parti területek, 2 – település, 3 – vízfolyás, 4 – állóvíz, 5 – lejtők általában, 6 – régi csuszamlásos lejtők, 7 – csuszamlás-veszélyes lejtők, 8 – ártér általában, 9 – teraszsziget, 10 – „sárközi terasz”, 11 – löszplatók- és gerincek, 12 – völgyközi háta, 13 – deráziós völgyek, 14 – eróziós völgyek, 15 – eróziós árkok, 16 – meandermaradvány, 17 – meandermaradvány vízzel, 18 – vizenyős területek, 19 – árvédelmi töltés, 20 – nagyvízi meder, 21 – rendszeresen belvízjárta terület, 22 – erdő, 23 – városias települési térségbe tartozó település, 24 – hagyományos vidéki települési térségbe tartozó település, 25 – szántó, 26 – gyümölcsös, 27 – művelés alól kivett területek, 28 – rét, legelő, 29 – szőlő, zártkert, 30 – nádas, 31 – egyéb épület, épületcsoport)

A jobb parton a hullámtérben fekszik Közép-Európa legnagyobb ártéri erdeje, a Gemenc. Elterjedt síkvidéki erdőtársulások a fűz-nyár ligetek, tölgy-kőris-szil ligeterdők és a gyöngyvirágos tölgyesek (FÁBIÁN SZ. Á. et al. 2005). Kiemelkedő értéket képvisel az ártéri erdő nagyvad állománya. A Szekszárdi- és Geresdi-dombság egyes részein, a szőlőterületek és szántóföldek között néhol megmaradt az összefüggő erdőtakaró, általában tölgyesek. (In: DÖVÉNYI Z. [szerk.] 2010)

Az érintett kistájak talajviszonyainak közös jellemzője a mozaikosság. A síkvidéki területeken a Dunától távolodva először nyers öntéstalajok, majd réti öntéstalajok, illetve réti talajok jelennek meg. A Tolnai-Sárközben a magas ártér infúziós lösszel fedett területein réti csernozjom talaj jelenik meg. A dombsági felszíneken löszön, vagy lösszerű üledéken kialakult talajok jellemzőek, mint például agyagbemosódásos barna erdőtalajok, barnaföldek, csernozjom barna erdőtalajok. (In: DÖVÉNYI Z. [szerk.] 2010)

A térség területhasználati térképét (1/d. ábra) megvizsgálva jól látható, hogy a dombsági térszíneken jellemző a szőlőtermesztés, a Tolnai-Sárköz síkvidékén pedig a szántóföldi gazdálkodásé a vezető szerep. A Duna hullámtérébe tartozó felszíneken erdőgazdálkodást folytatnak. A települések elszórtan helyezkednek el a területen, vannak, amelyek a síksági térszínek mélyebben fekvő részéhez tartoznak (pl. Pörboly, Alsónána), míg más települések a Szekszárdi-, Geresdi- és Dél-Baranyai-dombság lejtőin, völgyeiben húzódnak (pl. Mórág, Szálka). A geomorfológiai vizsgálatok esetében problémát jelent, hogy Ócsény és Decs ún. teraszszigetekre települtek (LEÉL-ÖSSY S. 1953, LÁNG S. 1957), ezeken a vizsgálat szempontjából érdekes területeken ugyanis hibás magassági adatokat jelentenek. A települések területéről nyerhető magassági adatok értelmezésekor további gondot jelent a városias beépítettség, vagyis a sűrűbb, sokszintes építkezés<sup>8</sup>. Az Országos Területrendezési Tervről szóló törvény<sup>9</sup> szerint a városi jogállású településeken kívül azon települések is a városias települési térségbe tartoznak, ahol a belterület népessége meghaladja a 15 fő/hektárt. A kritérium alapján Szekszárd, Baja és Bátaszék mellett – amelyek valóban rendelkeznek többszintes épületekkel, városias képet mutatnak – Decs, Ócsény és Alsónyék is ide sorolódna, hibásan. A kutatás során csak a 3 városi jogállású települést vettem ide, míg az összes többi települést a hagyományosan vidéki települési térség kategóriába soroltam.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> <http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/foldrajz2/ch03s03.html> (2012. október 21.)

<sup>9</sup> 2003. évi XXVI. törvény az Országos Területrendezési Tervről.  
<http://www.complex.hu/kzldat/t0300026.htm/t0300026.htm> (2012. október 25.)

<sup>10</sup> Tolna, Baranya és Bács-Kiskun megye területrendezési terve és térképmellékletei

### 3. Kutatástörténeti áttekintés

A kutatáshoz kötődő szakirodalmakat alapvetően négy csoportra bontanám:

- a vizsgálati terület természeti és társadalmi viszonyaihoz kötődő,
- általánosságban a digitális domborzatmodellezéssel kapcsolatos,
- a felhasznált magassági modellek és más adatbázisok jellemzőiről, a javítási módszerekről szóló,
- és a teraszkutatáshoz, a hazai teraszokhoz kapcsolódó témakörökre.

A természeti és társadalmi viszonyok megismerése elengedhetetlen volt a kutatás szempontjából, azonban részletes bemutatásuk nem képezi a dolgozat fő részét. Emiatt a szakirodalmak részletes taglalásától, és a vitás kérdések értékelésétől eltekintek. Már az 1950-es évektől több kutató foglalkozott a Sárközzel és vidékével, az ő eredményeik szolgáltak számomra alapul a térség természeti viszonyainak megismeréséhez. LEÉL-ÖSSY S. 1953-as munkájában Baja és Bátaszék között végzett – elsősorban geomorfológiai – megfigyeléseket. 1954-ben PATAKI J. átfogó kötetet készített a Sárköz természetföldrajzi viszonyairól. Az ártérrel és a Szekszárdi-dombvidékről is írt LÁNG S. 1955-ös és 1957-es tanulmányaiban. Az említett dombvidékkel kapcsolatos kutatása miatt ki kell még emelnem ÁDÁM L. (1964) munkáját is. A Duna-völgy domborzati és vízrajzi viszonyaival PÉCSI M. (1959, 1967) foglalkozott részletesebben. A későbbi geográfusok közül a terület főbb természetföldrajzi jellemzőit foglalta össze FÁBIÁN SZ. Á. et al. 2005-ös és 2006-os Tolna megye természeti erő- és veszélyforrásairól szóló írásában. A társadalmi viszonyokról naprakész információt az egyes megyék területrendezési tervei szolgáltattak.

A digitális domborzatmodellezés témakörében LANE, S. N. – RICHARDS, K. S. (szerk.) 1998, WILSON, J. P. – GALLANT, J. C. (szerk.) 2000, MÉLYKÚTI G. 2005, 2007, BÓDIS K. 2008, MÁRKUS B. 2010 könyveinek, értekezéseinek, egyetemi jegyzeteinek idevágó fejezeteit és emellett egyéb internetes forrásokat is figyelembe vettem.

A kutatás tényleges elvégzéséhez kiemelkedő fontosságú volt a felhasznált magassági modellek és egyéb adatbázisok hivatalos kísérő dokumentumainak, a korábban azokkal kapcsolatban végzett vizsgálatok eredményeinek részletes tanulmányozása. A hazai DDM-10 tekintetében BAKÓ Z. (1993) és KOÓS T. (2008) munkáira, a Külterületi Vektoros Térkép (KÜVET) kapcsán VINCZE L. (2010) írására és az egyes adatbázisok honlapjain közzétett információkra támaszkodtam. Az *ASTER GDEM* esetében a modell értékelését

végző csoportok publikációi nyújtottak nagy mennyiségű információt, elsősorban TACHIKAWA, T. et al és (2011), GESH, D. et al. (2012) cikkei szolgáltak kiindulásul.

Manapság az ingyenesen elérhető globális domborzatmodellek különböző verzióinak értékeléséről, felhasználási lehetőségeiről rendkívül nagyszámú, elsősorban angol nyelvű forrás áll rendelkezésre. A modell eltérő domborzati viszonyok közötti vizsgálata miatt fontos LI, P. et al. (2012) Kínában végzett kutatása. Emellett egy-egy konkrét felhasználási célra végzett elemzések is sok hasznos információval szolgáltak. Például svájci gleccserek topográfiai paramétereinek megállapítása esetében (FREY, H. – PAUL, F. 2012), vagy Krétán karszterületek formáinak meghatározásához is készítettek már alkalmazhatósági vizsgálatokat (SIART, C. et al. 2009) a korábbi verzió esetében. Természetesen hazánk területéről is található értékelésre tett kísérlet, alkalmazási lehetőségeire példa: SZABÓ G. 2011-es értékelése a modell tulajdonságairól a Tokaji-hegység esetében, vagy GICHAMO, T. et al. 2012-es, a Tisza mentén Szolnok és Csongrád között végzett kutatása.

A távérzékeléssel előállított DDM-ek javítási lehetőségeinek megismeréséhez elsősorban a népszerűbb SRTM modellel kapcsolatban találtam forrásokat, azonban az ott leírtak a vizsgált GDEM-re is alkalmazhatóak. Ezzel kapcsolatosan a következő tanulmányok nyújtottak leginkább segítséget: WINKLER P. et al. 2006, SERES A. – DOBOS E. 2009, RYOTARO, T. – WATARU, T. 2010, LI, P. et al. 2012, MUKHERJEE, S. et al. 2013. Az egyes cikkek az értékelés menetével, a hibakeresés lehetőségeivel és a hibák korrigálásával foglalkoznak, ezek alapján tudtam megkezdeni a saját kutatásom. Mellette felhasználtam GUTH, P. L. (2010) kutatását, aki a modellről nyerhető morфомetriai jellemzők vizsgálatával, azok más DDM-ekhez hasonlításával vont le következtetéseket.

A forrásokból látszik, hogy a világ különböző részein folyamatosan zajlik a V2 tulajdonságainak különböző mintaterületeken való értékelése, különböző célokra való alkalmazhatóságának vizsgálata. A közép-európai térségben jelenleg folyó kutatások közül CZUBSKI, K. munkásságát kísérem figyelemmel.

A teraszok elhelyezkedésének megállapításához DEMOULIN, A. et al. (2007) módszerét vettem alapul. A végrehajtás részletes lépéseit a *GIS 4 Geomorphology* honlapon tették közzé<sup>11</sup>. Ezek közül elsősorban a MILLER, R. és COOLEY, S. (2012) által írt *scriptet* használtam fel. Az eljárás helyességének megállapításához, illetve az eredmények értékeléséhez összehasonlítottam azokat PÉCSI M. 1959-es, Duna-völgyről szóló kötetében a sárközi ártéri formákról közöltekkel.

<sup>11</sup> <http://gis4geomorphology.com/terrace-extraction-draft/>,  
<http://gis4geomorphology.com/terrace-extraction-ii-soon/> (2012. december 9.)

## 4. Kutatási módszerek

### 4.1. Digitális magassági adatrendszerek megkülönböztetése

A különböző típusú domborzatmodellek a felszínnek, a domborzatnak, mint felületnek digitális reprezentálása céljából létrehozott állományok (KERTÉSZ Á. 1997). A modellek esetében a vízszintes sík egy-egy pontjához ( $x, y$  koordináta) abszolút magassági értéket rendelünk ( $z$ , általában a tengerszinttől), így ez az adatsor kifejezi számunkra a terep magassági viszonyait (MÉLYKÚTI Z. 2007).

A hazai szakirodalom elsősorban három magassági adatrendszert különböztet meg:

- *Digitális Domborzat Modell (DDM)* – az abszolút magassági adatok a terep fizikai felszínéről szolgáltatnak információt,
- *Digitális Felszín/Felület Modell (DFM)* – a földfelszín és a rajta található objektumok magassági értékeiről is tájékoztat,
- *Digitális Szintvonal Modell (DSZM)* – a domborzatot szintvonalak segítségével írja le. (BAKÓ Z. 1999, MÉLYKÚTI G. 2007, BÓDIS K. 2008)

Ezek mellett használt még a DTM (digitális terepmodell) kifejezés, ha a domborzati értékeken kívül a felszíni objektumok (növényzet, építmények) magasságait is tartalmazza a modell (KERTÉSZ Á. 1997, BÓDIS K. 2008). Egyes források szinonimaként használják a DDM és DTM kifejezéseket<sup>12</sup>. A modellek közötti eligazodást nehezíti az is, hogy hazánkban elterjedt az angol (*Digital Elevation Model – DEM, Digital Terrain Model – DTM, Digital Surface Model – DSM*) és a magyar (DDM, DTM, DFM) megnevezések használata is. További problémát okoz, hogy az ún. globális domborzatmodellek (*SRTM, ASTER GDEM*) nem sorolhatóak be egyik kategóriába sem (RYOTARO, T. – WATARU, T. 2010).

A modell adatszerkezete tekintetében szintén három típust különböztetnek meg. Első esetben rendelkezünk magassági adatokat a síkon egy derékszögű rácsháló sarokpontjaihoz, ez az ún. rác-szerkezetű (*grid*) modell. A második típus esetében szabálytalan háromszög hálózatokat (*TIN, triangulated irregular network*) hozhatunk létre, ahol a magassági értéket a számításba bevont pontokból kialakított háromszögek sarokpontjainak tekintjük. Végül, a dolgozat szempontjából legfontosabb típus, a raszter modell. Ennél a cella alapú domborzatmodellnél a magassági értékek az  $xy$  síkon definiált, sor – oszlop rendszerben elhelyezkedő felületi elemekre vonatkoznak. Az elmúlt évtizedekben ez az adatszerkezet terjedt el a legnagyobb mértékben, mivel egyszerű a számítógépes kezelése, adattárolási

---

<sup>12</sup> <http://rsgis.hu/index.php/gis/dtm> (2012. november 11.)

formája megegyezik a digitális képek tárolási szerkezetével. Az adatstruktúra hátránya, hogy a cellaméret nagymértékben befolyásolja a tárolókapacitás igényt, a felbontástól függően nem minden esetben tudja kezelni a domborzat hirtelen változásait, sík vidékeken nem teszi lehetővé a domborzat jellemző részleteinek megtalálását. (WILSON, J. P. – GALLANT, J. C. 2000, MÉLYKÚTI G. 2005)

Fontos említést tenni a magassági adatok előállításának módszereiről. Kisebb területekről hagyományos földi felmérési eljárással (pl. tachimetria, GPS mérések) is gyűjthetők magasságadatok, azonban ez a nagy idő- és költségfordítások miatt nem elterjedt (KOÓS T. 2008). A felszín tereptárgyak nélküli modellezésének forrása lehet a szintvonalak és a topográfiai térképekről nyerhető egyéb magassági adatok digitalizálással történő bevitele, vagyis kartometriai eljárással történő másodlagos adatgyűjtés (MÉLYKÚTI G. 2007, BÓDIS K. 2008). Ebben az esetben a pontosság az alapul szolgáló térkép domborzatrajzának megbízhatóságától függ (KOÓS T. 2008). Napjainkban a terepi információk gyűjtésének leghatékonyabb módjának a távérzékelés tekinthető, ahol a technológiai fejlődés következtében egyre nagyobb szerep jut a műholdas távérzékelésnek (V. WOJTASZEK M. 2010). A kutatáshoz használt globális domborzatmodell esetében fotogrammetriai eljárást alkalmaztak, melynek során a képpárokat automatikusan kiértékelve lehet magassági modelleket létrehozni (BÓDIS K. 2008). Ez a módszer elsősorban DFM-ek előállításához alkalmazható jól (KOÓS T. 2008). Emellett elterjedt a mikrohullámú távérzékelés módszere is. A műholdas radarmérések felületmodellezésben való alkalmazására példa az *SRTM* program keretében kialakított, és ingyenessége miatt az egyik legnépszerűbb magassági adatbázis (BÓDIS K. 2008, KOÓS T. 2008).

## ***4.2. A felhasznált magassági modellek és a területhasználati térkép***

### **4.2.1. ASTER GDEM**

A vizsgálat tárgyát képező, ingyenesen elérhető digitális magassági modell az *ASTER GDEM V2*, vagyis a 2009-ben megjelentetett első verzió módosított, javított változata, melyet 2011 második felében tettek világszerte elérhetővé. A modell a *Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan (METI)* és a *United States National Aeronautics and Space Administration (NASA)* közös terméke. Az adatgyűjtés az első verzióhoz 2000–2008 között zajlott, a második verzióhoz ennél újabb képeket is felhasználtak. A modell a Földet az északi és déli szélesség 83°-a között ábrázolja, 30 m-es horizontális és 1 m-es vertikális felbontású, *Latitude/Longitude (Lat/Lon)* vetületi rendszerű. A magassági

értékek az EGM96 (Earth Gravitational Model 1996) geoidra lettek meghatározva. (TACHIKAWA, T. et al. 2011)

A vizsgálati területre vonatkozó *GTiff*-et tartalmazó *ASTGTM2\_N46E018* állomány egyszerűen letölthető a *Japan Space Systems ASTER GDEM* honlapjáról, a *NASA Reverb* vagy *LP DAAC* (*Land Process Distributed Active Archive Center*) honlapok valamelyikéről<sup>13</sup>.

A magassági adatokat fotogrammetriai módszerrel nyerték. Az *ASTER GDEM* az előző fejezetben említett magassági adatrendszer kategóriák egyikébe sem sorolható be a magasságmeghatározás és az épületek méreténél nagyobb felbontás miatt (RYOTARO, T. – WATARU, T. 2010). Az ilyen modellek felhasználását nehezíti, hogy az adatokat hibák terhelhetik a mérőrendszer hibájából, a domborzat egyenetlenségeiből, lejtőviszonyaiból, a természetes és mesterséges felszínborításból fakadóan. További kellemetlenségeket okoz, hogy a felhőzet, árnyékolás vagy vízfelület hatására adathiány is felléphet (HUTCHINSON, M. F.– GALLANT, J. C. 2000). A modell megfelelő színtáblájú, színfokozatos képét (7/a. és 7/c. ábra) megvizsgálva ezekre a problémákra példát is találhatunk a vizsgált területen.

A magassági adatok meghatározásának kezdeti lépései során a nadír és hátra tekintő szenzorok által készített sztereo-képpárokat kiértékeltek, megfelelő földrajzi koordinátákra helyezték, kiszámolták a magasságokat – létrehozták az ún. magassági modell részleteket (*scene DEM*). Ezek esetében kiszűrték a tartósan felhővel borított felületeket, eltüntették a nyilvánvalóan hibás adatokat, majd a több részletből nyert magassági adatokat átlagolták és megalkották a 30x30 m-es pixel magassági értékét. Azonban mielőtt a modellt az internetről is elérhető részegységekre darabolták ismét megvizsgálták a fennmaradó hibákat, korrekciót hajtottak végre. (TACHIKAWA, T. et al. 2011)

A 2. ábra mutatja a letöltött állományban mellékelt minőségértékelő fájl – az ún. *NUM* fájl –, amely tartalmazza a cella magasságának meghatározásához használt magassági modell részletek számát, illetve, a felismert hibás értékek esetében egy negatív számmal megadott kódot, hogy melyik más elérhető domborzatmodellből pótolták az értékeket (TACHIKAWA, T. et al. 2011). Előbbi azért fontos információ, mivel a részletek számának növelésével lényegesen csökkent az adott cellára vonatkozó négyzetes

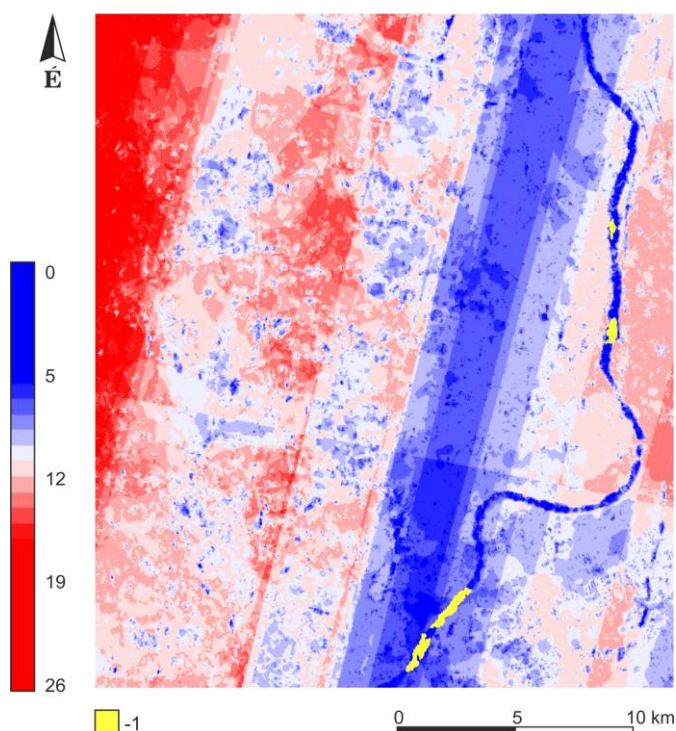
---

<sup>13</sup> <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/index.html> (2012. november 17.)

[http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial\\_map=satellite&spatial\\_type=rectangle](http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial_map=satellite&spatial_type=rectangle) (2012. november 17.)

<http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> (2012. november 17.)

középhiba (*RMSE*) érték (GESH, D. et al. 2012). A vizsgált terület esetében -1 értékeket találtam a Duna felszínén, ami azt jelenti, hogy ezen területek magassági adatait az *SRTM V3* modellből vették át.



2. ábra. Az ASTER GDEM magassági adatainak előállításához használt műholdképek számát tartalmazó NUM fájlból készített térkép. (saját szerk.)

A folyó hosszában a korrekciók ellenére továbbra is a valósnál lényegesen magasabb értékek fordulnak elő. Ezt az okozza, hogy a V2 továbbfejlesztett „vízmaszkja” is csak az 1 km<sup>2</sup>-nél nagyobb kiterjedésű szárazföldi tavak esetében mutat sík felszínt, a folyók esetében megmaradtak a hibás magasságok (TACHIKAWA, T. et al. 2011).

#### 4.2.2. A topográfiai és a referencia DDM

A kutatásba a GDEM-en kívül további két DDM-et is bevontam. Ezek közös vonása, hogy a modellek előállításához az adatnyerés elsősorban kartometriai módszerrel, szintvonalak digitalizálásával zajlott és ebből interpolált raszter modellekről van szó (BAKÓ Z. 1993, SIRISTYE F. – ZBORAY Z. 2004).

A dolgozatomban topográfiai jelzővel említett domborzatmodell az MH TÁTI (Magyar Honvédség Tóth Ágoston Térképészeti Intézete) által 1992-re előállított DDM-10. A modell 10x10 m-es cellákra vonatkoztatva tartalmazza a felszín – balti szinttől számított – magassági értékeit, 1 méteres élességgel. A modell adatforrása az 1:50 000 méretarányú, Gauss-Krüger vetületi rendszerű katonai topográfiai térkép volt, melynek szintvonalas

domborzati föliáiról vitték be az információkat. A munka során a DSZM létrehozásakor interaktív módon javították a szintvonalakat és rendelték hozzájuk az adatokat, majd interpolációs eljárással a rács minden pontjában kiszámították a magassági értékeket. (BAKÓ Z. 1993, SIRISTYE F. – ZBORAY Z. 2004)

MÁRKUS B. (2010) említi, hogy a modell esetében teraszhatás figyelhető meg a magassági értékeknek a szintvonalak közelében való jelentős sűrűsödése következtében. Esetemben a DDM-ből származtatott derivátum térképeken valóban észlelhető volt ez a probléma. A jelenség előfordulása, valamint, hogy a modellen nem lehet elkülöníteni a Duna medrét voltak a legfontosabb tényezők, amik miatt a kutatáshoz más viszonyítási felszínt vettem igénybe.

Az elkészült DDM-10 ellenőrzése során felszíntípusonként meghatározták annak pontosságát is. A középhiba értékeket az 2. sz. *melléklet* foglalja össze.

Referencia DDM-nek nevezem azt a digitális domborzatmodellt, melyet jelen kutatás során elfogadok a valós domborzat reprezentációjaként és ehhez viszonyítom a továbbiakban az *ASTER-GDEM*-et. A modell előállításához szükséges másodlagos adatgyűjtést szakdolgozatom készítésekor hajtottam végre. A DSZM alapját az 1996-ban frissített 1:10 000 méretarányú EOVS topográfiai térképek szintvonalai és magassági pontjai adták, a modell vertikális felbontása cm-es. A digitális állományok feldolgozása során végig EOVS vetületi rendszerben dolgoztam. *GRASS*-ban a szintvonalakból 10 m-enként pontokat generálva<sup>14</sup>, a *v.surf.rst*<sup>15</sup> interpolációs modul igénybevételével hoztam létre egy 5 m-es cellaméretű felületet. Az interpolációhoz a megfelelő módszert és beállításokat részletes szakirodalmi kutatás alapján határoztam meg (JÓZSA E. 2012).

A választott eljárással előállított felszín – más raszterizációs módszerrel készített eredménytérképekhez viszonyítva – jobban egyezik a valós topográfiával, „szebb” a megjeleníthetősége (BOWMAN, H. – NETELER, M.<sup>16</sup>). Ezen kívül a módszer pontossága és flexibilitása – a tenzió változtatásának lehetősége miatt – nagyobb, mint más eljárásoké (MITÁŠOVÁ, H. – MITÁŠ, L. 1988, 1993). Az interpolációhoz többféle paraméter adható meg: a *tension parameter* változtatásával szabályozhatjuk a raszter felszín ráfeszítését a pontokra, a *smoothing parameter* a felszín tulajdonságaitól erősen eltérő adatok elsimításában segít.

---

<sup>14</sup> *v.to.points* parancs – [http://grass.fbk.eu/gdp/html\\_grass64/v.to.points.html](http://grass.fbk.eu/gdp/html_grass64/v.to.points.html) (2012. november 14.)

<sup>15</sup> [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/v.surf.rst.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/v.surf.rst.html) (2012. november 15.)

<sup>16</sup> A *GRASS-Wiki RST Raster Surfaces* szócikkét 2008 májusában hozta létre a két szerző, 2010 novemberében frissítették utoljára.

A megfelelő tenziós- és simítási paramétert néhány próbálkozás után sikerült beállítani; az értékek meghatározásához MITÁŠOVÁ, H. et al. (2005) kutatásában leírtakat használtam fel. Az interpoláció során a magassági értékekben bekövetkező „túllövések” (*overshoots*) elkerülése érdekében a tenziós paramétert viszonylag nagy értékre (200) állítottam, így a felszín a magassági pontokat jól követi; az éles formák elsimítására pedig 0,5-ös simítási értéket alkalmaztam. Az eljárás a túl sűrűn elhelyezkedő pontokat figyelmen kívül hagyja, azonban a kis távolságon belül hirtelen változó magassági értékű területek miatt fontos volt, hogy az interpolációhoz minél több értéket vegyen figyelembe a program. A pontok eltávolításának elkerülése érdekében 0,5 m-re csökkentettem a figyelembe vett pontok közötti legkisebb távolság értékét. A modellalkotó eljárás helyességét terepi ismereteim alapján próbáltam megbecsülni.

A domborzat leképezésekor a legnagyobb problémát a sík ártéri területek, a dombságperemi lejtők, völgyek, és a 45–60 m/km<sup>2</sup> relatív reliefű löszfalak együttes kezelése, valamint az interpoláció hatására kialakuló teraszhatás elkerülése jelentette. NVIZ-ben<sup>17</sup> megjelenítve a DDM 3D-s képét, valamint az adatokból készített hisztogramot megvizsgálva megállapítottam, hogy a megfelelő beállításokkal sikerült mindkét problémára megoldást találni. Az elérhető forrásokkal<sup>18</sup> összehasonlítva a hisztogramot elmondható, hogy a magassági adatok sűrűsödése a szintvonalak közelében az elfogadható határon belül van. Az azonos magassági pontokból kialakuló kisebb sík felszínek jellemzően a völgyekben figyelhetőek meg. Jelenlétük kimutatható a lejtőkategória térképen is, azonban elhelyezkedésükről elmondható, hogy általában beépített térségekben húzódnak, ahol a völgyek alján műutakat, javított talajutakat találunk.

A leírtak mellett fontos szempont továbbá, hogy a jelentősebb vízrajzi elemek elkülönüljenek a környező felszínektől, ezért ezeket egységes magassági értékű felületekkel helyettesítettem az *r.patch*<sup>19</sup> opció használatával. A folyók és holtágak esetében a kitöltés mértéke 84,37 m, azaz a Bátánál a Dunán lévő vízmérce nullpontjától (82,37 m) számítva, az itt mért legkisebb vízállás értékével (200 cm) növelt vízmagasság<sup>20</sup>.

---

<sup>17</sup> [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/nviz.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/nviz.html) (2012. november 15.)

<sup>18</sup> KERTÉSZ Á. 1997, WISE, S. M. 1998, WILSON, J. P. – GALLANT, J. C. 2000, HUTCHINSON, M. F. – GALLANT, J. C. 2000, MÁRKUS B. 2010

<sup>19</sup> [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.patch.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.patch.html) (2012. november 14.)

<sup>20</sup> <http://www.ovisz.hu/index.php?module=map&voa=164961ED-97AB-11D4-BB62-00508BA24287&szervezet=4&order=vizfolyasnev&idosor=0> (2012. január 26.)

A DDM elkészítésének utolsó lépéseként az *r.neighbors*<sup>21</sup> használatával a modell celláinak szomszédságában elhelyezkedő 3x3 cella értékeit átlagoltam. Ez az eljárás tovább finomította a modellt.

A vizsgálati területre vonatkozó topográfiai és referencia DDM színfokozatos térképét a 7. ábra b, d, e térképei mutatják be.

#### **4.2.3. A referencia DDM kiválasztásának indoklása**

Az *ASTER GDEM*-en előforduló hibák vizuális felderítéséhez, kvantitatív elemzéséhez mindenképpen szükség volt egy referencia-modell alkalmazására. A valós felszín, az az a „hibátlan érték” helyettesítésére szolgáló felületként a Báta környékéről létrehozott DDM-et választottam. Nyilvánvaló, hogy a domborzatmodellt ismeretlen hibák terhelik, melyek elsősorban az adatforrásként szolgáló topográfiai térképek adatgyűjtésére, azok előállítására idejére, a térképi ábrázolás korlátaira, a magassági adatok létrehozásának módszerére vezethetők vissza (KERTÉSZ Á. 1997). A térség domborzati viszonyairól azonban nem rendelkezünk, nem rendelkezhetünk teljesen pontos leírással, viszont ez a modell a valóság másaként alkalmazható arra, hogy bemutassa a felszín tulajdonságait, törvényszerűségeit, következtetések levonását tegye lehetővé (DETREKŐI Á. – SZABÓ GY. 2002).

A referencia DDM egy olyan térségről készült, amely reprezentatív az egész vizsgálati terület természeti és társadalmi viszonyait tekintve. A Báta körül kijelölt részlet kiterjed a környező ártéri-síkvidéki és dombsági térszín egy-egy szeletére, rajta van a terület vízrajzát meghatározó Duna is, valamint előfordul a legtöbb általam vizsgálni kívánt felszínborítottsági kategória.

#### **4.2.4. Területhasználati térkép**

A vizsgálati terület esetében a DDNP rendelkezéseimre bocsátotta a térség Külterületi Vektoros Térképét (KÜVET), így néhány módosítás elvégzése után ezt alkalmaztam az *ASTER GDEM*-en a felszínborítottság miatt jelentkező hibák kiküszöböléséhez.

A KÜVET egy olyan vektoros térképi adatállomány, amelyet a külterületi analóg ingatlan-nyilvántartási térkép átalakításával hoztak létre, az eredeti térképek hiteles, digitális másolata. A vetülete EO.V. 2005-re készült el (SIMON S. 2005), azonban a későbbiekben a digitális térképek változásait az illetékes földhivatalok vezették.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.neighbors.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.neighbors.html) (2012. november 15.)

<sup>22</sup> KÜVET jellemzés. <http://www.nkp-kht.hu/> (2012. november 1.)

Az állományok formai egységessége ellenére az adatminőségi jellemzők tekintetében vannak eltérések, heterogén az állomány, emellett a geometriai pontosság sem mindenhol megfelelő (VINCZE L. 2010). Azonban, mivel nem rendelkezünk ennél részletesebb és pontosabb adatforrással a vizsgált térség területhasználatát illetően, el kell fogadnunk a térképről nyerhető információkat.

#### **4.3. Felhasznált szoftverek**

##### *Geoinformatikai programok*

- Quantum GIS Desktop 1.8.0 – Lisboa<sup>23</sup>
- GRASS GIS 6.4.3<sup>24</sup>
- ArcGIS for Desktop 10.1<sup>25</sup>

##### *Vektorgrafikus program az ábrák szerkesztéséhez*

- Inkscape 0.48.2

##### *Statisztikai elemzésre és grafikonyszerkesztésre használt szoftverek*

- OpenOffice.org Calc 3.3
- R

##### *Grafikus- és rajzolóalkalmazás a folyamatábra készítéséhez*

- Microsoft Visio 2010

A dolgozat készítése során a térképek és domborzatmodellek kezelését, elemzését modern geoinformatikai eszközök és módszerek alkalmazásával valósítottam meg. A munkafázisok végrehajtásakor több programot is felhasználtam, attól függően, hogy előzetes ismereteim alapján az egyes feladatok megoldását melyik szoftverrel ítéltam a legkönnyebben kivitelezhetőnek.

A felhasznált programok között több az ún. szabad szoftver<sup>26</sup>, mivel ezek ingyenesen elérhetőek az internetről, így anyagi ráfordítás nélkül tudtam a saját számítógépemen is dolgozni.

---

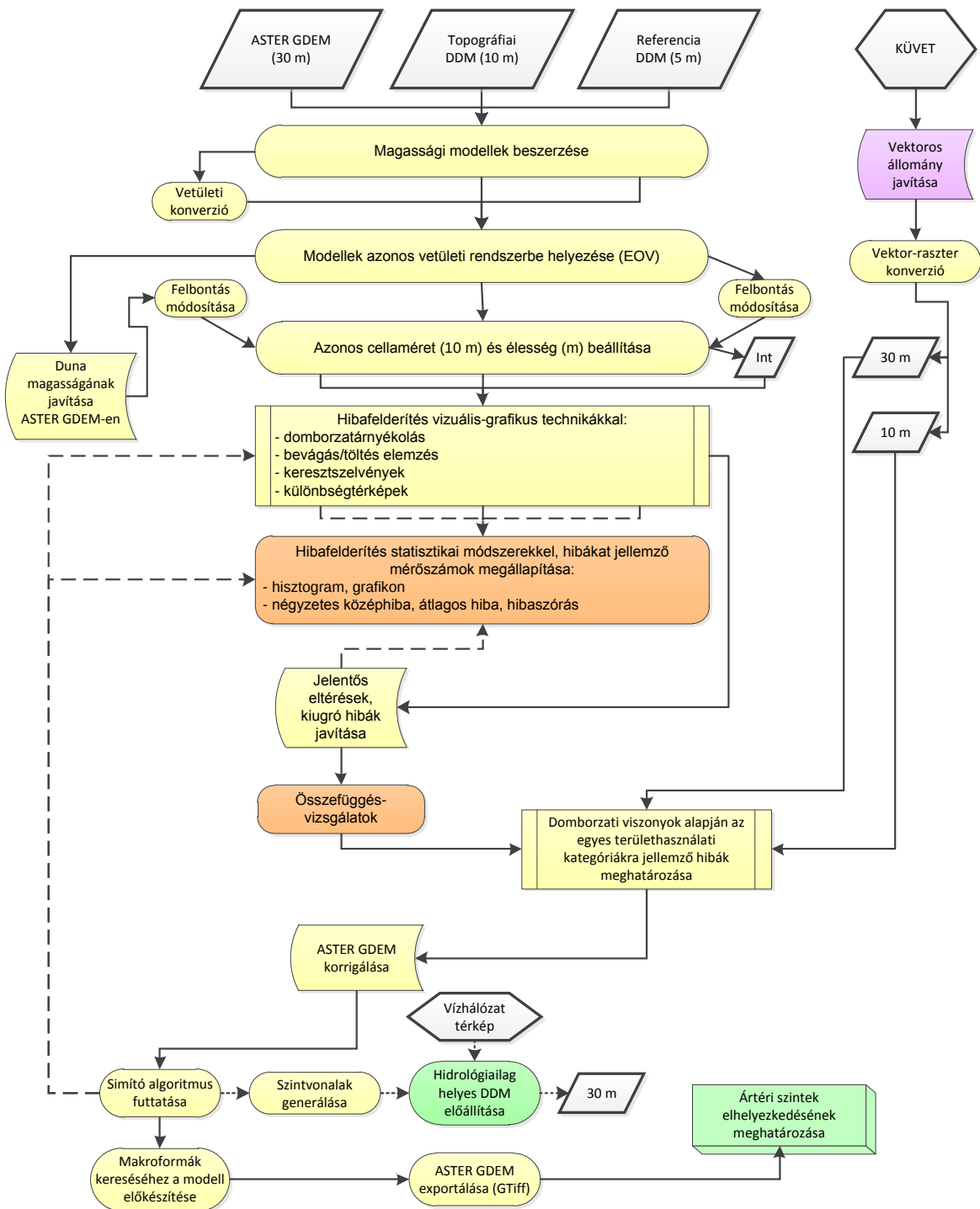
<sup>23</sup> <http://www.qgis.org/> (2012. november 11.)

<sup>24</sup> <http://grass.fbk.eu/> (2012. november 11.)

<sup>25</sup> <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop> (2012. november 11.)

<sup>26</sup> <http://fsf.hu/> (2012. november 11.)

#### 4.4. A kutatás során végrehajtott műveletek



3. ábra. A kutatás lépései folyamatábrán bemutatva. Szürke háttérű alakzatok a kiindulási, illetve létrehozott raszteres és vektoros térképek; sárga háttérrel a GRASS GIS-ben, lilával a Quantum GIS-ben, zölddel pedig az ArcGIS-ben végrehajtott lépések. Narancssárga háttérű formák a táblázatkezelőben elvégzendő feladatok. A szaggatott vonalú nyilak az egyes módosítások, új elemek létrehozása utáni ellenőrző lépésekre mutatnak. Pontozott vonalú nyilakkal a hidrológiailag helyes DDM előállításának lépéssora. (saját szerk.)

## A magassági modellek beszerzése

Az első lépés az *ASTER GDEM* állományának letöltése volt a korábban említett honlapok bármelyikéről. Ezt követően a *DEM* és *NUM* fájl importálására került sor a *GRASS GIS* programba, a megadott *Lat/Lon* vetületi rendszerű *location*-be<sup>27</sup>. Ezzel párhuzamosan egy *EOV location*-ben elhelyeztem a topográfiai és a referencia DDM-et tartalmazó *mapset*-eket<sup>24</sup>.

## A modellek azonos vetületi rendszerbe helyezése

A topográfiai és a referencia DDM *EOV* vetületi rendszerű, így azokat csak másoltam a *g.copy*<sup>28</sup> paranccsal a munkához létrehozott *mapset*-be. Az *ASTER GDEM*-et vetületi konverzióval<sup>29</sup> összekötve hívtam be ebbe a mappába. Az *r.proj*<sup>30</sup> kimeneti fájlja megtartotta a 30 m-es felbontást. Mivel a konverzió módszere *nearest* (legközelebbi szomszéd) volt, nem jöttek létre új magassági értékek (WINKLER P. et al. 2006). A modellek szuperponálása után már megkezdhető volt a tényleges munka.

## A Duna magassági értékeinek javítása

A folyó magassági adatainak eltéréseit már a hibakeresési eljárások alkalmazása előtt, az *elevation* színkódú térkép megjelenítésekor észleltem. Mivel a hibák pontos kiértékelését ez az anomália megzavarná, úgy döntöttem, hogy már az első lépések között megszüntetem. Egyértelmű volt, hogy a megoldás a magassági értékek helyettesítése pontosabb értékekkel. Az *SRTM V4* modellből nyerhető adatokat használtam fel, mivel a modell esetében megfelelő „vízmaszk” alkalmazásával a torkolat felé fokozatosan csökkenő magasságokat határoztak meg a folyókon<sup>31</sup>. Az értékek cseréjének végrehajtásához először az *r.proj* használatával ezt a modellt is *EOV* rendszerűvé

---

<sup>27</sup> A használni kívánt fájlok elhelyezkedését három tényező határozza meg a *GRASS*-ban. A *database* (adatbázis) könyvtár tartalmazza a különböző állományainkat. Ezen belül található az ún. *location* (hely) könyvtár, amely a digitális térképünk által ábrázolt területre utal, csak azonos vetületi rendszerű térképek gyűjteménye lehet. A *location*-ben található *mapset* (térképrészlet) mappában az azonos vetületi rendszerű, de valamilyen tematikus szempont szerint szétválogatott térképeinket találjuk. (BUGYA T. 2010a)

<sup>28</sup> [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/g.copy.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/g.copy.html) (2012. november 17.)

<sup>29</sup> A *GRASS* sokféle vetületi rendszert képes használni és a vetületi transzformáció lehetőségével biztosítja közöttük az átjárást (BUGYA T. 2010b)

<sup>30</sup> [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.proj.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.proj.html) (2012. november 17.)

<sup>31</sup> [http://eros.usgs.gov/#/Find\\_Data/Products\\_and\\_Data\\_Available/Shuttle\\_Radar\\_Topography\\_Mission\\_Water\\_Body\\_Dataset](http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/Shuttle_Radar_Topography_Mission_Water_Body_Dataset) (2012. november 17.)

transzformáltam. A területhasználati térképből létrehozott, csak a Duna poligonját tartalmazó vektoros térképet 1 és 0 értékeket tartalmazó raszter térképpé konvertáltam<sup>32</sup>. A folyószakasz raszteres állományát sablonként felhasználva az *r.mapcalc*<sup>33</sup> segítségével – Boole-algebra szerint – az *SRTM*-ből kivágtam a megfelelő területet. Mivel ez utóbbi modell horizontális felbontása 90 m<sup>34</sup>, az *r.resamp*<sup>35</sup> használatával az *ASTER GDEM*-nek megfelelően 30 m-re módosítottam. Ebben az esetben szintén a legközelebbi szomszéd elvén történt a transzformáció. Ezt a magassági adatokkal ellátott Duna szakaszt már az *r.patch* használatával beilleszthettem az eredeti modellbe.

### Azonos cellaméret és élesség beállítása

A térképek „raszter-raszter” módszerrel történő közvetlen összevetéséhez szükség volt arra, hogy az összehasonlítandó mátrixok azonos vetületi rendszerűek, egyező méretűek és felbontásúak legyenek (WINKLER P. et al. 2006). Az első feltétel teljesül a megelőző lépések végrehajtásával. Az egyező méret kérdése megoldható az előbb leírt módon a vizsgálati területet, vagy a referencia DDM területét vágóformaként felhasználva. Mivel az összevetéshez a topográfiai DDM 10 m-es cellaméretét választottam, ezért a referencia DDM és az *ASTER GDEM* felbontását az *r.resamp* használatával szintén 10 m-re módosítottam az előző pontban leírtakhoz hasonlóan.

Ezután a referencia DDM pixelei esetében a magassági értékeket *integer*, azaz egész szám típusúvá konvertáltam. Ehhez ismét az *r.mapcalc* használatára volt szükség, ahol az *int* funkcióval elérhető volt a kívánt eredménytérkép.

### Hibafelderítés vizuális-grafikus technikákkal

Az ilyen eljárások közül elsőként a domborzatárnyékolás módszerét alkalmaztam, amely gyors vizuális ellenőrzést tett lehetővé (HUTCHINSON, M. F.– GALLANT, J. C. 2000). Az északi féltekén elfogadott az ÉNy-ról, 45°-ban történő megvilágítás, mivel ezzel biztosított, hogy nem következik be domborzati inverzió<sup>36</sup> az ábrázolás során (JANCSIK P. – KUSZÁLIK J. 2004), illetve a Nap hagyományos elhelyezkedésétől eltérő megvilágítással készített domborzatárnyékolás segítséget nyújt a nehezen észrevehető eltérések

<sup>32</sup> *v.to.rast* parancs – [http://grass.osgeo.org/gdp/html\\_grass64/v.to.rast.html](http://grass.osgeo.org/gdp/html_grass64/v.to.rast.html) (2012. november 10.)

<sup>33</sup> [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.mapcalc.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.mapcalc.html) (2012. november 17.)

<sup>34</sup> <http://srtm.csi.cgiar.org/SRTMdataProcessingMethodology.asp> (2012. november 17.)

<sup>35</sup> [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.resample.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.resample.html) (2012. november 17.)

<sup>36</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Graphics\\_Lab/Resources/Creating\\_shaded\\_relief\\_\(GRASS,\\_3DEM\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Graphics_Lab/Resources/Creating_shaded_relief_(GRASS,_3DEM)) (2012. november 24.)

felderítésében is (OGUCHI, T. 2003). A vizsgálati területen az *r.shaded.relief*<sup>37</sup> használatával többféle beállítással is készítettem térképet. A leginkább megfelelő a nyugati irányból, 25°-os magasságban elhelyezett fényforrással történő megvilágítás volt, a rendkívül sík területek miatt a magassági értékek 2-szeres torzításával.

Két felszín esetében a negatív és pozitív eltéréssel jellemezhető területek könnyű felismeréséhez nyújtanak segítséget az *ArcGIS*-ben elérhető bevágás/töltés modullal<sup>38</sup> létrehozott állományok. *GRASS*-ban ez a függvény nem áll rendelkezésre, azonban a két felszín különbségéből készített térkép újraosztályozásával visszamenőleg létre tudtam hozni egy ilyen térképet.

A domborzatról azonos helyeken készített keresztmetszvényeken<sup>39</sup> az egyes modellek különbségei mellett az *ASTER GDEM* javulásának mértékét is tanulmányozhattam. Ez a módszer azért is előnyös, mert a megfelelő területeken vizsgálódva mutathatja az utolsó munkafázisban keresett teraszok elhelyezkedését is.

A vizuális technikák közül a legfontosabb a különbségtérképek előállítás, vagyis a korábban említett, „raszter-raszter” módszer szerinti összevetés volt. Amellett, hogy a megfelelő szintáblával ellátva jól mutatta a magassági hibák mértékét és térbeli elhelyezkedését a további elemzések alapjául is szolgált. A térképek létrehozásához egyszerűen az *r.mapcalc* használatával kivontam a megfelelő modelleket egymásból. Az *ASTER GDEM*-nek a viszonyítási felszínnél alacsonyabb részei negatív, magasabb részei pozitív értékű hibákként jelentkeztek.

### **Hibafelderítés statisztikai módszerekkel, hibákat jellemző mérőszámok megállapítása**

Az *r.stats*<sup>40</sup> paranccsal *GRASS*-ból nyert területi statisztikai adatokat a későbbiekben az *OpenOffice.org Calc* segítségével elemeztem, hisztogramokat, különböző típusú grafikonokat készítettem az ábrázolni kívánt információk függvényében. Az egyes tengerszint feletti magasságokhoz, vagy hibaértékekhez tartozó cellák számának alakulása hisztogramok segítségével jól nyomon követhető volt, a hibák környezetének magassági adatait pedig vonal-diagramokkal vizsgáltam.

A domborzatmodellek hibáit jellemző mérőszámok közül a négyzetes középhiba (angol rövidítés: *RMSE*), átlagos hiba (*ME*), hibaszórás (*ESD*) értékeket számítottam ki.

---

<sup>37</sup> [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.shaded.relief.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.shaded.relief.html) (2012. november 17.)

<sup>38</sup> <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Cut/Fill> (2012. november 17.)

<sup>39</sup> [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/d.profile.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/d.profile.html) (2012. november 17.)

<sup>40</sup> <http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.stats.html> (2012. november 25.)

Ezeket az értékeket jellemzően az *ASTER GDEM* értékelésével foglalkozó forrásokban is feltüntették (TACHIKAWA, T. et al. 2011, GESH, D. 2011, LI, P. et al. 2012). A szakirodalomban eltérő számítási módok találhatók, kutatásomban BÓDIS K. (2008) példáját követve DETREKŐI Á. (1991) szerinti képleteket alkalmaztam.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z(p_i) - z_{ref}(p_i))^2}{n}}$$

ahol  
 $n$  – a vizsgálatba bevont pontok száma,  
 $z(p_i)$  – a magassági érték a  $p_i$  pontban a vizsgált modellben,  
 $z_{ref}(p_i)$  – a magassági érték a  $p_i$  pontban a referenciamodellben.

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n |z(p_i) - z_{ref}(p_i)|}{n}$$

ahol  
 $n$  – a vizsgálatba bevont pontok száma,  
 $z(p_i)$  – a magassági érték a  $p_i$  pontban a vizsgált modellben,  
 $z_{ref}(p_i)$  – a magassági érték a  $p_i$  pontban a referenciamodellben.

$$ESD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z(p_i) - z_{ref}(p_i) - ME)^2}{n}}$$

ahol  
 $n$  – a vizsgálatba bevont pontok száma,  
 $z(p_i)$  – a magassági érték a  $p_i$  pontban a vizsgált modellben,  
 $z_{ref}(p_i)$  – a magassági érték a  $p_i$  pontban a referenciamodellben,  
 $ME$  – az átlagos hiba.

### Jelentős eltérések, kiugró hibák javítása

A vizsgált terület esetében az *ASTER GDEM*-en több számottevő hiba is található, melyeket a különböző hibafelderítési eljárások során vettem észre. Ezek jellemzően a topográfiával össze nem egyeztethető alakzatok, pl.: lyuk- vagy árokszerű bemélyedések, pontszerű vagy nagyobb kiterjedésű kiemelkedések akár közvetlenül a Duna partján is. A negatív hibák jelenlétét egyszerű volt megállapítani, hiszen a legalacsonyabb tengerszint feletti magasság (12 m) egyértelműen rossz érték. A pozitív hibák a vizuális hibakeresési módszerekkel tűntek ki.

A javításhoz felvetődött az `r.fill.dir`<sup>41</sup> GRASS parancs használatának lehetősége, amely a negatív, illetve a térkép inverze esetében a pozitív hibák feltöltésére is alkalmas egyes DDM-ek esetében. Az *ArcGIS* azonos célú moduljához<sup>42</sup> hasonlóan a lefolyási viszonyokat is figyelembe vevő eljárás jellemzően a kisebb hibák javításában hatékony. Lefuttatva az *ASTER GDEM*-en nem eredményezett jelentős változást, a legalacsonyabb érték 25 m lett.

<sup>41</sup> [http://ludique.u-bourgogne.fr/grass/grass64/manuals/html64\\_user/r.fill.dir.html](http://ludique.u-bourgogne.fr/grass/grass64/manuals/html64_user/r.fill.dir.html)  
(2012. november 24.)

<sup>42</sup> <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009z00000050000000.htm>  
(2012. november 24.)

A felhasznált módszer alapötletét a *Global Mapper* fórumán olvasható hozzászólás<sup>43</sup> és a program *Combine Terrain*<sup>44</sup> parancsa adta. A hozzászólásban a kiugró értékeket az adott térrész átlagos felszínétől jelentősen eltérő adatokként értelmezik. Ezek alapján az eredeti felszín egy átlagos felszínhez viszonyítva meghatározható az eltérések pontos helye, de éppen az átlagolás miatt pontos értéke nem. A hibajavítást *GRASS*-ban hajtottam végre, mivel nem akartam újabb geoinformatikai programot bevonni a kutatásba. Az eljárás lépései a következők voltak.

1. Az *r.neighbors* használatával, az átlagolás szomszédsági művelettel 3x3, 5x5, 7x7, 9x9 cellás környezettel létrehoztam az átlagolt felszíneket. Ennél nagyobb mátrixon nem végeztem simítást, mert túl sok felszínborítottsági kategóriát érintett volna.

2. Egy pozitív és egy negatív hiba közelében lekérdeztem és értékeltem a kiindulási és az új felszínek magassági adatait, illetve az értékek kivonásával meghatároztam az új felszínek eltéréseit az eredetitől. Az adatokat (3. sz. melléklet) és a diagramokat (4. ábra) megvizsgálva a hibák kereséséhez kiválasztottam először a 7x7 cellás környezettel végrehajtott simítás eredményét, a hibás cellák értékének kicseréléséhez pedig a 9x9 cellás simítás eredményét. A két hiba környezetében megjelennek az eredeti és a simított felszínek között pozitív és negatív értékű eltérések is. Azért, hogy az eltérő előjelű hibák javításai ne befolyásolják egymást, külön kellett kezelnem őket.

3. A pozitív és negatív hibákat újraosztályozással<sup>45</sup> leválogattam az *ASTER GDEM* és a topográfiai DDM különbségtérképéről. Az első esetben a pozitív hibák 1-es értéket kaptak, míg a negatív hibák területét *NULL*-ra állítottam, a második esetben éppen ellentétesen. Azért, hogy ezek a területek megkapják a megfelelő magassági adatokat, a két újraosztályozott térképet megszoroztam az eredeti magassági értékeket tartalmazó felszínnel.

4. A létrehozott új modellekből kivontam az *ASTER GDEM*-et, így megkaptam, hogy milyen eltérések jellemzőek a pozitív és a negatív hibával bíró térségekben. Az *r.stats* használatával kiírtam a hibaértékek gyakoriságát. Az egyes eltérésekhez tartozó cellák számát megvizsgálva kiválasztottam azt az értéket, amelyet követő hibaértéknél ugrásszerűen megnövekedett a gyakoriság. A kiválasztott értékek megjelenítésével vizuálisan is ellenőriztem, hogy hol helyezkednek el a hibás cellák.

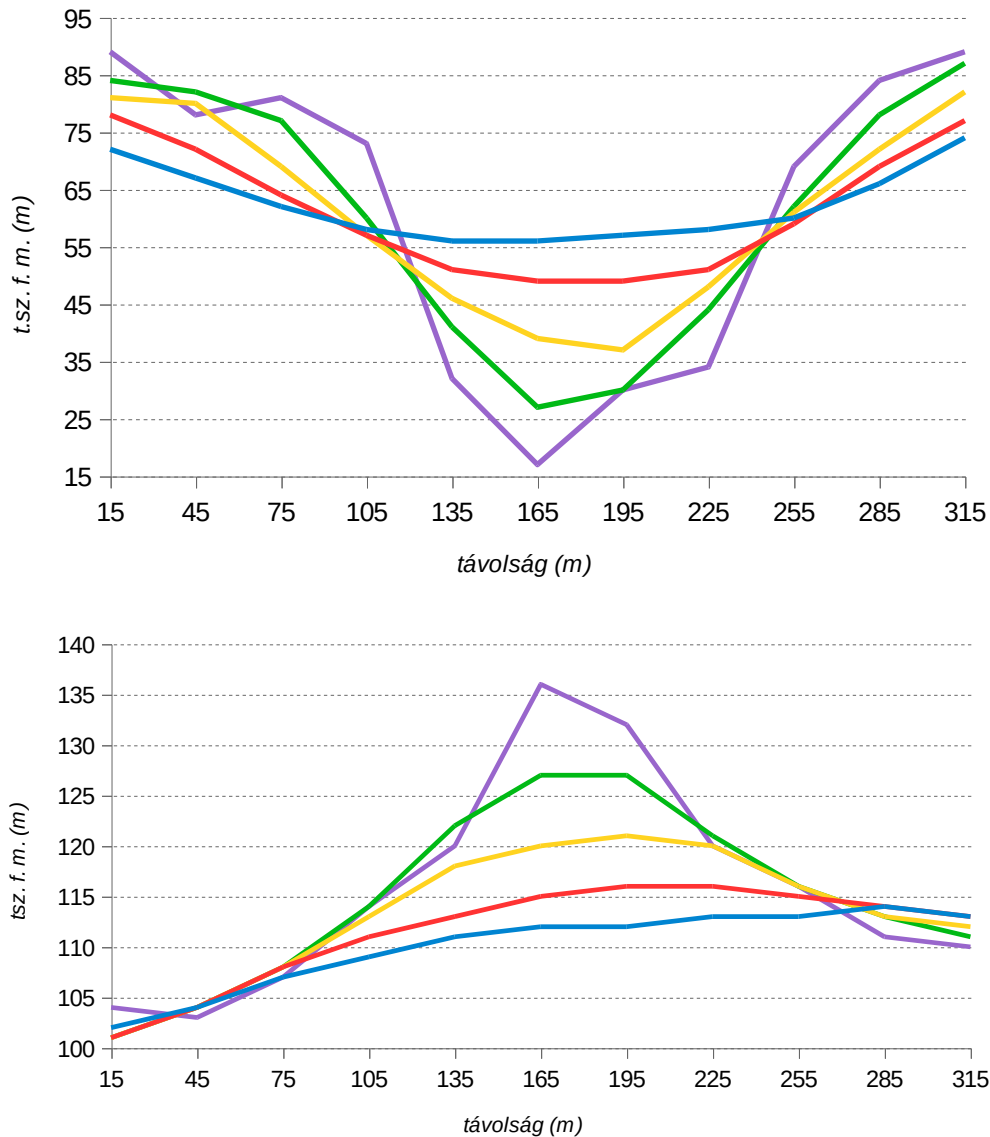
---

<sup>43</sup> <http://www.globalmapperforum.com/forums/elevation-data/8138-pit-spike-removal-dem.html> (2012. november 25.)

<sup>44</sup> [http://www.globalmapper.com/helpv14/Help\\_TerrainAnalysis.html](http://www.globalmapper.com/helpv14/Help_TerrainAnalysis.html) (2012. november 25.)

<sup>45</sup> *r.reclass* parancs – <http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.reclass.html> (2012. november 25.)

5. Újraosztályozással meghatároztam a kiugró értékek pontos elhelyezkedését. A pozitív hibákkal bíró térségek esetében a 13 és 56 m közötti tartomány 1-es értéket kapott, a többi területet *NULL* értékűre állítottam. A negatív hibák területeit tekintve a -47 és -13 m közötti hibákat osztályoztam 1-es értékűvé, minden más térséget *NULL* értékre.



4. ábra. Egy negatív (felül) és egy pozitív (alul) hiba megtalálásának és javításának lehetőségei. Lila – eredeti felszín, Zöld – simítás 3x3 cellával, Sárga – simítás 5x5 cellával, Piros – simítás 7x7 cellával, Kék – simítás 9x9 cellával. (saját szerk.)

6. Az 1 értékű cellák adatait lecseréltem a 9x9 cellás simítással létrehozott új magasságokra. Ehhez ismét csak egy szorzásra volt szükség az *r.mapcalc* használatával.

7. Az *ASTER GDEM* hibás magassági értékeit az *r.patch* parancs segítségével váltottam ki az új magasságokkal.

8. A javítás eredményének ellenőrzéséhez létrehoztam és megvizsgáltam a módosított *ASTER GDEM* és a topográfiai DDM különbségtérképet.

A legalacsonyabb tengerszint feletti magasság, a negatív és a pozitív hibaértékek nem változtak jelentősen (1. táblázat), ezért másodszor is végrehajtottam az eljárást. Ekkor már az előbbi ellenőrzés eredményeként kapott különbségtérkép alapján válogattam szét a pozitív és negatív hibával bíró térségeket. A kiugró hibák helyzetének felderítéséhez a 9x9 cellás simítás eredményét használtam, az újraosztályozás során pedig a 12 és 62 m közötti illetve a -51 és -12 m közötti tartománynak adtam 1-es értéket. Az új magassági értékeket szintén a 9x9 cellával történt átlagolásból kapott felszínből vettem át. A 1. táblázat adataiból látszik, hogy a módosításokkal lényegesen jobb eredményeket értem el.

1. táblázat. A jelentős hibák javításának hatása a tengerszint feletti magasságra, az előforduló legnagyobb és legkisebb magassági hiba értékekre. (saját szerk.)

|                         | Eredeti térkép |          | Első javítás után |          | Második javítás után |          |
|-------------------------|----------------|----------|-------------------|----------|----------------------|----------|
| Max. tsz.f.m.           | 284 m          |          | 284 m             |          | 284 m                |          |
| Min. tsz.f.m.           | 12 m           |          | 17 m              |          | 47 m                 |          |
| Max. hiba <sup>46</sup> | 79 m           | cella: 9 | 58 m              | cella: 9 | 53 m                 | cella: 9 |
| Min. hiba <sup>46</sup> | -72 m          | cella: 9 | -55 m             | cella: 3 | -42 m                | cella: 9 |

A fennmaradó hibaértékek kisebb mértékűek és kevesebb cellát érintenek, így kevésbé fogják befolyásolni a későbbi vizsgálatok eredményeit. A továbbra is jelentős hibával bíró térségek elhelyezkedését megvizsgálva látszik, hogy azok a már eltávolított hibák közelében találhatóak. Valószínűsítem, hogy ez összefüggésben áll azzal, hogy az átlagolás során a kiugró értékű cellák közelében nem módosult kellően a felszín magassága, így a különbségtérképről származó értékekkel nem sikerült ezek helyét pontosan meghatározni.

## KÜVET térkép módosítása, átalakítása

A DDNP-től kapott térkép a 2010-es állapotokat mutatja be. Felhasználását az teszi lehetővé, hogy a területegységek elhelyezkedésén kívül számos leíró adatot is tartalmaz, melyek között szerepel a művelési ágra vonatkozó információ is.

A Nemzeti Park teljes működési területéről kapott térképből mindenekelőtt a *Quantum GIS Clip* eszközt használva kivágtam a vizsgálati területet, hogy egy kezelhető adatállományhoz jussak.

<sup>46</sup> Az értékeket *ASTER GDEM* és a topográfiai DDM különbségtérképe alapján határoztam meg a teljes vizsgálati terület viszonyainak áttekintéséhez.

A kapott térkép adattábláját megvizsgálva a 'MUVAG' oszlopban találtam meg a felszínborítottságra vonatkozó információkat, melyek az egyes típusok egyezményes rövidítéseiként, jeleiként szerepeltek. A dbf fájlt *OpenOffice Calc*-ban szerkesztettem. A 'MUVAG' oszlopot egy új munkalapra másoltam, – a 4. sz. *melléklet*ben összefoglaltaknak megfelelően – lecseréltem az egyes karaktersorozatokat integer számokra, majd az eredeti adattáblában létrehoztam egy új oszlopot ('KAT'), amelybe beillesztettem a számértékeket. További módosításokat is el kellett végeznem, mivel néhány esetben nem volt megtalálható a művelési ágra vonatkozó adat, illetve a vízrajzi elemek poligonjait a művelés alól kivett kategóriából a tó, halastó és vízfolyások kategóriákba kellett átsorolnom. Ehhez a *Quantum GIS GRASS modul*jában elérhető szerkesztő eszközzel módosítottam az egyes poligonok centroidjaihoz tartozó attribútum adatokat az 1:10 000 EOVS topográfiai térképeket, illetve a *Google Maps* műholdfelvételeit alapul véve.

A kutatás eredményessége szempontjából döntő jelentőségű, hogy a magassági értékeket jelentősen módosító területhasználati kategóriák lehatárolása pontos legyen. A Bába környéki területen kitértem a felszínborítottsági kategóriák részletes elemzésére és néhány esetben a *Google Maps* felvételeinek megfelelően módosítottam egyes poligonok határait.

Az elkészült vektoros térkép átfedés- és hézagmentes poligonrendszerben tartalmazza a területre vonatkozó felszínborítottsági információkat. A térképet *GRASS*-ban a *v.to.rast* parancs használatával raszter formátumúvá konvertáltam a művelési ág kategóriák kódjai alapján, 10 és 30 m-es felbontással.

### **Összefüggés-vizsgálatok**

Szakirodalmi példák (SZABÓ G. 2011, TAKACHI T. 2011) alapján fontos lépésnek ítéltam, hogy az elsődleges domborzati jellemzők, valamint a felszínborítottság és a domborzatmodellek közötti magasságkülönbségek összefüggéseit megállapítsam.

Előbbihez csak a szántó és a rét, legelő kategóriába tartozó területeket vettem figyelembe, feltételezve, hogy a természetes és mesterséges objektumoktól mentes felszín magasságától ezek a területek térnek el a legkevésbé. Az *ASTER GDEM* és a referencia DDM közötti eltérések értékeit *GRASS*-ból szövegfájlként exportáltam az *r.stats* használatával, majd első lépésben az *Open Office.org Calc* táblázatkezelőben elemeztem. A tengerszint feletti magasság és a lejtőszög esetében a *CORREL* függvény használatával meghatároztam a korreláció értékét, illetve *Scatter* (Pont) diagramon is megvizsgáltam az értékeket.

A kitérttség esetében nem lehetett így vizsgálni az összefüggést, hiszen a lejtőnek ezt a tulajdonságát az értékek égtájának megfelelő kategóriába sorolásával fejezik ki (LOVÁSZ GY. 1985). A tengerszint feletti magasságokat és a lejtőszög értékeket is csoportosítottam, mert a teljes minta esetében a korrelációs együtthatók alapján nem volt kimutatható kapcsolat. A táblázatkezelő függvényei segítségével meghatároztam az egyes kategóriák hibaértékeinek statisztikai jellemzőit (átlag, szórás, medián, legkisebb és legnagyobb értékek). Az adatokból az R szoftver használatával készítettem el a *boxplot* diagramokat, ezeket az 5. sz. *melléklet* mutatja be.

A felszínborítottságra vonatkozó hibaértékek szintén az egyes típusokra vonatkoznak, így azokkal ugyanígy jártam el. A referencia DDM területén nem fordult elő városias jellegű belterületi térség, valamint kert, ezek esetében a teljes vizsgálati területre vetítve az *ASTER GDEM* és a topográfiai DDM különbségtérképét kellett használnom. Emellett a vízrajzi elemekre jellemző magassági hibák vizsgálatakor nem vettem számításba a Duna területére eső cellákat, hiszen azokat egy korábbi lépésben már javítottam. A tavakat pedig rendkívül kis területük miatt a vízfolyásokkal egy kategóriába soroltam. A későbbi vizsgálatok során megnehezítette volna a munkát 13 területhasználati kategória külön történő kezelése, ezért a statisztikai jellemzők alapján összevontam egyes kategóriákat.

### **Domborzati viszonyok alapján az egyes területhasználati kategóriákra jellemző hibák meghatározása**

Az összefüggés-vizsgálatok eredményeire alapozva 4 kategóriát alakítottam ki a tengerszint feletti magasságokból<sup>47</sup>, illetve 5 osztályba soroltam a felszínborítottságokat.

Annak ellenére, hogy az összefüggés-vizsgálatok nem mutattak ki egyértelmű kapcsolatot a tengerszint feletti magasság és a hibák között, más kutatások eredményeire (MUKHERJEE, S. et al. 2013) támaszkodva mégis inkább 4 magassági szintre bontottam a modellt. A felszínborítottság esetében a vízfolyások, tavak kategóriájából eltávolítottam a Dunát, mivel annak magasságát már javítottam. Továbbá a hibaértékek meghatározásához nem vettem figyelembe a művelés alól kivett területeket, mivel a kategória – feltehetően a töltések miatt – a vártnál nagyobb átlagos hibaértékekkel bír. Amennyiben ezt az értéket

---

<sup>47</sup> A hibák miatt az ártéren is vannak 99 m feletti területek, ezeket azonban el kellett különítenem a dombvidéki tájegységbe tartozó felszínektől. Mivel ez utóbbi összefüggő foltként húzódik a terület nyugati oldalán az *r.clump* (<http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.clump.html> [2012. december 8.]) használatával az ártéri részekről elkülönülő értéket kapott, amit kiválasztva, 1 értékűvé osztályozva majd az eredeti térképbe az *r.patch* használatával visszaillesztve külön magassági szintként tudtam kezelni.

használnám a modell magasságának módosításához, az utak helyén patakszerű bevágások alakulnának ki.

GRASS-ban az *r.cross* fedvénymetszési művelet a különböző magassági szinteken elhelyezkedő területhasználatokból 24 kategóriát hozott létre. Az ezekhez tartozó hibaértékeket a korábbiaknak megfelelően újraosztályozással, majd logikai szorzással állapítottam meg. Az adatokat ismét az *r.stats* használatával kérdeztem le. Ezek átlagainak egész számra kerekítésével és ellentettjét véve határoztam meg az *ASTER GDEM* módosításához szükséges értékeket, amelyeket a 2. táblázat foglal össze.

2. táblázat. Az *ASTER GDEM* magassági adatainak módosításához felhasznált értékek.<sup>48</sup>

|              | < 84 m | 84–99 m | > 99 m (ártér) | > 99 m (dombvidéki tájegység) |
|--------------|--------|---------|----------------|-------------------------------|
| 1. kategória | 6 m    | -4 m    | -19 m          | 4 m                           |
| 2. kategória | 5 m    | -1 m    | -6 m*          | -4 m                          |
| 3. kategória | 5 m    | -2 m    | -19 m          | 3 m                           |
| 4. kategória | 5 m    | -6 m    | -23 m          | 2 m                           |
| 5. kategória | 11 m*  | 2 m     | 3 m*           | 3 m                           |

1. kategória: Erdő, fásított terület

2. kategória: Hagyományosan vidéki és városias belterületek

3. kategória: Szántó; Rét, Legelő; Művelés alól kivett terület; Kert; Nádas

4. kategória: Vízfolyás; Tó, halastó

5. kategória: Gyümölcsös; Szőlő, Zártkert; Egyéb épület, épületcsoport

Az egyes metszetek esetében előfordult, hogy igen alacsony számú cella tartozott csak a létrejövő kategóriához (pl.: vízfolyások 99 m felett, belterület 84 m alatt), azonban ezek az alulreprezentált kategóriák a teljes vizsgálati területből is kis aránnyal részesednek.

### **ASTER GDEM korrigálása, simítása**

A modell magassági adatainak módosításához az *r.cross* eredménytérképének kategóriáit újraosztályozással, a korrigáláshoz meghatározott értékekre változtattam. Ezt követően az *r.mapcalc* alkalmazásával egyszerűen kivontam az *ASTER GDEM*-ből ezeket a hibákat.

A kategóriák foltjainak széleinél esetlegesen kialakult eltérő magasságok elsimításához 3x3-as mátrixot használva átlagoltam az értékeket.

<sup>48</sup> Megjegyzés: a \*-al jelölt értékek esetében a hiba meghatározásához az *ASTER GDEM* és a topográfiai DDM magasságkülönbségeit vettem figyelembe, mivel nem volt a referencia DDM területén ilyen kategóriába tartozó terület.

## Hidrológiailag helyes DDM előállítása

Az *ASTER GDEM* javítása során megkíséreltem az *ArcGIS Topo to Raster* modulja<sup>49</sup> segítségével hidrológiailag helyes DDM-et előállítani a modellből, felhasználva a terület vízrajzát bemutató térképet is. Ehhez *GRASS*-ban méterenként szintvonalakat generáltattam a magasságmodellből, amelyet aztán *shp* fájlként vittem át *ArcGIS*-be. A *Topo to Raster* eszköz a jelenleg a HUTCHINSON, M. F. által 1988 óta fejlesztett *ANUDEM* 5.3-as verzióját<sup>50</sup> alkalmazza.

Mivel a kutatás további lépéseinek és az eredményeinek áttekintésekor kitűnik, hogy nem ezt az előállított modellt alkalmaztam itt keríték sort döntésem indoklására. Az eljárás eredményeként egy olyan DDM-et kellett volna kapnom, amelyen nincsenek a lefolyási viszonyokat hibásan módosító mélyedések, vízhálózatának egyes elemei összeköttetésben állnak (HUTCHINSON, M. F.– GALLANT, J. C. 2000). Az eredmény DDM és a simítás utáni *ASTER GDEM* különbségtérképéről azonban megállapítható volt, hogy jelentős javulást nem ért el a módszer, sőt egyes esetekben hibásnak ítélt, a topográfiával össze nem egyeztethető formák alakultak ki. YANG, Q. et al. (2007) cikke alapján feltételezhető, hogy a kiindulási modell adatainak további javításával, a vízhálózat pontosításával, az eljárás paramétereinek legmegfelelőbb beállításait kitapasztalva javítható lenne a kimeneti DDM, azonban ez jelen kutatás szempontjából nem releváns. Az eredmények tükrében a *Topo to Raster* alkalmazását elvetettem. A későbbiek során más úton folytattam tovább a munkát.

## A modell előkészítése a makroformák kereséséhez

A teraszok felderítéséhez alkalmazni kívánt módszer az egyes területegységek esetében feltételezi, hogy a legalacsonyabb pont – az az a kifolyási pont – a folyómeder területén helyezkedik el<sup>51</sup>. Az eljárás sikeressége érdekében tehát szükség volt arra, hogy a DDM-en az erózióbázis szintjénél alacsonyabb területek<sup>52</sup> és a Duna magassági értékeit megváltoztassam.

---

<sup>49</sup> <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//009z0000006s000000>  
(2012. december 12.)

<sup>50</sup> <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//009z00000007m0000000>  
(2012. december 12.)

<sup>51</sup> <http://blog.raptorrob.com/search/label/GIS> (2012. december 15.)

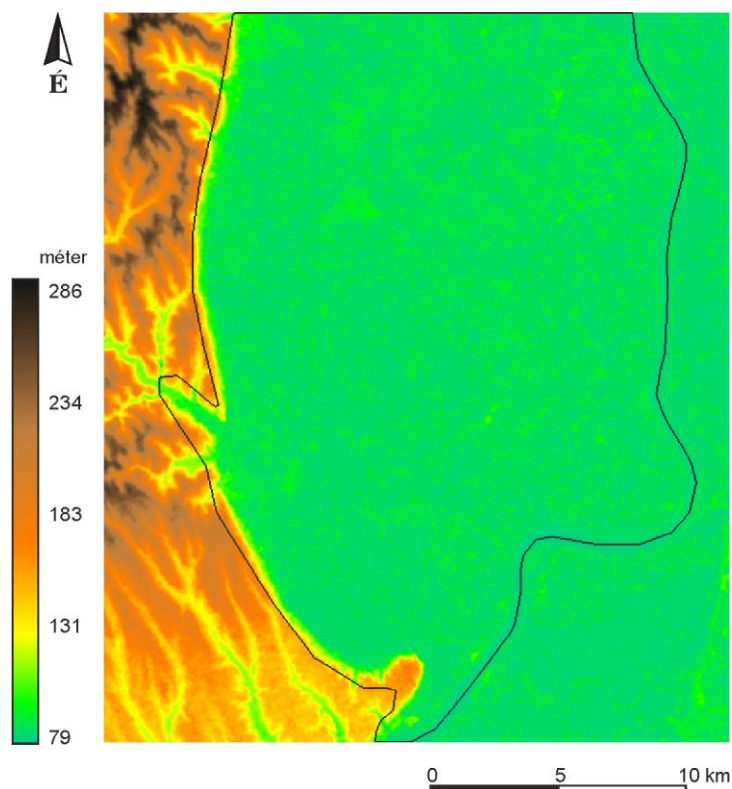
<sup>52</sup> Mivel a süllyedés következtében a térség É-D-i irányban lejt (PATAKI J. 1954) feltételezhető, hogy Báta környéke rendelkezik a legalacsonyabb tengerszint feletti magasságokkal a jobb parton. Figyelembe véve, hogy itt 84,5 m-nél alacsonyabb értékű szintvonalat a digitalizálás során nem találtam, illetve, hogy a legkisebb vízállás idején 84,37 m-en volt a víz szintje a Dunában úgy határoztam, hogy a 84 m alatti területeket az erózióbázis szintje alattinak tekintem.

Első lépésben a 84 m alatti magassági értékeket újraosztályozással egységesen 84 m-re változtattam, tulajdonképpen feltöltöttem a területet. Az *SRTM* modellből átvett Duna szakasz esetében egyszerűen kivonással a magassági értékeket 1,5 m-rel csökkentettem, majd visszaillesztettem a modellbe.

### Ártéri szintek elhelyezkedésének meghatározása

Az ártéri területeken fellelhető makroformák megtalálásához *ArcGIS*-t és a MILLER, R. és COOLEY, S. (2012) által írt *scriptet*<sup>53</sup> alkalmaztam. A szerzők hangsúlyozzák, hogy a teraszok meghatározása több lépésből álló folyamatsor ismétlését követelte meg, azonban ez a fél-automatikus eljárás jelentősen leegyszerűsíti a munkát. Alapja a DEMOULIN, A. et al. által 2007-ben kidolgozott módszer, amely a lejtőszög változásainak értékelésére épül. Az eljárás kiinduló gondolata LEOPOLD, L. B. et al. (1964) meghatározása volt, mely szerint a teraszok alapvetően két egységből tevődnek össze: egy sík felszínből és az elválasztó lejtős szakaszból.

A végrehajtáshoz *ArcGIS*-ben kellett előkészítenem a DDM-et. Első lépésként kivágtam azt a területet, ahol az eljárás terasz-szerű felszíneket keressen.



5. ábra. Az előkészített ASTER GDEM és a teraszok meghatározásához vizsgálni kívánt terület határvonala. (saját szerk.)

<sup>53</sup> A *script* egyszerű szövegfájl, amely *R* parancsok sorozatát tartalmazza.

Ehhez egy olyan poligont állítottam elő, amely a folyó vizsgálni kívánt partját tartalmazza a teraszok legmagasabb várható tengerszint feletti magasságáig<sup>54</sup>. A DDM-et ezután a *Clip* eszközzel metszeni kellett a kialakított formával, így létrehozva a tényleges vizsgálati terület domborzatmodelljét. Az újonnan előállított DDM-et *Lat/Lon* vetületi rendszerűvé konvertálva, *GTiff* formátumban exportáltam egy „munkamappába”, ahonnan a későbbiekben elérhető volt. A modell szélső koordinátáit a vizsgálat paramétereinek beállításaihoz fel kellett jegyezni. A módosított *scriptet* a 6. sz. *melléklet* tartalmazza. A *script* összefoglalva az alábbi lépéseket hajtja végre.

1. Beolvassa a kivágott DDM-et *GTiff* fájlként.
2. Létrehoz egy *pdf* fájlt, ahová a kimeneti grafikonokat készíti el. Jelen esetben 56 darab grafikon.
3. Meghatározza a DDM-ből létrehozandó kisebb egységekhez szükséges 1000 méteres szakaszok számát (jelen esetben 28 darab).
4. Végrehajtja a DDM részletek előállítását.
5. Megállapítja a legkisebb tengerszint feletti magasság értékét.
6. A relatív magassági értékek meghatározása érdekében a megállapított legkisebb magasságot kivonja az adatokból.
7. Eltávolítja a legalacsonyabb 5 méteres szint értékeit, azaz a jelenlegi nagyvízi meder celláit.
8. Az 5 tizedesjegy pontossággal megadott lejtőszög értékek és relatív magasságok összevetésével elkészíti *Scatter* (Pont) diagramokat.

Ezután a kiértékelő személy tudja megállapítani a lokális minimumértékeket. Az eljárással kapcsolatban fontos elmondani, hogy a grafikonokról leolvasható információk szakirodalmi és terepi ismeretek alapján történő pontosítása szükséges.

Az eredmények áttekintéséhez segítséget nyújt egy olyan ábra elkészítése, ahol a folyó hossz-szelvénye mentén elhelyezve a megállapított magassági pontokat, majd összekötve azokat kirajzolódnak a teraszszintek. Emellett a DDM-en csak a megállapított tengerszint feletti magasságban elhelyezkedő területeket megjelenítve azok területi elhelyezkedéséről is képet kaphatunk.

---

<sup>54</sup> A még vizsgálni kívánt tengerszint feletti magasság, illetve az alacsony ártér magassági szintjének meghatározásához PÉCSI M. 1959-es kötetében foglaltakat vettem figyelembe. A teraszok kereséséhez a legnagyobb magasságot 99 méterben, az alacsony ártér szintjét pedig a legalacsonyabb ponttól számítva 5 méterben állapítottam meg. A vizsgálati területre vonatkozó adatokat – és azok balti alapszintre átszámított értékeit – a 7. sz. *melléklet* tartalmazza.

## 5. Eredmények

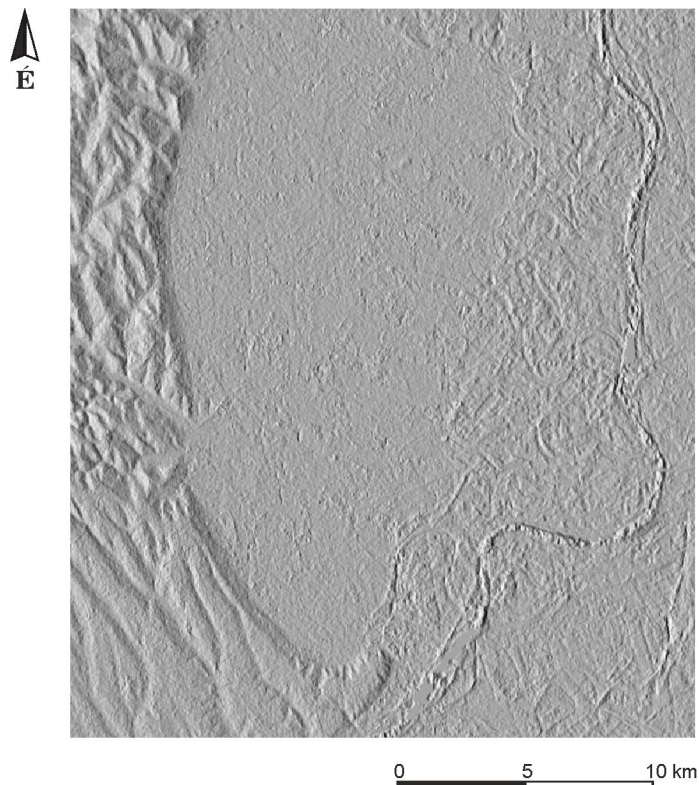
### 5.1. A domborzati viszonyok elemzése

#### 5.1.1. A modellek sajátosságai

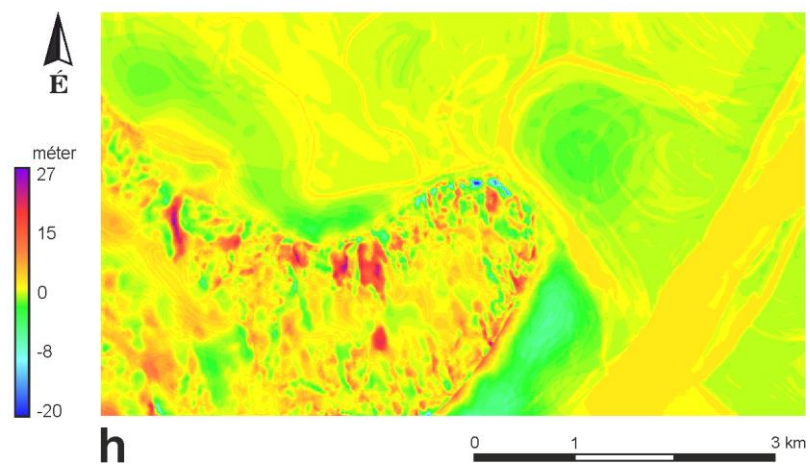
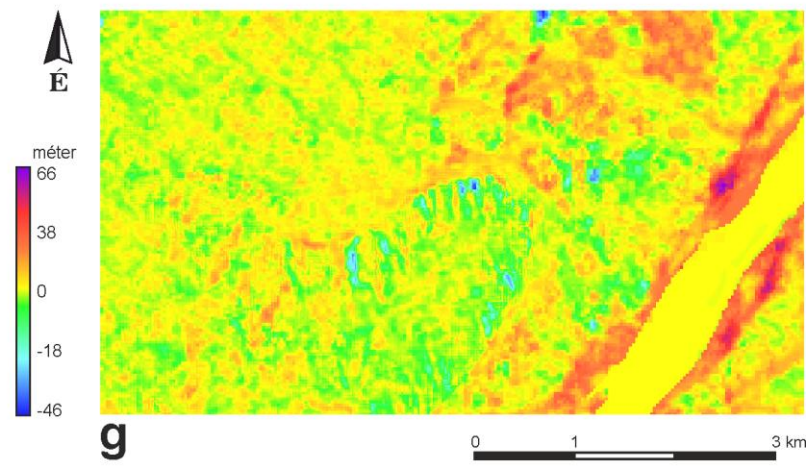
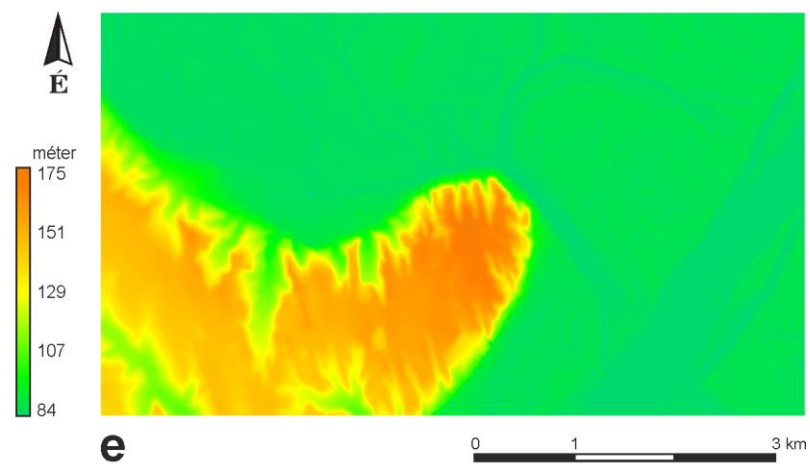
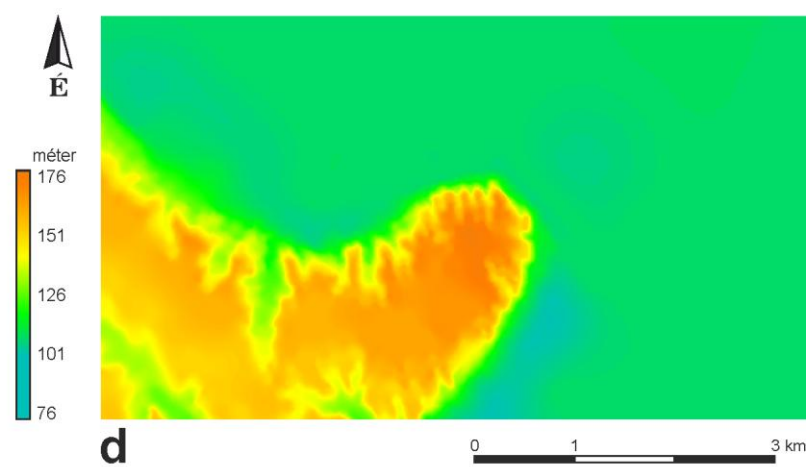
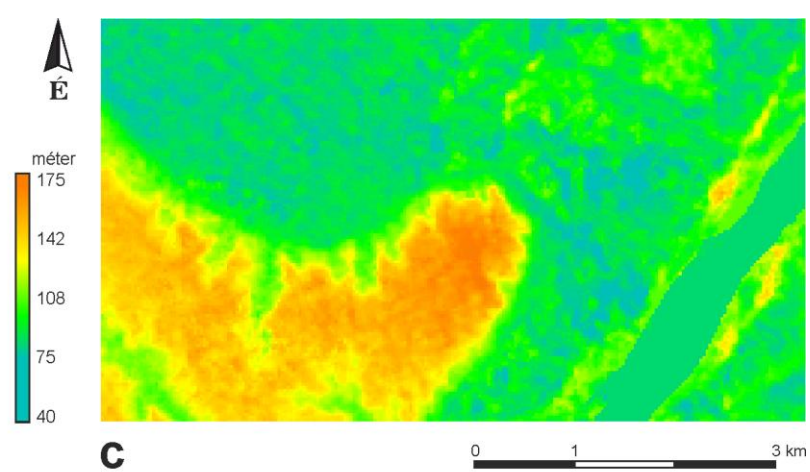
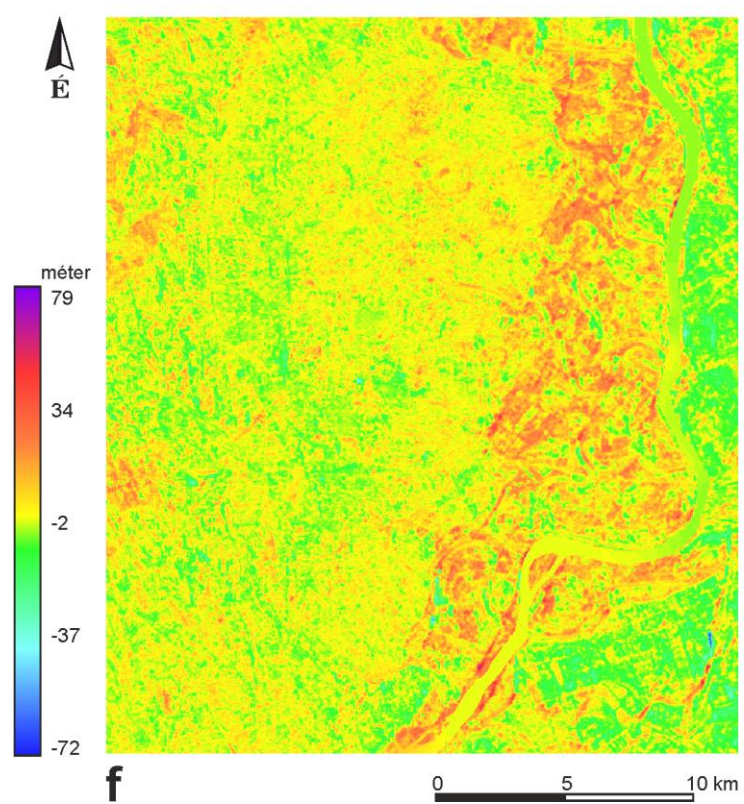
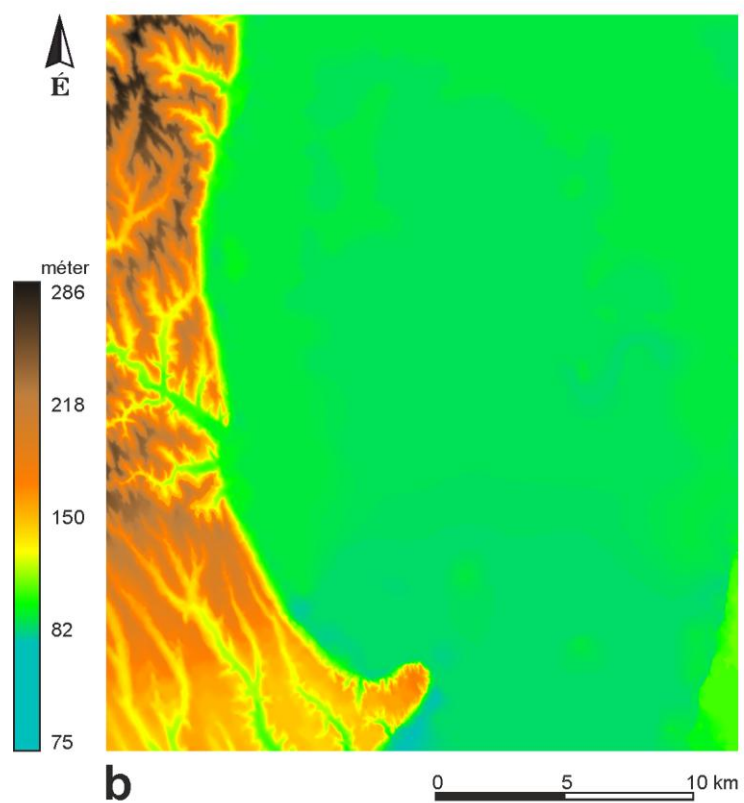
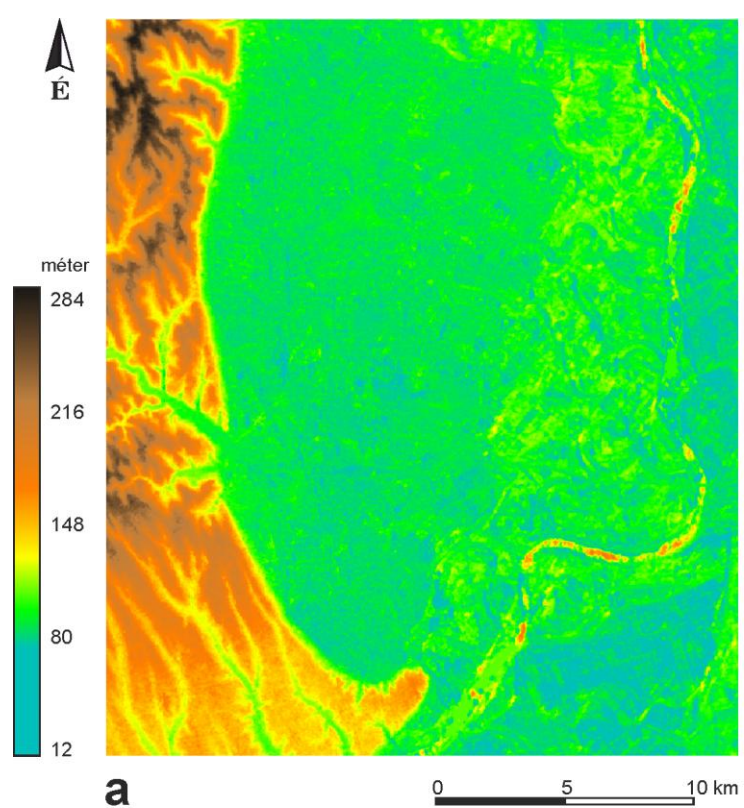
Az alkalmazott domborzatmodellekről előzetes információkat a minimális és maximális magassági értékek és a vizuális hibakeresési eljárások eredményeinek részletes tanulmányozásával nyertem.

A teljes vizsgálati terület esetében a topográfiai DDM magassági értékei 75 m-től 286 m-ig terjednek, míg az *ASTER GDEM* esetében 12 és 284 m között alakulnak. Ez a rendkívül alacsony magassági érték már előrevetítette, hogy a modellen igen jelentős hibák fordulnak elő. A referencia DDM területére vonatkozó értékeket megvizsgálva az eltérések elsősorban a legalacsonyabb tengerszint feletti magasságokban tűntek fel. A topográfiai DDM 8 m-rel, az *ASTER GDEM* 34 m-rel marad el a referencia DDM-től.

A 7. ábra a–e színfokozatos térképeit megvizsgálva már körvonalazódtak azok a területek, amelyek minden bizonnyal hibás magassági értékekkel bírnak a *GDEM* esetében. Ezek közül a leginkább feltűnő a Duna sávjában és a gemenci erdő területén húzódó kiemelkedő terület, illetve alacsony értékei miatt a folyó bal partján, elsősorban a Mohácsi-sziget kistájához tartozó térségek.

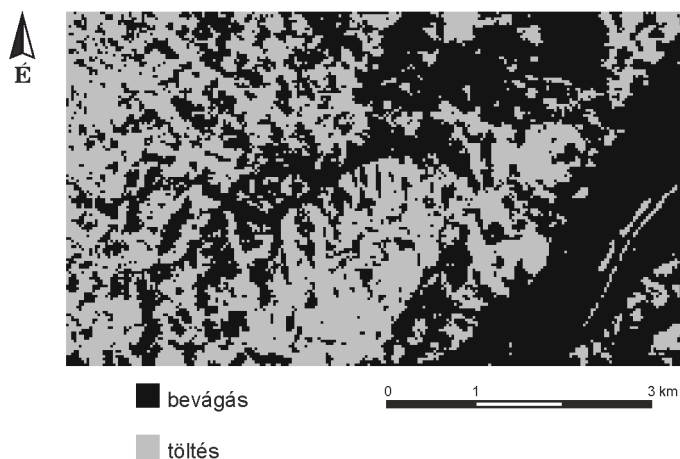


6. ábra. Az *ASTER GDEM* domborzatárnyékolásos térképe. (saját szerk.)



7. ábra. A vizsgálati területre vonatkozó domborzatmodellek és különbségtérképek. **a)** ASTER GDEM. **b)** Topográfiai DDM. **c)** A referencia DDM területe az ASTER GDEM-en, javítva a Dunára vonatkozó magassági értékeket. **d)** A referencia DDM területe a topográfiai DDM-en. **e)** A referencia DDM. **f)** Az ASTER GDEM és a topográfiai DDM különbségtérképe. **g)** Az ASTER GDEM és a referencia DDM különbségtérképe. **h)** A topográfiai DDM és a referencia DDM különbségtérképe. (saját szerk.)

Az *ASTER GDEM* domborzatárnyékolásos térképén (6. ábra) a túlmagasítás miatt pontosabban megállapítható a hibás térszínek elhelyezkedése. A Gemenc területén kirajzolódnak a meanderek, a Duna esetében pedig az elsimított foltok, amelyek jelzik az *SRTM V3*-ból átvett, javított részletek helyét. A folyópart térségében további hibás értékeket is megtalálhatók, ezek elsősorban kiemelkedő zónák. Ezzel szemben ÉNy-on a Sió, DK-en pedig a Ferenc-tápcsatorna térségében jelentős bemélyedések látszanak.



8. ábra. A referencia terület esetében végzett bevágás/töltés elemzés eredménye. (saját szerk.)

A 8. ábra esetében a raszter-raszter összevetés elvén nyertem információkat a valósnál magasabb, illetve alacsonyabb területek elhelyezkedéséről. A térkép alátámasztja az erdőterületek magasabb értékeinek jelenlétét, valamint a település térségében is pozitív eltérést mutat. A Dunát tekintve látszik, hogy az *SRTM V4*-ből átvett magassági értékek nagyobbak, mint a referencia DDM esetében a Vízügyi Hivatal adatai alapján általam meghatározott tengerszint feletti magasság. A későbbi módosítás lehetőségeit befolyásolja, hogy mind a síksági, mind a dombsági kistájhoz tartozó egységeken elszórtan találunk pozitív és negatív eltéréseket is.

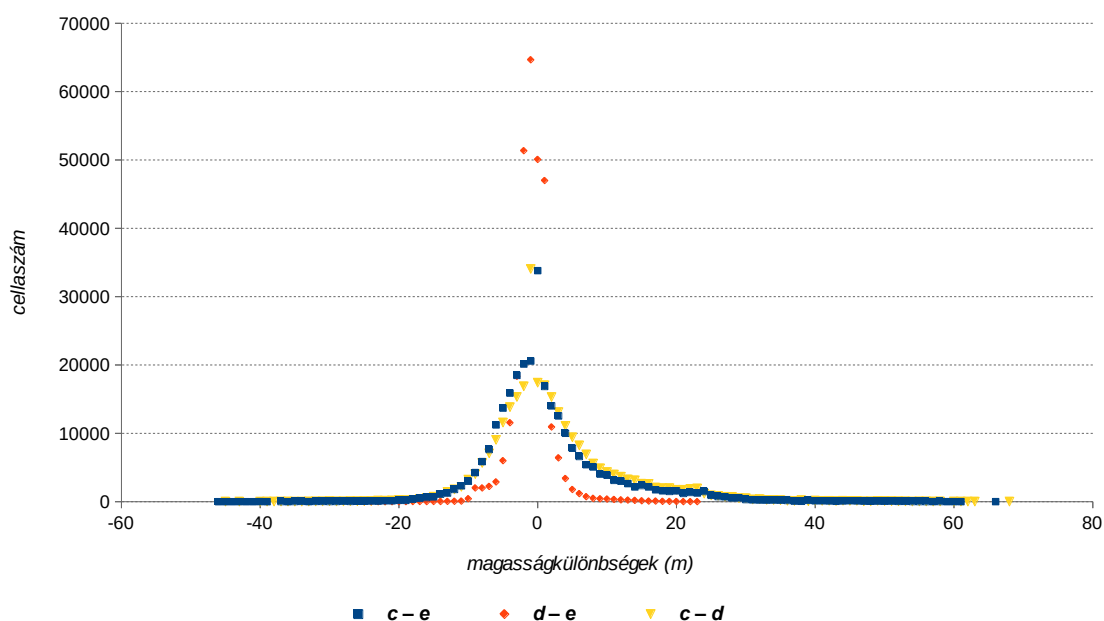
A domborzati viszonyok megállapítására a referencia DDM és az *ASTER GDEM* kezdeti, valamint javított verziója esetében is készítettem keresztmetszeteket. Mivel ezen az ábrán jól látszik a *GDEM* korrigálásának eredménye, a következő fejezetben helyeztem el (12. ábra). Az első metszet a Dél-Baranyai-dombság keleti elvégződésénél egy rendkívül meredek partfal tetejéről indul és a Holt-Dunán átvezetve az árvízvédelmi töltés közelében, egy erdős területen végződik. Az ábráról látszik, hogy a dombsági térszín ebben az esetben alacsonyabb, mint a referencia DDM értékei, felfedezhető a holtág medre, valamint a közel 15-20 m-es magasságkülönbséggel kimutatható erdőterület is. A másik keresztmetszet az egyik hosszú, beépített völgyön keresztül, a Lajvér-patakon áthaladva a település közelében húzódó síkvidékre vezet ki. A magasságok a völgy egyes szakaszain

elmaradnak a referencia DDM értékeitől, a völgyben nem fokozatos a magasságsökkenés, a patak zónájában jelentősen kiemelkedik a terület, emellett a síkság is a valósánál magasabb értékekkel rendelkezik.

Az *ASTER GDEM* magassági adatainak helyességére irányuló vizsgálatok közül azonban a legrészletesebben, leglátványosabban a különbségtérképek mutatják be a hibák mértékét és elhelyezkedését. Ezeket a 7. ábra f–h térképei mutatják be. A modellek eltéréseinek előjeleihez igazodó színskálával váltak a térképek igazán szemléletessé.

A korábban megfigyelt, feltételezett hibák itt számszerű értékekkel is igazolódnak. Az egész területre viszonyított adatokat közöl a *GDEM* és a topográfiai DDM kivonásával képzett térkép. Ez alapján pozitív irányban a legnagyobb hiba 79 m, negatív irányban pedig -72 m. A referencia DDM kivonásával, a kisebb mintaterületre vonatkozóan 66 és -46 m közötti értékeket találunk.

A topográfiai DDM és a referencia DDM különbségtérképe alapján jól látszik a korábbiakban említett tény, vagyis, hogy a Duna és a többi vízfolyás medrét nem határolták le a DDM-10 esetében. Továbbá a modell teraszossága is megjelenik, valamint a Dél-Baranyai-dombság területén elszórtan több hibás értéket is találhatunk. A hibák az adatgyűjtési és interpolációs eljárásra vezethetők vissza.



9. ábra. A különbségtérképek értékeiből készített hisztogramok.

A térképek alapján az *ASTER GDEM* hibái nagy változatosságot mutatnak, mozaikosan helyezkednek el. A kivonással képzett értékekből létrehozott hisztogramokon azonban jól látszik, hogy a *GDEM* és a referencia DDM különbsége (c–e) esetében a

legtöbb pixel 0 m-es hibával terhelt, a hibák jelentős része pedig -20 és 30 m között alakul. Kiugróan alacsony vagy magas hibaérték csak igen kevés cella esetében fordul elő.

A hisztogramon ezen kívül látszanak a topográfiai DDM és a referencia DDM (*d-e*) különbségtérképének értékei is. Ennek vizsgálata arra szolgált, hogy megállapíthassam a *GDEM* változásainak áttekintéséhez használhatom-e a teljes terület esetében a topográfiai DDM-et. A hisztogram adatai alapján a cellák 56,56%-a -1 és 1 m közötti hibával jellemezhető, így elfogadtam a későbbiekben a topográfiai DDM használatával előállított értékeket. A modell további sajátságainak, hibáinak részletes elemzésétől eltekintettem.

Az *ASTER GDEM* és a topográfiai DDM különbségtérképének hisztogramja nagyon hasonló az elsőként említetthez. A teljes vizsgálati területre igaz, hogy a legnagyobb arányban a -1 és 1 m közötti hibák fordulnak elő (24,02%), de a -13 és 20 m-es tartományban még viszonylag nagy számú – 1400 db-nál több – hibás cella van, illetve a kiugró értékek csak a terület kis részén jelentkeznek. Ez a tény alátámasztja a referencia DDM alkalmazhatóságát a magassági értékek alakulásának vizsgálatára, módosítására, ezek alapján ugyanis a kisebb mintaterület valóban jól reprezentálja a teljes vizsgálati terület viszonyait.

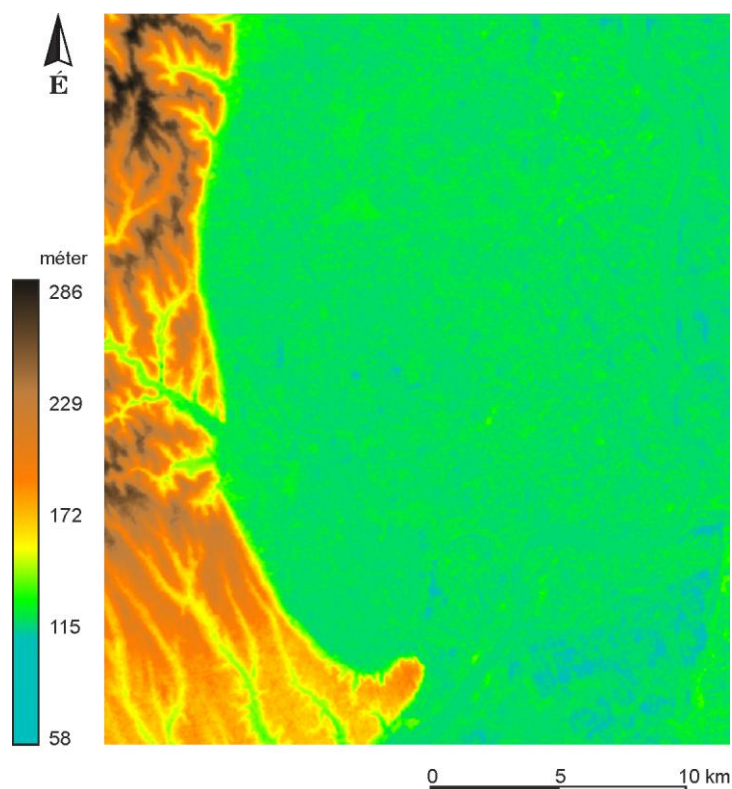
A végrehajtott vizuális hibakeresések alapján elmondható, hogy a modell a vízfelszínek esetében nagy hibával rendelkező értékeket tartalmaz. Ezek okainak feltárásához szükséges a terep természeti és társadalmi viszonyainak ismerete.

A különbségtérképeken nem tűnik fel egyértelműen a települések területe, azonban ismerve azok elhelyezkedését látszik, hogy egyes településrészek magasabb értékekkel bírnak. Talán éppen az épületekről való visszaverődésből való hibás magasságok miatt kerültek a magassági adatok közelebb a földfelszíni értékekhez.

A medermaradványok, holtágak esetében negatív és pozitív hibák egyaránt előfordulnak. A Duna bal partján a nagymederbe tartozó, árvízjárta térségek esetében a várhatónál lényegesen alacsonyabb tengerszint feletti magasságokat találunk, míg a jobb parton a sárközi belvízveszélyes területeken a valóshoz közelebb eső értékek fordulnak elő. Ez alapján összefüggés lehet a talaj víztartalma és a magassági értékek hibái között. A Gemenc esetében ezt nem tudjuk igazolni, vagy cáfolni, hiszen az erdő mindenképpen módosítja a magasságokat. Mivel a modell előállításához a felvételeket 8 éven keresztül készítették, nem tudhatjuk biztosan, hogy milyen évszakban, vegetációs időszakban készült képeket vettek igénybe a magassági értékek megállapításához, így nem lehet egyértelműen megállapítani a hibák okát sem.

### 5.1.2. A megállapított hibák és javításuk eredményei

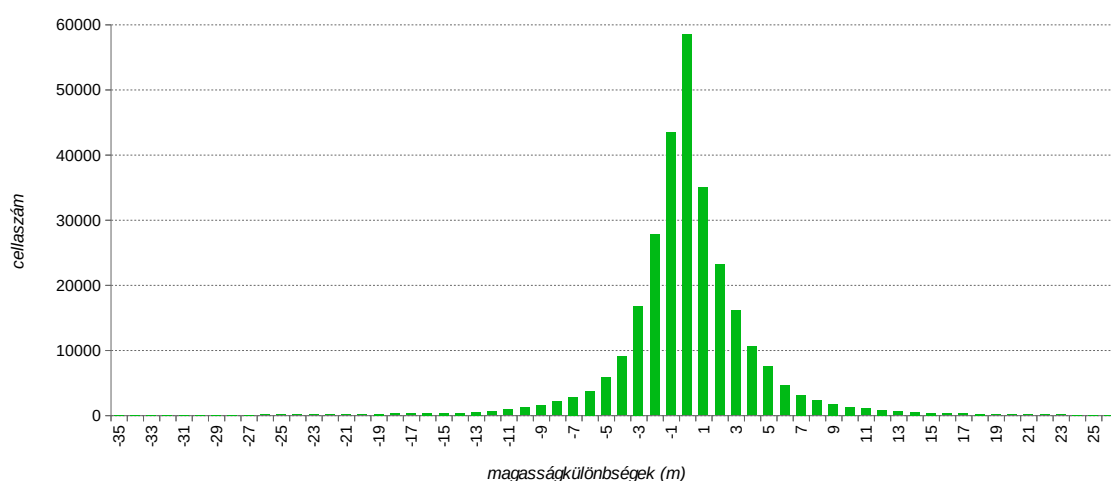
Az ASTER GDEM magassági adatainak vizsgálata rávilágított, hogy a modell jelentős hibákkal terhelt. A kutatási módszerekben leírtak szerint első lépésben javítottam a kiugró hibákat, majd a domborzati- és felszínborítottsági viszonyok szerint módosítottam a további hibás értékeket is. A 10. ábra a korrigálás eredményeként előállított térképet mutatja be. A tengerszint feletti magasságok változásában is nyomon követhető a magassági értékek javulása. A 12 m-es legalacsonyabb érték a kiugró hibák javítása után már 47 m volt, majd a további módosítás eredményeként 58 m-re változott.



10. ábra. A korrigált ASTER GDEM. (saját szerk.)

A GDEM tengerszint feletti magasságait, a hibaértékeket, valamint a domborzatmodell vertikális pontosságát jellemző mérőszámokat foglalja össze a 3. táblázat. Ezek az értékek a referencia DDM területére vonatkoznak, mivel a vizsgálat ellenőrzésére a valós, „hibátlan” értékek reprezentálására a Báta környéki modellt alkalmaztam. Az eredeti modell esetében igen nagy volt a negatív és pozitív előjelű hibák értéke. A korrigálások következtében a negatív értékű hibák 10 m-rel, a pozitív értékűek 40 m-rel csökkentek a területen. A legkisebb tengerszint feletti magasság értéke 26 m-rel lett több, azonban ez még mindig elmarad a 84–84,5 m körüli valós értékektől.

A színfokozatos térképen az is látszik azonban, hogy nem minden esetben járt sikerrel a javító algoritmus. A Gemenc területe már nem különböztethető meg a síkvidék többi részétől, azonban délen, a Mohácsi-sziget kistáj területén továbbra is megmaradtak a valóságnál alacsonyabb területek. Az egész térségben elszórtan is találhatók lényegesen magasabb, vagy alacsonyabb foltok. Természetesen a valós felszín sem teljesen egyöntetű a síkságon, azonban a korrigálás módszere miatt semmiképp sem jelenthetjük ki, hogy a földfelszín ténylegesen így alakul a térségben.



11. ábra. A korrigált ASTER GDEM és a referencia DDM különbség értékei hisztogramon ábrázolva. (saját szerk.)

A javított modell és a Bába környéki DDM különbségtérképe adatainak elemzése alapján megállapítható, hogy a cellák 80,79%-a esetében csak -3 és 4 m közötti hibák fordulnak elő. Ezt igen jó aránynak tekinthetnénk, azonban ebből a valós felszínnel teljesen egyező – azaz 0 m-es hibával terhelt – csak a cellák 20,45%-a. A legnagyobb hibaértékek csak néhány pixelt érintenek.

3. táblázat. Az ASTER GDEM-en fellelhető hibákat jellemző mérőszámok. (saját szerk.)

|                     | Eredeti<br>ASTER GDEM | Kiugró hibák<br>javítása után | Korrigálás után |
|---------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------|
| Min. tsz. f. m. (m) | 40                    | 59                            | 66              |
| Max. tsz. f. m. (m) | 175                   | 174                           | 175             |
| Min. hiba (m)       | -45                   | -40                           | -35             |
| Max. hiba (m)       | 66                    | 51                            | 26              |
| RMSE (m)            | 9,02                  | 8,38                          | 4,01            |
| ME (m)              | 5,90                  | 5,74                          | 2,55            |
| ESD (m)             | 10,02                 | 9,46                          | 4,74            |

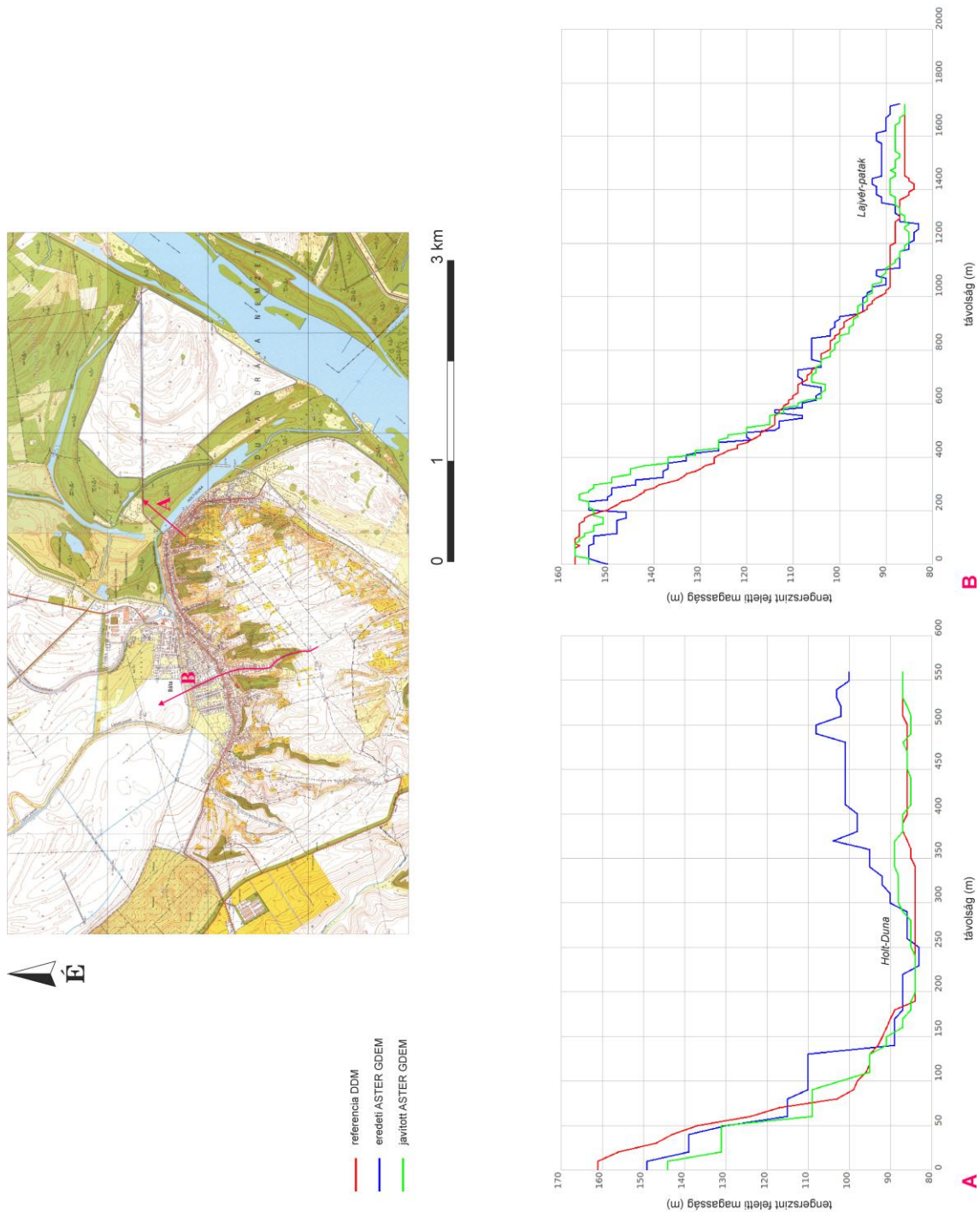
A négyzetes középhiba (*RMSE*) elterjedt érték a domborzatmodellezésben az abszolút hibák megadására, vagyis a várt és valós magassági adatok összehasonlítására. Az eredeti modell 9,02 m-es értéke igazodik az értékelő csoport eredményeihez. A japán tanulmány a sík területen 6,1 m-es, az *USGS National Elevation Dataset (NED)* adataihoz viszonyítva 8,68 m-es hibaértéket állapítottak meg (TACHIKAWA, T. et al. 2011). A javítások eredményeként a vizsgálati területen lényegesen csökkent az *RMSE* értéke.

Az átlagos hiba (*ME*) értékek is jelentősen javultak a korrigálás következtében. A kezdeti, kiugróan nagy átlagos hibaérték oka feltehetően a síksági területen húzódó erdőség volt. TACHIKAWA, T. et al. (2011) kimutatta, hogy erdőterületeken 8,68 m a modell hibája, míg szántóföldi művelés alá vett térszíneken -1,09 m. A vizsgálati területen ez a két felszínborítottsági kategória igen nagy kiterjedésben fordul elő. A javítás utáni pozitív és negatív előjelű legnagyobb hibákat, illetve az átlagos hibaértéket megvizsgálva megállapítható, hogy a jelentős hibák csak kevés számú pixelt érintenek.

A hibák szórása (*ESD*) a legnagyobb és legkisebb magassági eltérések értékének és az érintett pixelek számának csökkenése következtében szintén csökkent.

Az előző fejezetben már részben leírt domborzati keresztmetszetek a javított *GDEM* esetében rendkívül jó lehetőségnek bizonyultak a változások vizuális nyomonkövetésére. Az „A” metszeten látszik, hogy a partfal esetében a szőlő és szántó felszínborítottsági kategóriák átlagos magassági hibaértékével való módosítás eredményeként a valóstól még inkább eltérő adatokat kaptunk. A síkvidéki szakaszon azonban a javítás sikeresnek mondható, mivel a belterületi részek, a vízfolyás, valamint az erdővel borított terület magassági értékei is jobban közelítik a referencia DDM magasságait. A Holt-Duna az *ASTER GDEM* felvételeinek készítésekor az 1:10 000 topográfiai térképen és a felszínborítottsági térképen ábrázolt állapotoktól jelentősen eltért. A holtág medre nagyrészt feltöltődött, iszapos–vizenyős volt, csak néhány keskeny ágban folyt le a víz. Tulajdonképpen ezt az állapotot látjuk az ábrán is.

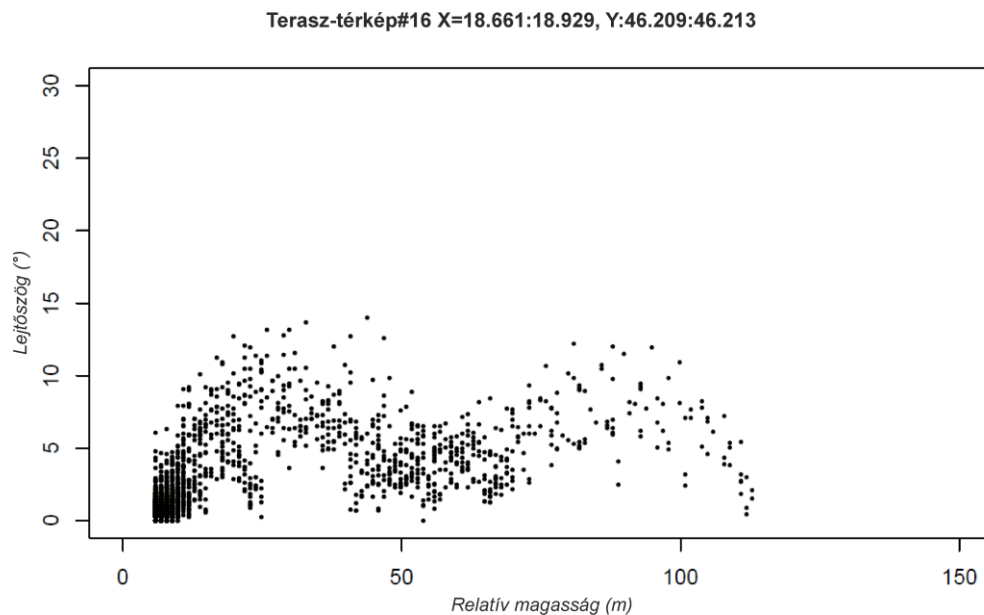
A „B” metszeten a beépített völgy vonalában látszik, hogy a módosítások hatására sikerült csökkenteni a kiugrásokat, azonban továbbra sem fokozatosan ereszkedik a felszín. A település főutcájának területén, a sík térszín magasabb részén az *ASTER GDEM* alacsonyabb értékekkel rendelkezik, mint a referencia DDM és ez a módosítás hatására sem javult. Az alacsonyabb térszínen fekvő településrészek pedig a korrigálás ellenére is a valósnál magasabb értékkel rendelkeznek. A Lajvér-patak vonala nem rajzolódik ki a *GDEM*-en a modell felbontásánál kisebb mederszélesség miatt.



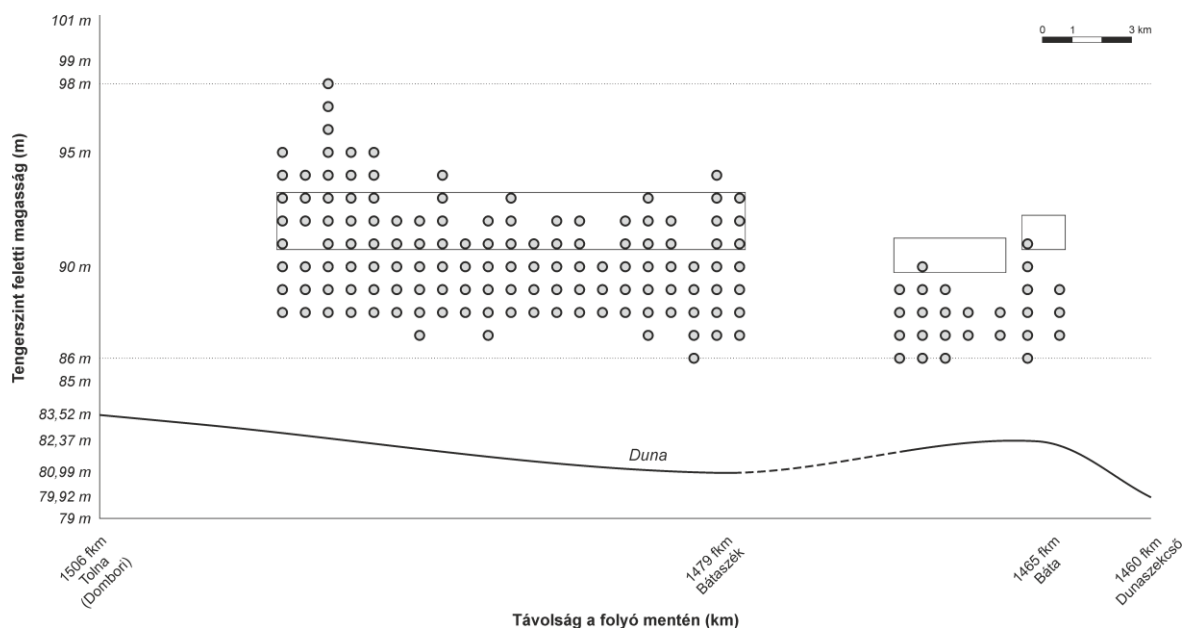
12. ábra. A domborzatról készített keresztmetszetek. (saját szerk.)

## 5.2. Az ártéri szintek felderítésének eredményei

A lefuttatott script eredményeként 28 diagramot kaptam, ezek közül mutat be egyet a 13. ábra. Ezekről tudtam megállapítani a legkisebb lejtőszöggel bíró területeket. A bemutatott esetben a leginkább sík területek 88 és 92 m tengerszint feletti magasságok között helyezkednek el. A diagramok kiértékelése során a 0°-os, teljesen sík területeket vettem elsősorban figyelembe. Ezek jellemzően az ártéri térségben összefüggő magassági szintben jelentkeztek.

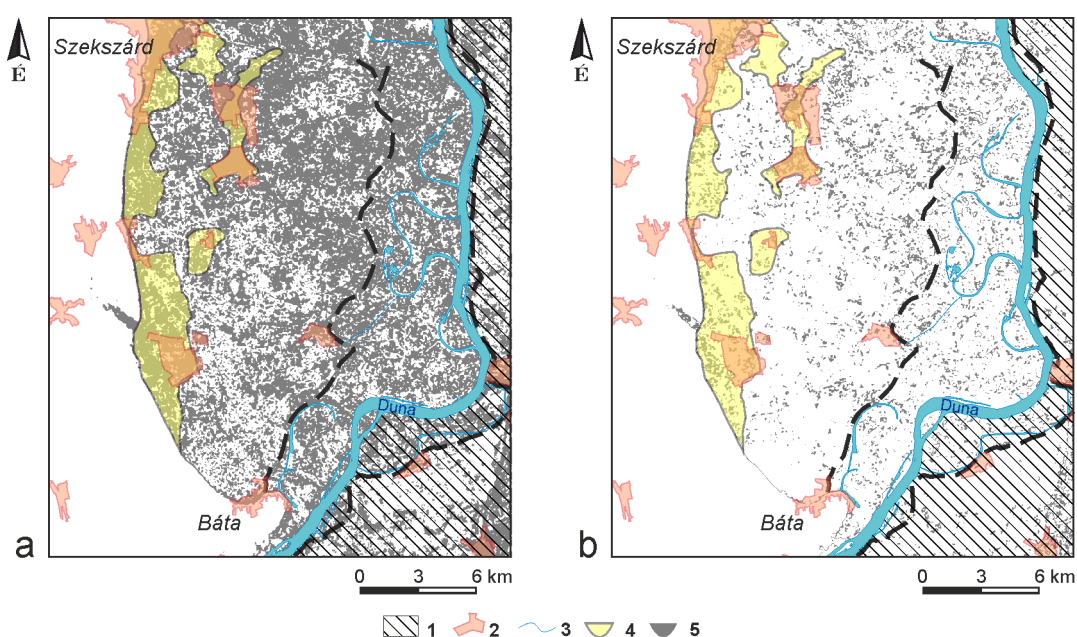


13. ábra. A teraszkeresési algoritmus eredményeként kapott Scatter (Pont) diagram a 16. részlet esetében. (saját szerk.)



14. ábra. A meghatározott ártéri szintek elhelyezkedése a Duna mentén. Szaggatottal jelölve a Bátaszék alatti Duna kanyarulat. A szürke körök a diagramokról leolvasott magassági érték. A bekeretezett szintek az I. terasz és a sárközi terasz helye Pécsi M. (1959) alapján. (saját szerk.)

A diagramokról leolvasott magasságokat a Duna 0 pontjainak magassági adataiból készített metszet mellé szerkesztve (14. ábra) látszik, hogy a legkisebb értékek 86 m-en, a legnagyobbak 98 m-en húzódnak. Annak ellenére, hogy a *script* módosításával sokkal több lejtőszög kategóriát különböztettem meg, az eljárás tulajdonképpen nem elkülönülő szinteket állapított meg, hanem ábrázolja – a domborzati viszonyoknak megfelelően – az egész ártéri zónát. Az egyes térképrészletek esetében abban látszik csak különbség, hogy legfeljebb milyen magasságban vannak még teljesen sík térségek. Az ábráról továbbá az is megállapítható, hogy a PÉCSI M. (1959) által leírt teraszszintek magasságában a Bátaszék alatti szakaszon szinte nem is talált a módszer sík térségeket. Bizonyos esetekben Bátaszéktől északra sem érik el a megállapított felszínek a teraszok magasságát.



15. ábra. **a)** A meghatározott szintek elhelyezkedése a korrigált modellen. [saját szerk.] **b)** A PÉCSI M. (1959) által leírt szintek elhelyezkedése az ASTER GDEM-en. [saját szerk.]  
(1 – bal parti területek, 2 – település, 3 – vízfolyás, 4 – teraszsziget és „sárközi terasz”,  
5 – a megállapított magasságokban húzódó felszínek)

A 15. ábrán megkíséreltem bemutatni a meghatározott sík szintek elhelyezkedését. Amint az ábra *a* térképén látszik, a 86–98 m közötti felszínek, amik tulajdonképpen a Tolnai-Sárköz kistáj teljes területét jelentenék, a korrigált modell sajátosságai miatt nem alkotnak egységes, összefüggő zónákat, hanem elszórtan jelentkeznek. A *b* térképén a modell 90–93 m közötti térségeit jelenítettem meg. Ez az a magassági szint, amelyet PÉCSI M. 1959-es kötetében közölt. Ebben az esetben is találunk az áttekintő geomorfológiai térképen teraszszigetként és sárközi teraszként azonosított formák területére eső részleteket, azonban ezek még inkább elszórtan találhatóak meg, nem mutatható ki egyértelmű sűrűsödésük a meghatározott zónában.

## 6. Diskusszió

Az *ASTER GDEM* korrigálásának eredményeit elsősorban a bemutatott teraszkeresési eljárással kívántam értékelni. Emellett elmondható az is, hogy a vizsgálati területemül választott térségben kétségkívül érdekes is a teraszok problémakörének vizsgálata. Szakirodalmak alapján tudjuk, hogy a Tolnai-Sárközben megtalálható egy, GÁBRIS GY. (2007) szerint „geomorfológiai hungarikumnak” tekinthető nem valódi terasz, az óholocén I. terasz. PÉCSI M. (1959, 1967) részletes leírást adott ugyan az itt húzódó ártéri formákról, adatokat közölt azok elhelyezkedéséről, azonban a geoinformatikai módszerek és egy aktuális magassági modell alkalmazásával mégis megkíséreltem a mai állapotokról pontos képet kapni.

A dolgozat kiinduló feltevése az volt, hogy a 30 m-es horizontális felbontású ingyenes domborzatmodell alkalmas lesz a hazai készítésű DDM-5 kiváltására<sup>55</sup>. Az ártéri szintek elkülönítését azonban több probléma hátráltatta, amelyek tulajdonképpen a modell sajátosságaival és az elérhető teraszkutatói módszerrel vannak szoros összefüggésben.

Az *ASTER GDEM* DTM-ekhez való hasonlósága (RYOTARO, T. – WATARU, T. 2010) jelentette az első megoldásra váró nehézséget, hiszen az itt húzódó kiterjedt ártéri erdővel borított felszín teljesen ellehetetlenítette volna a makroformák meghatározását. Ennek a problémának a kiküszöbölését tovább nehezítette a *GDEM* készítésekor, az ellenőrzések után megmaradt kiugró hibák jelenléte. Az elérhető források és technikák felhasználásával módosítva a modellt törekedtem arra, hogy a teraszkutatóhoz megfelelőbb bemeneti fájlt hozzak létre.

Az eredménytérképek vizsgálata során megállapításra került azonban, hogy a modell magassági adatait a sík területen nem csak a felszínborítottsági, hanem egyéb tényezők – köztük nagy valószínűséggel a talaj víztartalma – szintén torzították. Az összefüggő szántóterületeken a korrigálási folyamat során csupán megváltoztak a hibás értékek, valamint az erdőség és a települések magassági értékei sem igazodtak kellő mértékben a valós felszínhez.

Az internetről elérhető módszer (MILLER, R. – COOLEY, S. 2012) problémáját a lejtőszög és magassági adatok kerekítése jelentette volna, azonban a *script* kisebb módosításával ezt kiküszöböltem.

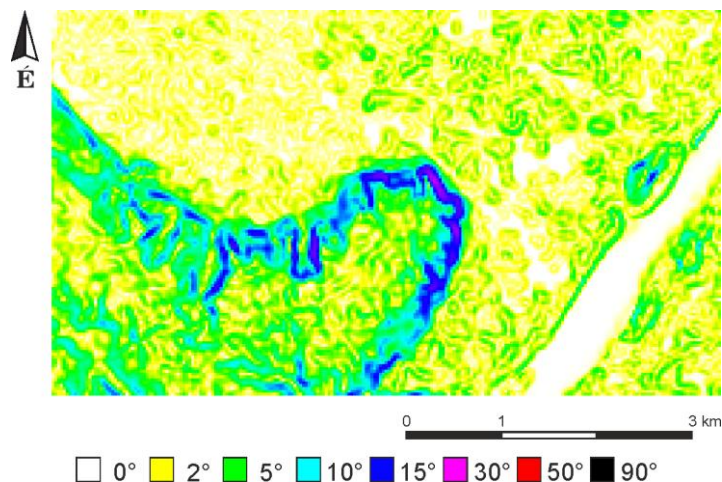
A 16. ábrán bemutatott lejtőszög térképen látszik a megelőző fejezetben taglalt nem megfelelő eredmények oka. A terület jelentős része sík, azonban sok kis méretű, lejtőkkel

---

<sup>55</sup> DDM-5 termékleírás.

[http://fish.fomi.hu/termekek/honlap/adathaz/termekek/domborzat/ddm\\_5.htm](http://fish.fomi.hu/termekek/honlap/adathaz/termekek/domborzat/ddm_5.htm) (2012. december 19.)

határolt területfolt rajzolódik ki. Természetesen a valós felszín nem annyira sík, mint az interpolációval előállított modelleken, azonban ez a nagy változatosság és a magassági adatok pontatlansága nem tette lehetővé a módszer eredményeinek egyértelmű elfogadását vagy elvetését, ezért a kutatás folytatása során részletesen értékelni, ellenőrizni kell azokat.



16. ábra. Az ASTER GDEM alapján a referencia DDM területére készített lejtőszög térkép. (saját szerk.)

Problémát jelenthet, hogy a Duna – a meanderek kialakulásától lefüződéséig tartó 150 éves ciklusok alatt – többször átdolgozta árterét, a recens formák felszínén ennek hatása is megjelenik (SOMOGYI S. 1974). A lecsapolások következtében a 20. század elejétől folyamatosan művelték az ártéri térséget (V. KÁPOLNÁS M. – HORVÁTH E. 2006). A településrendezési tervek<sup>56</sup> is leírják, hogy a szántóföldi művelés hatására nagymértékben átalakultak az itteni talajok és éppen az elérhető adatok hiánya vagy pontatlansága miatt nem tudhatjuk konkrétan, hogy napjainkra ez a felszínformákra milyen hatással volt.

Értelmezve, áttekintve tehát az elért eredményeket, az ártéri felszínformák meghatározásának kísérletével történt ellenőrzés végkimenetelét leszűrhető a következtetés, hogy mind a *GDEM* javítására irányuló technikák, mind pedig a teraszkeresési eljárás terén további módosítások, pontosítások elvégzése szükséges. Emellett azonban az alkalmazott eljárások a későbbi kutatásokat megalapozó eredményeket hoztak.

<sup>56</sup> Bács-Kiskun Megye Területrendezési Terve. 2011. <http://www.bacskiskun.hu/dokumentumok/trendterv2011.pdf> (2012. november 1.)

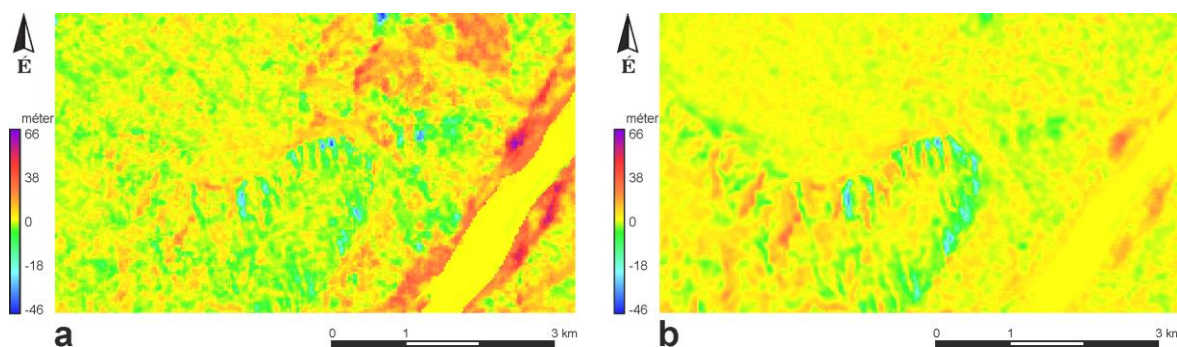
Baranya Megye Területrendezési Terve. 2004. [http://www.terport.hu/webfm\\_send/170](http://www.terport.hu/webfm_send/170) (2012. november 1.)

Tolna Megye Területrendezési Terv. Térképi melléklet – Nagyvízi meder. URL: [http://www.tolnamegye.hu/dld/megyei\\_rendezeres\\_terv\\_2012/rendeletek/3\\_12\\_Nagyvizi\\_meder\\_100e.pdf](http://www.tolnamegye.hu/dld/megyei_rendezeres_terv_2012/rendeletek/3_12_Nagyvizi_meder_100e.pdf) (2012. október 12.)

## 7. Az eredmények összefoglalása, kitekintés

Dolgozatommal kísérletet tettem arra, hogy egy ingyenesen elérhető, globális domborzatmodellrt ártéri felszíninformák elhelyezkedésének meghatározására alkalmassá tegyek. Törekedtem egy olyan módszer kidolgozására, amely felhasználható hasonlóképpen előállított magassági modellek geomorfológiai vizsgálatokhoz való előkészítésében.

Az *ASTER GDEM* korrigálása során elért eredményeimet számadatokkal, valamint vizuálisan is alátámasztottam. A statisztikai mérőszámok elemzésével, a magassági hibaértékekből képzett hisztogramok vizsgálatával, valamint a különbségtérképek segítségével minden lépés után ellenőriztem a létrehozott új modellek magassági adatait. A kiugró értékek javításával, illetve a magassági adatoknak a domborzati viszonyok és a felszínborítottság figyelembe vételével történő módosításával a négyzetes középhiba értéke 55,5%-kal, az átlagos hibaérték 56,8%-kal és a hibák szórásának értéke 52,7%-kal csökkent a referencia DDM területére viszonyítva. A magassági hibák értékei és a magassági hibával terhelt cellák száma is lényegesen kevesebb lett: 66 m-es hiba helyett 26 m-es, illetve -45 m-es helyett -35 m-es hiba érint néhány cellát. A 17. ábrán vizuálisan is látható a változás. A különbségtérképeknél ugyanazt a színskálát alkalmazva szembetűnő, hogyan javult a kezdeti állapothoz képest a *GDEM*.



17. ábra. Az *ASTER GDEM* és a referencia DDM különbségtérképe a kiindulási állapotban (a) és a javítások elvégzése után (b). (saját szerk.)

A modell korrigálásának másik ellenőrző módja volt az ártéri felszíninformák meghatározásához kidolgozott eljárás végrehajtása. A Tolnai-Sárköz területén megtalálható teraszok elhelyezkedéséről való információszerzés a kitűzött célok között is szerepelt. Amint azt a korábbi fejezetekben részletesen leírtam, a helyesbített *ASTER GDEM*-et bemeneti fájlként alkalmazva a végigvitt módszer részben érte el a kívánt eredményeket.

Annak ellenére, hogy a teraszkeresés esetében a módszer pontosítására és az eredmények alapos értékelésére van szükség, a modell javítása során elért javulás a dolgozat jelentős eredményét képezi. A tanulságok levonását követően jövőbeni kutatások alapjául szolgálhat. Emellett a módszer automatizálása, a GRASS-ban végrehajtott számtalan lépés helyettesítésére egy *script* megalkotása a jövőben elengedhetetlen.

Emellett a kutatás alapján úgy gondolom, hogy az ártéri felszínformák keresésére alkalmazott módszer a végrehajtott kisebb változtatásokkal és jobb vertikális pontosságú DDM felhasználásával megfelelően eredményeket szolgáltatna. Úgy vélem, a módszer lehetővé tenné a vizsgálati területen a szakirodalom szerint fellelhető makroformák elhelyezkedésének meghatározását, például a FÖMI (Földmérési és Távérzékelési Intézet) által végzett Országos Digitális Felületmodell (ODF) projekt során előállításra kerülő magassági modell alkalmazásával. A mintaterületek vizsgálatakor meghatározott négyzetes középhiba értékek alapján a FÖMI egy igazán jó minőségű modellt fog kialakítani és remélhetőleg minél hamarabb piacra dobni (BALLA CS. – ZSILVÖLGYI CS. 2012). Ez a DFM tehát a létrehozás időpontjára frissített KÜVET és BEVET (Belterületi Vektoros Térkép) adatbázissal módosítva pontos és aktuális magassági adatokat szolgáltatna a vizsgálati területről a geomorfológiai kutatások elvégzéséhez.

## **8. Köszönetnyilvánítás**

Elsősorban köszönetet szeretnék mondani témavezetőmnek, Dr. Fábián Szabolcs Ákosnak a munka során nyújtott útmutatásaiért, tudományos segítségéért, buzdításáért, valamint Dr. Kovács István Péternek a felmerülő problémák megoldásához adott ötleteiért.

Továbbá szeretném megköszönni a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság munkatársainak a rendelkezésemre bocsátott térképeket és egyéb forrásokat, a dolgozat elkészítéséhez szolgáltatott szakmai segítségüket.

Végül köszönettel tartozom páromnak és hallgatótársaimnak, illetve a PTE TTK Földrajzi Intézeti Szakkönyvtárban tevékenykedő kollégáimnak, hogy végig támogattak, bízattak.

## Irodalomjegyzék

1. ÁDÁM L. 1964. A Szekszárdi-dombvidék kialakulása és morfológiája. – Földrajzi Tanulmányok 2. Akadémiai Kiadó. Budapest, 82 p.
2. BAKÓ Z. 1999. A Digitális Domborzat Modell meghatározása és létrehozása (MTP). – MH TÉHI. Budapest
3. BARCZI A. (szerk.) 2001. Magyarország tájai – Dunántúli-dombság. Mecsek és Tolna-Baranyai-dombvidék. – Környezetvédelmi és Környezetgazdálkodási Felsőoktatásért Alapítvány. Gödöllő, p. 46
4. DEMOULIN, A. – BOVY, B. – RIXHON, G. – CORNET, Y. 2007. An automated method to extract fluvial terraces from digital elevation models: The Vesdre valley, a case study in eastern Belgium. – *Geomorphology* 91. (1–2). pp. 51–64.
5. DETREKŐI Á. – SZABÓ GY. 2007. Térinformatika – Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. Budapest, pp. 45–46., pp. 78–87., pp. 97–107., pp. 356–363.
6. DÖVÉNYI Z. (szerk.) 2010. Magyarország kistájainak katasztere. – MTA FKI. Budapest, pp. 43–54., pp. 504–507., pp. 511–514., pp. 517–521.
7. DRĂGUȚ, L. – EISANK, C. 2012. Automated object-based classification of topography from SRTM data. – *Geomorphology* 141–142. pp. 21–33.
8. FÁBIÁN SZ. Á. – KOVÁCS J. – SCHWEITZER F. – VARGA G. 2005. Természeti erő- és veszélyforrások. – In: PAP N. (szerk.): Terület- és településfejlesztés Tolna megyében. Babits Kiadó. Szekszárd, pp. 9–45.
9. FÁBIÁN SZ. Á. – KOVÁCS J. – LÓCZY D. – SCHWEITZER F. – VARGA G. – BABÁK K. – LAMPÉRT K. – NAGY A. 2006. Geomorphological hazards in the Carpathian Foreland, Tolna County (Hungary). – *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica* 40. pp. 107–118.
10. FREY, H. – PAUL, F. 2012. On the suitability of the SRTM DEM and ASTER GDEM for the compilation of topographic parameters in glacier inventories. – *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 18. pp. 480–490.
11. GÁBRIS GY. 2007. Kapcsolat a negyedidőszaki felszínalakító folyamatok időrendje és az oxigénizotóp-rétegtan között — magyarországi lösz-paleotalaj-sorozatok és folyóvízi teraszok példáján. – *Földtani Közlemény* 137. (4) pp. 515–540.
12. GICHAMO, T. Z. – POPESCU, I. – JONOSKI, A. – SOLOMATINE, D. 2012. River cross-section extraction from the ASTER global DEM for flood modeling. – *Environmental Modelling & Software* 31. pp. 37–46.
13. GRIFFITHS, J. S. – SMITH, J. M. – PARON P. 2011. Introduction to Applied Geomorphological Mapping. – In: SMITH, J. M. – PARON, P. – GRIFFITHS, J. S.: Geomorphological Mapping – Methods and Applications. Elsevier Science. pp. 3–11.
14. HUTCHINSON, M. F. – GALLANT, J. C. 2000. Digital Elevation Models and Representation of Terrain Shape. – In: WILSON, J. P. – GALLANT, J. C. (eds.): Terrain Analysis: Principles and Applications. – John Wiley & Sons, Inc. New York, pp. 38–39.
15. JÓZSA E. 2012. A település és a domborzat kapcsolatának geoinformatikai alapú vizsgálata, Bába példáján. Szakdolgozat. – PTE TTK FI (kézirat). Pécs, 68 p.
16. V. KÁPOLNÁS M – HORVÁTH E. 2006. A Duna megrendezése – A báti szivattyútelep. – Múltunk cserepei. Báti helytörténeti füzetek 2. Bátáért Egyesület. Bába, 41 p.

17. KERTÉSZ Á. 1997. A térinformatika és alkalmazásai. – Holnap Kiadó. Budapest, pp. 93–102., pp. 110–111., p. 117.
18. KOVÁCS J. – FÁBIÁN SZ. Á. – VARGA G. – ÚJVÁRI G. – VARGA GY. – DEZSŐ J. 2011. Plio-Pleistocene red clay deposits in the Pannonian basin: A review. – *Quaternary International* 240. (1–2) pp. 35–43.
19. LÁNG S. 1955. Geomorfológiai megfigyelések a szekszárdi dombvidéken. – *Különnyomat a Földrajzi Közleményekből*. pp. 151–156.
20. LÁNG S. 1957. Természeti földrajzi tanulmányok a Sárköz környékén. – *Földrajzi Értesítő* 6. (2) pp. 137–154.
21. LOVÁSZ GY. 1985. A lejtőkitettség térképezése – *Földrajzi Értesítő* 34. (3) pp. 179–194.
22. LEÉL-ÖSSY S. 1953. Geomorfológiai megfigyelések Baja és Bátaszék vidékén. – *Földrajzi közlemények* 77. (1–2) pp. 101–114.
23. LEOPOLD, L. B. – WOLMAN, M. G. – MILLER, J. P. 1964. Fluvial Processes in Geomorphology. – W. H. Freeman and Co. San Francisco, pp. 458–465.
24. MAROSI S. – SOMOGYI S. 1990. Magyarország kistájainak katasztere. – MTA FKI Budapest, pp. 48–61., pp. 564–567., pp. 571–574., pp. 578–583.
25. MUKHERJEE, S. – JOSHI, P. K. – MUKHERJEE, S. – GHOSH, A. – GARG, R. D. – MUKHOPADHYAY, A. 2013. Evaluation of vertical accuracy of open source Digital Elevation Model (DEM) – *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 21. pp. 205–217.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2012.09.004>
26. OGUCHI, T. 2003. Identification of an active fault in the Japanese Alps from DEM-based hill shading. – *Computers & Geosciences* 29. pp. 885–891.
27. PATAKI J. 1954. A Sárköz természeti földrajza. – Tolna megye Tanácsa V.B. XIII. Népművelési Osztálya. Szekszárd, 96 p.
28. PÉCSI M. 1959. A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalakítása. – *Földrajzi monográfiák* 3. Akadémiai Kiadó. Budapest, pp. 32–33., pp. 162–166., pp. 193–197., pp. 224–226.
29. PÉCSI M. 1967. Alföldi Duna-völgy. In: MAROSI S. – SZILÁRD. J. (szerk.): Magyarország tájföldrajza – A dunai Alföld. Akadémiai Kiadó. Budapest, pp. 171–175.
30. SIART, C. – BUBENZER, O. – EITEL, B. 2009. Combining digital elevation data (SRTM/ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete. – *Geomorphology* 112. pp. 106–121.
31. SOMLYÓDY L. 2002. A hazai vízgazdálkodás és stratégiai pillérei. – In: SOMLYÓDY L. (szerk.): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. – MTA Társadalomkutató Központ. Budapest, pp. 23–74.
32. SOMOGYI S. 1974. Meder- és ártérfejlődés a Duna sárközi szakaszán az 1782–1950 közötti térképfelvételek tükrében. – *Földrajzi Értesítő* 23. (1) pp. 27–36.
33. SZABÓ G. 2011. Az ASTER GDEM adatbázis pontosságának vizsgálata egy hazai mintaterületen. – In: LÓKI J. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában II. – konferenciakötet. Kapitális Nyomdaipari Kft. Debrecen, pp. 421–427.

34. VERSTAPPEN, H. T. 2011. Old and New Trends in Geomorphological and Landform Mapping. – In: SMITH, J. M. – PARON, P. – GRIFFITHS, J. S.: Geomorphological Mapping – Methods and Applications. Elsevier Science. pp. 13–38.
35. WILSON, J. P. – GALLANT, J. C. (eds.) 2000. Terrain Analysis: Principles and Applications. – John Wiley & Sons, Inc. New York, pp. 3–7., pp. 51–85.
36. WISE, S. M. 1998. The Effect of GIS Interpolation Errors on the Use of Digital Elevation Models in Geomorphology. – In: LANE, S. N. – RICHARDS, K. S. (eds.): Landform Monitoring, Modelling and Analysis. – John Wiley & Sons, Inc. New York, pp. 139–164.
37. YANG, Q. – MCVICAR, T. R. – VAN NIEL, T. G. – HUTCHINSON, M. F. – LI, L. T. – ZHANG, X. P. 2007. Improving a digital elevation model by reducing source data errors and optimising interpolation algorithm parameters: An example in the Loess Plateau, China. – *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 9. pp. 235–246.

### **Elektronikus források**

38. 2003. évi XXVI. törvény az Országos Területrendezési Tervről.  
URL: <http://www.complex.hu/kzldat/t0300026.htm/t0300026.htm> (2012. október 25.)
39. ÁDÁM J. – NÉMETH ZS. – TOKOS T. 1999. Az EOMA elsőrendű hálózatának csatlakoztatása az egységes európai szintezési hálózathoz. – *Geodézia és kartográfia* 49. (2)  
URL: [http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/1999/02/1991\\_02\\_4.htm](http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/1999/02/1991_02_4.htm)  
(2012. november 09.)
40. ArcGIS. URL: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop> (2012. november 11.)
41. ASTER GDEM fájlok elérhetősége. „ASTER GDEM is a product of METI and NASA.”  
URL: <http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/index.html> (2012. november 17.)  
URL: [http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial\\_map=satellite&spatial\\_type=rectangle](http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial_map=satellite&spatial_type=rectangle) (2012. november 17.)  
URL: <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> (2012. november 17.)
42. Bács-Kiskun Megye Területrendezési Terve. 2011.  
URL: <http://www.bacskiskun.hu/dokumentumok/trendterv2011.pdf> (2012. november 1.)
43. BAKÓ Z. 1993. Digitális térképészeti adatbázis fejlesztések a Magyar Honvédség Kartográfiai Üzemében. – NCGIA Core Curriculum – Magyarított Változat.  
URL: [http://gisfigyelo.geocentrum.hu/ncgia/ncgia\\_84.html](http://gisfigyelo.geocentrum.hu/ncgia/ncgia_84.html) (2012. november 17.)
44. BALLA CS. – ZSILVÖLGYI CS. 2012. Országos Digitális Felületmodell pilot projekt tapasztalatai. URL: <http://www.geo.info.hu/gisopen/2012/eloadasok/pdf/h09.pdf>  
(2012. december 19.)
45. Baranya Megye Területrendezési Terve. 2004. URL: [http://www.terport.hu/webfm\\_send/170](http://www.terport.hu/webfm_send/170)  
(2012. november 1.)
46. Bába – Duna, vízállás adatok.  
URL: <http://www.ovisz.hu/index.php?module=map&voa=164961ED-97AB-11D4-BB62-00508BA24287&szervezet=4&order=vizfolyasnev&idosor=0> (2012. január 26.)
47. BÓDIS K. 2008. Digitális domborzatmodellek és alkalmazási lehetőségeik az árvízi kockázatelemzésben. PhD értékezés. – Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar.  
URL: [http://www.geography.hu/bodis/dem/bodiskatalin\\_phd\\_ertekezes.pdf](http://www.geography.hu/bodis/dem/bodiskatalin_phd_ertekezes.pdf)  
(2012. november 11.)
48. BOWMAN, H. – NETELER, M. 2008-2010. RST Spline Surfaces.  
URL: [http://grass.osgeo.org/wiki/RST\\_Spline\\_Surfaces](http://grass.osgeo.org/wiki/RST_Spline_Surfaces) (2012. november 15.)

49. BUGYA T. 2010a. A GRASS térinformatikai rendszer kézikönyve. Első kötet: GRASS kezdőknek és érdeklődőknek. Pécs
50. BUGYA T. 2010b. A GRASS térinformatikai rendszer kézikönyve. Második kötet: GRASS haladóknak; térképi- és szakadatok kezelése, előállítás, tárolása és konvertálása. Pécs
51. DDM-5 termékleírás.  
URL: [http://fish.fomi.hu/termekek/honlap/adathaz/termekek/domborzat/ddm\\_5.htm](http://fish.fomi.hu/termekek/honlap/adathaz/termekek/domborzat/ddm_5.htm)  
(2012. december 19.)
52. DDM-10 leírás. URL: <http://www.topomap.hu/webshop/index.php?menu=ddmleiras>  
(2012. november 14.)
53. Domborzatárnyékolás GRASS-ban.  
URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Graphics\\_Lab/Resources/Creating\\_shaded\\_relief\\_\(GRASS,\\_3DEM\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Graphics_Lab/Resources/Creating_shaded_relief_(GRASS,_3DEM)) (2012. november 24.)
54. FSF.hu Alapítvány. URL: <http://fsf.hu/> (2012. november 11.)
55. GESH, D. – OIMOEN, M. – ZHANG, Z. – MEYER, D. – DANIELSON, J. 2012. Validation of the ASTER Global Digital Elevation Model Version 2 over the Conterminous United States.  
URL: <http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B4/281/2012/isprsarchives-XXXIX-B4-281-2012.pdf> (2012. november 17.)
56. GRASS GIS. URL: <http://grass.fbk.eu/> (2012. november 11.)
57. GUTH, P. L. 2010. Geomorphometric comparison of ASTER GDEM and SRTM.  
URL: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/part4/files/Guth.pdf> (2012. december 3.)
58. JACOBSEN, K. – PASSINI, R. 2009. Analysis of ASTER GDEM elevation models.  
URL: [http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/part1/09/09\\_03\\_Paper\\_103.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/part1/09/09_03_Paper_103.pdf)  
(2012. december 12.)
59. JANCsik P. – KUSZÁLIK J. 2004. A digitális domborzatmodellezés alkalmazásának lehetőségei a számítógépes térképészetben. URL: <http://www.uni-miskolc.hu/~fkt/hundem/Cikkek/Jancsik%20Peter%20-%20KusZalik%20Jozsef.pdf> (2012. november 24.)
60. JARVIS, A. – REUTER, H. I. – NELSON, A. – GUEVARA, E. 2008. Hole-filled seamless SRTM data V4. International Centre for Tropical Agriculture (CIAT)  
URL: <http://srtm.csi.cigiar.org> (2012. november 17.)
61. KOÓS T. 2008. A harcvezetési rendszerekben alkalmazható digitális magasságmodellek és azok jellemzői. – *Hadmérnök*. III. (4) pp. 129–138.  
URL: [http://hadmernok.hu/archivum/2008/4/2008\\_4\\_koos.pdf](http://hadmernok.hu/archivum/2008/4/2008_4_koos.pdf) (2012. november 11.)
62. KOVÁCS J. 2003. Vörösgyagok geomorfológiai helyzete és kora a Kárpát-medencében. – *Közlemények a Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézetének Természetföldrajz Tanszékéről* 24. pp. 1–18.,  
URL: [http://foldrajz.ttk.pte.hu/tgt/web\\_kozlemenyek/kozl24/pte\\_termeszetfoldrajzi\\_kozlemenyek24.pdf](http://foldrajz.ttk.pte.hu/tgt/web_kozlemenyek/kozl24/pte_termeszetfoldrajzi_kozlemenyek24.pdf) (2012. október 22.)
63. LI, P. – SHI, C. – LI, Z. – MULLER, J.-P. – DRUMMOND, J. – LI, X. – LI, T. – LI, Y. – LIU, J. 2012. Evaluation of ASTER GEM Ver2 using GPS measurements and SRTM Ver4.1 in China.  
URL: <http://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/I-4/181/2012/isprsanals-I-4-181-2012.pdf> (2012. november 26.)
64. Magyar ingatlan-nyilvántartás – Művelési ágak.  
URL: <http://www.agt.bme.hu/varga/ingatlan/jegyzet/jegyzet.htm> (2012. november 1.)

65. MÁRKUS B. 2010. Térinformatika 11. Interpoláció és domborzatmodellezés. – Digitális Tankönyvtár.  
URL: [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027\\_TEI11/adatok.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_TEI11/adatok.html)  
(2012. november 15.)
66. MÉLYKÚTI G. 2005. Topográfia. Tankönyv. – FVM Képzési és Szaktanácsadási Intézet. Budapest.  
URL: <http://web.fmt.bme.hu/mg/6%20Digit%C3%A1lis%20topogr%C3%A1fiai%20t%C3%A9rk%C3%A9pek%20alapismeretei.pdf> (2012. november 11.)
67. MÉLYKÚTI G. 2007. Topográfiai adatbázisok. Jegyzet.  
URL: <http://www.fmt.bme.hu/fmt/oktatas/feltoltesek/BMEEOFTASJ3/asj3segedlet.pdf>  
(2012. november 11.)
68. MILLER, R. – COOLEY, S. Terrace Extraction II. URL: <http://gis4geomorphology.com/terrace-extraction-ii-soon/> (2012. december 9.)
69. MILLER, R. 2012. URL: <http://blog.raptorrob.com/search/label/GIS> (2012. december 15.)
70. Quantum GIS Desktop. URL: <http://www.qgis.org/> (2012. november 11.)
71. RYOTARO, T. – WATARU, T. 2010. Towards DTM generation from ASTER GDEM and SRTM3 in hilly terrain using wavelets. URL: <http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS2010/Papers/Poster%20Presentation/Session%202/PS02-21.pdf> (2012. november 11.)
72. SERES A. – DOBOS. E. 2009. Területhasználati térkép készítése műholdfelvételek alapján az SRTM magasságmodell pontosítására. URL: [http://www.uni-miskolc.hu/~fkt/Hundem\\_es\\_Geoinfo\\_2009/Cikkek/SeresA\\_DobosE.pdf](http://www.uni-miskolc.hu/~fkt/Hundem_es_Geoinfo_2009/Cikkek/SeresA_DobosE.pdf) (2012. november 20.)
73. SIMON S. 2005. Elkészült az ország külterületének vektoros digitális földmérési alaptérképe. URL: <http://www.gtm.hu/magazin/elkeszult-az-orszag-kulterületenek-vektoros-digitalis-foldmeresi-alapterkepe> (2012. november 1.)
74. SIRISTYE F. – ZBORAY Z. 2004. Digitális domborzatmodellek készítése katonai térképészeti célokra.  
URL: <http://www.uni-miskolc.hu/~fkt/hundem/Cikkek/Siristye%20Ferenc%20Zboray%20Zoltan.pdf> (2012. november 17.)
75. SMITH, J. M. – PARON P. 2011. URL: <http://www.appgema.net/> (2012. december 12.)
76. SRTM DEM processing and elimination of artefacts. e-SOTER 2008–2012.  
URL: <http://www.esoter.net/?q=content/srtm-dem-processing-and-elimination-artefacts>  
(2012. december 12.)
77. SRTM V4 általános információk.  
URL: <http://srtm.csi.cgiar.org/SRTMdataProcessingMethodology.asp>  
(2012. november 17.)
78. SRTM V4 vízmaszk.  
URL: [http://eros.usgs.gov/#/Find\\_Data/Products\\_and\\_Data\\_Available/Shuttle\\_Radar\\_Topography\\_Mission\\_Water\\_Body\\_Dataset](http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/Shuttle_Radar_Topography_Mission_Water_Body_Dataset) (2012. november 17.)
79. SZABÓ G. 2009. Az SRTM adatbázis pontosságának vizsgálata síksági és hegylábi mintaterületen. URL: [http://www.uni-miskolc.hu/~fkt/Hundem\\_es\\_Geoinfo\\_2009/Cikkek/SzaboG.pdf](http://www.uni-miskolc.hu/~fkt/Hundem_es_Geoinfo_2009/Cikkek/SzaboG.pdf) (2012. december 3.)

80. TACHIKAWA, T. – KAKU, M. – IWASAKI, A. – GESH, D. – OIMOENS, M. – ZHANG, Z. – DANIELSON, J. – KRIEGER, T. – CURTIS, B. – HAASE, J. – ABRAMS, M. – CRIPPEN, R. – CARABAJAL, C. 2011. ASTER Global Digital Elevation Model Version 2 – Summary of Validation Results.  
URL: [http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary\\_GDEM2\\_validation\\_report\\_final.pdf](http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/ver2Validation/Summary_GDEM2_validation_report_final.pdf) (2012. november 17.)
81. Terrace Extraction I. URL: <http://gis4geomorphology.com/terrace-extraction-draft/> (2012. december 9.)
82. Tolna Megye Területrendezési Terv Módosítása. 2011.  
URL: [http://www.tolnamegye.hu/dld/megyei\\_rendezeri\\_terv\\_2012/tolnam\\_trtmod\\_vizsg\\_20110504\\_jo.pdf](http://www.tolnamegye.hu/dld/megyei_rendezeri_terv_2012/tolnam_trtmod_vizsg_20110504_jo.pdf) (2012. november 11.)
83. Tolna Megye Területrendezési Terv. Térképi melléklet – Rendszeresen belvízjárta területek.  
URL: [http://www.tolnamegye.hu/dld/megyei\\_rendezeri\\_terv\\_2012/rendeletek/3\\_16\\_Belviz\\_jarta\\_100e.pdf](http://www.tolnamegye.hu/dld/megyei_rendezeri_terv_2012/rendeletek/3_16_Belviz_jarta_100e.pdf) (2012. október 12.)
84. Tolna Megye Területrendezési Terv. Térképi melléklet – Nagyvízi meder.  
URL: [http://www.tolnamegye.hu/dld/megyei\\_rendezeri\\_terv\\_2012/rendeletek/3\\_12\\_Nagy\\_vizi\\_meder\\_100e.pdf](http://www.tolnamegye.hu/dld/megyei_rendezeri_terv_2012/rendeletek/3_12_Nagy_vizi_meder_100e.pdf) (2012. október 12.)
85. Topo to Raster működése.  
URL: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/009z0000007m000000> (2012. december 12.)
86. TOZ, G. – ERDOGAN M. 2008. DEM (Digital Elevation Model) production and accuracy modeling of DEM's from 1:35 000 scale aerial photographs.  
URL: [http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1\\_pdf/133.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1_pdf/133.pdf) (2012. december 12.)
87. V. WOJTASZEK M. 2010. Fotointerpretáció és távérzékelés 3. A lézer alapú távérzékelés. – Digitális Tankönyvtár.  
URL: [http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027\\_FOI3/index.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_FOI3/index.html) (2012. november 11.)
88. VINCZE L. 2010. A kataszteri térképek minőségének növelése. URL: [http://terinformatika-online.hu/index.php?option=com\\_content&task=view&id=425&Itemid=84](http://terinformatika-online.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=425&Itemid=84) (2012. november 1.)
89. Vízmérce adatok. URL: <http://www.vizugy.hu/> (2012. november 11.)
90. WINKLER P. – IVÁN GY. – KAY, S. – SPRUYT, P. – ZIELINSKI, R. 2006. Űrfelvételekből származtatott digitális felületmodell minőségének ellenőrzése a nagyfelbontású digitális domborzatmodell alapján. URL: <http://www.fomi.hu/honlap/magyar/szaklap/2006/02/4.pdf> (2012. december 4.)

#### ArcGIS modulok

91. Cut/Fill. URL: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Cut/Fill> (2012. november 17.)
92. Fill. URL: <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z0000005000000000.htm> (2012. november 24.)
93. Topo to Raster.  
URL: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/009z0000006s000000> (2012. december 12.)

GRASS parancsok

94. d.profile. URL: [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/d.profile.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/d.profile.html)  
(2012. november 17.)
95. g.copy. URL: [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/g.copy.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/g.copy.html)  
(2012. november 17.)
96. nviz. URL: [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/nviz.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/nviz.html)  
(2012. november 15.)
97. r.clump URL: <http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.clump.html> (2012. december 8.)
98. r.fill.dir. URL: [http://ludique.u-bourgogne.fr/grass/grass64/manuals/html64\\_user/r.fill.dir.html](http://ludique.u-bourgogne.fr/grass/grass64/manuals/html64_user/r.fill.dir.html)  
(2012. november 24.)
99. r.mapcalc. [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.mapcalc.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.mapcalc.html)  
(2012. november 17.)
100. r.neighbors. URL: [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.neighbors.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.neighbors.html)  
(2012. november 15.)
101. r.patch. URL: [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.patch.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.patch.html)  
(2012. november 14.)
102. r.proj. URL: [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.proj.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.proj.html)  
(2012. november 17.)
103. r.resample. URL: [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.resample.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.resample.html)  
(2012. november 17.)
104. r.shaded.relief.  
URL: [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/r.shaded.relief.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.shaded.relief.html)  
(2012. november 17.)
105. r.stats. URL: <http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/r.stats.html> (2012. november 25.)
106. v.to.points. URL: [http://grass.fbk.eu/gdp/html\\_grass64/v.to.points.html](http://grass.fbk.eu/gdp/html_grass64/v.to.points.html) (2012. november 14.)
107. v.to.rast. URL: [http://grass.osgeo.org/gdp/html\\_grass64/v.to.rast.html](http://grass.osgeo.org/gdp/html_grass64/v.to.rast.html) (2012. november 10.)
108. v.surf.rst. URL: [http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64\\_user/v.surf.rst.html](http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/v.surf.rst.html)  
(2012. november 15.)

Mellékletek

1. sz. melléklet. A területhasználati térkép adatbázisa. Bekeretezve a hozzáadott művelési ág kódok oszlopa.

|    | A          | B             | C                 | D             | E              | F               | G            | H                | I             | J                 | K                       | L                 |
|----|------------|---------------|-------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------|------------------|---------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| 1  | CAT.N.11.0 | A. CAT.N.11.0 | A. KATEGORIN.11.0 | B. CAT.N.11.0 | B. MUVAG. C.20 | B. HELYSEG.C.30 | B. HRSZ.C.21 | B. ALRESZLE.C.25 | B. MUVAG.C.20 | B. MINOSZT.N.11.0 | B. GIS. KOD.C.50        | B. GIS. SORT.C.50 |
| 2  | 3          | 1             | 1                 | 380           | E 2            | Baja            | 050/8        | a                | E             | 23522-050/8a      | Baja- 050/ 8a           | 050 <sup>r</sup>  |
| 3  | 22486      | 1             | 1                 | 56320         | BT             | Baja            | 01           |                  | BT            | 01172-01/         | Bátaszék- 01/           | 0 <sup>r</sup>    |
| 4  | 22487      | 1             | 1                 | 56321         | BT             | Bátaszék        | 01           |                  | BT            | 08864-01/         | Bátaszék- 01/           | u                 |
| 5  | 22922      | 1             | 1                 | 56532         | Sz. 3          | Fajsz           | 0203/10      |                  | Sz            | 33230-0203/10     | Fajsz- 0203/ 10         | 020 <sub>u</sub>  |
| 6  | 150        | 1             | 1                 | 40765         | Gy. 4          | Baja            | 034/3        |                  | Gy            | 411712-034/3      | Baja- 034/ 3            | 034 <sup>r</sup>  |
| 7  | 97         | 1             | 1                 | 20704         |                | Ersekszanád     | 0113/54      |                  |               | 011864-0113/54    | Ersekszanád- 0113/ 54   | 0 <sup>r</sup>    |
| 8  | 16109      | 1             | 1                 | 48053         | mk             | Sárpilis        | 0113/5       |                  | mk            | 04747-0113/5      | Sárpilis- 0113/ 5       | u                 |
| 9  | 180        | 1             | 1                 | 45269         | L. 3           | Decs            | 0769/2       |                  | L             | 324989-0769/2     | Decs- 0769/ 2           | 076 <sub>s</sub>  |
| 10 | 274        | 1             | 1                 | 54816         | R. 7           | Ocsény          | 0510         | b                | R             | 78961-0510b       | Ocsény- 0510/ b         | 051 <sup>r</sup>  |
| 11 | 242        | 1             | 1                 | 51400         | S. 4           | Szekszárd       | 0838/15      | b                | S             | 422761-0838/15b   | Szekszárd- 0838/ 15b    | 0 <sup>r</sup>    |
| 12 | 22494      | 1             | 1                 | 56330         | ZK             | Alsónyék        | ZK           |                  | ZK            | 011563-ZK/        | Alsónyék- ZK/           | u                 |
| 13 | 418        | 1             | 1                 | 184           | K. 4           | Baja            | 048/9        | c                | K             | 43522-048/9c      | Baja- 048/ 9c           | 048 <sub>s</sub>  |
| 14 | 43         | 1             | 1                 | 3908          | mk             | Baja            | 0715/6       | c                | mk            | 03522-0715/6c     | Baja- 0715/ 6c          | 071 <sup>r</sup>  |
| 15 | 3760       | 1             | 1                 | 20584         | hltó           | Ersekszanád     | 0120/23      | a                | hltó          | 011864-0120/23a   | Ersekszanád- 0120/ 23a  | 0 <sup>r</sup>    |
| 16 | 22837      | 1             | 1                 | 22736         | N. 1           | Dunaszerkesztő  | 0100/1       |                  | N             | 19186-0100/1      | Dunaszerkesztő- 0100/ 1 | u                 |
| 17 | 3198       | 1             | 1                 | 17112         |                | Ersekszanád     | 0113/8       |                  |               | 011864-0113/8     | Ersekszanád- 0113/ 8    | 011 <sub>u</sub>  |

| M                 | N             | O              | P                 | Q               | R                  | S                  | T             | U                  | V                   | W          |
|-------------------|---------------|----------------|-------------------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------------|------------|
| B. GIS. LABE.C.50 | B. KSH.N.11.0 | B. KSH4.N.11.0 | B. MOD. USER.C.30 | B. MOD. DT.C.10 | B. ELTERES. N.11.0 | B. ELTERESZ.N.11.0 | B. MEGJ.C.200 | B. SHAPE. LEN.19,6 | B. SHAPE. AR.N.19,6 | KAT.N.11.0 |
| 050/8a            | 3522          | 352            |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 1241,071277        | 38824,454069        | 1          |
| 01                | 11712         | 1171           |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 2186,945585        | 150941,132567       | 2          |
| 01                | 8864          | 886            |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 10990,27983        | 3395607,10213       | 22         |
| 0203/10           | 3230          | 323            |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 1623,882735        | 26483,4451          | 3          |
| 034/3             | 11712         | 1171           |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 223,716849         | 2853,210465         | 4          |
| 0113/54           | 11864         | 1186           |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 35,898831          | 67,94195            | 5          |
| 0113/5            | 4747          | 474            |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 1566,964907        | 5088,753285         | 5          |
| 0769/2            | 24989         | 2498           |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 281,488665         | 4840,557749         | 6          |
| 0510b             | 8961          | 896            |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 849,215827         | 25703,924229        | 6          |
| 0838/15b          | 22761         | 2276           |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 677,631827         | 6710,522426         | 7          |
| ZK                | 11563         | 1156           |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 6620,3596          | 738836,638826       | 7          |
| 048/9c            | 3522          | 352            |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 195,777622         | 1475,0005           | 8          |
| 0715/6c           | 3522          | 352            |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 979,88191          | 4292,39845          | 9          |
| 0120/23a          | 11864         | 1186           |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 202,950324         | 1725,019657         | 10         |
| 0100/1            | 9186          | 918            |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 696,585101         | 9216,588866         | 11         |
| 0113/8            | 11864         | 1186           |                   |                 | 0                  | 0                  |               | 77,300572          | 372,316721          | 12         |

2. sz. melléklet. DDM-10 pontossági adatai.  
<http://www.topomap.hu/webshop/index.php?menu=ddmleiras> (2012. november 14.)

| Felszíntípus                          | Középhiba |
|---------------------------------------|-----------|
| Síkvidék (átlagos tereplejtés <2%)    | < ±0,8 m  |
| Dombvidék (átlagos tereplejtés <2-6%) | < ±2,5 m  |
| Hegyvidék (átlagos tereplejtés >6%)   | < ±5,0 m  |

3. sz. melléklet. A jelentős hibák kiszűrése során vizsgált területek magassági értékei. Szűrőkével  
 kiemelve a legnagyobb hibával bíró pixelhez tartozó adatok, feketével kiemelve a szűréshez választott  
 simítási érték adatai. (saját szerk.)

| távolság              | 15 m | 45 m | 75 m | 105 m | 135 m | 165 m | 195 m | 225 m | 255 m | 285 m | 315 m |
|-----------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| eredeti felszín       | 89   | 78   | 81   | 73    | 32    | 17    | 30    | 34    | 69    | 84    | 89    |
| 3*3 cellás simítás    | 84   | 82   | 77   | 60    | 41    | 27    | 30    | 44    | 62    | 78    | 87    |
| eltérés az eredetiről | 5    | -4   | 4    | 13    | -9    | -10   | 0     | -10   | 7     | 6     | 2     |
| 5*5 cellás simítás    | 81   | 80   | 69   | 57    | 46    | 39    | 37    | 48    | 61    | 72    | 82    |
| eltérés az eredetiről | 8    | -2   | 12   | 16    | -14   | -22   | -7    | -14   | 8     | 12    | 233   |
| 7*7 cellás simítás    | 78   | 72   | 64   | 57    | 51    | 49    | 49    | 51    | 59    | 69    | 77    |
| eltérés az eredetiről | 11   | 6    | 17   | 16    | -19   | -32   | -19   | -17   | 10    | 15    | 12    |
| 9*9 cellás simítás    | 72   | 67   | 62   | 58    | 56    | 56    | 57    | 58    | 60    | 66    | 74    |
| eltérés az eredetiről | 17   | 11   | 19   | 15    | -24   | -39   | -27   | -24   | 9     | 18    | 15    |
| negatív értékű hiba   |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |
| eredeti felszín       | 104  | 103  | 107  | 114   | 120   | 136   | 132   | 120   | 116   | 111   | 110   |
| 3*3 cellás simítás    | 101  | 104  | 108  | 114   | 122   | 127   | 127   | 121   | 116   | 113   | 111   |
| eltérés az eredetiről | 3    | -1   | -1   | 0     | -2    | 9     | 5     | -1    | 0     | -2    | -1    |
| 5*5 cellás simítás    | 101  | 104  | 108  | 113   | 118   | 120   | 121   | 120   | 116   | 113   | 112   |
| eltérés az eredetiről | 3    | -1   | -1   | 1     | 2     | 16    | 11    | 0     | 0     | -2    | -2    |
| 7*7 cellás simítás    | 101  | 104  | 108  | 111   | 113   | 115   | 116   | 116   | 115   | 114   | 113   |
| eltérés az eredetiről | 3    | -1   | -1   | 3     | 7     | 21    | 16    | 4     | 1     | -3    | -3    |
| 9*9 cellás simítás    | 102  | 104  | 107  | 109   | 111   | 112   | 112   | 113   | 113   | 114   | 113   |
| eltérés az eredetiről | 2    | -1   | 0    | 5     | 9     | 24    | 20    | 7     | 3     | -3    | -3    |
| pozitív értékű hiba   |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |

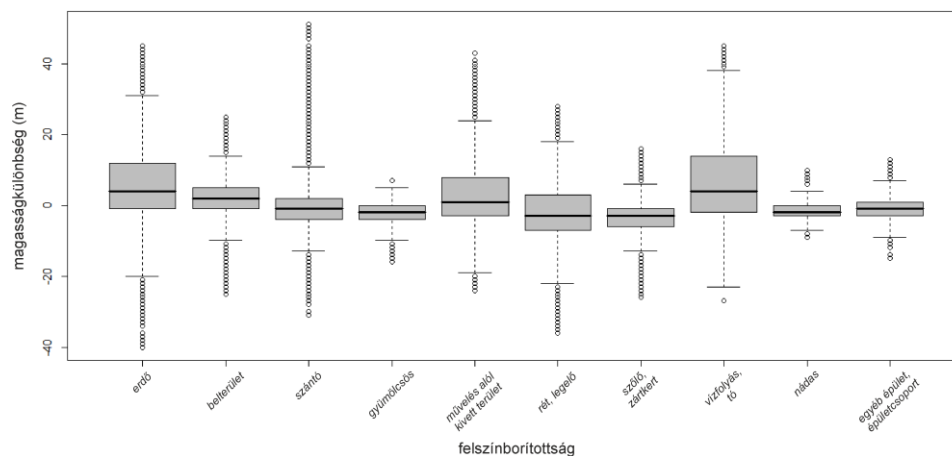
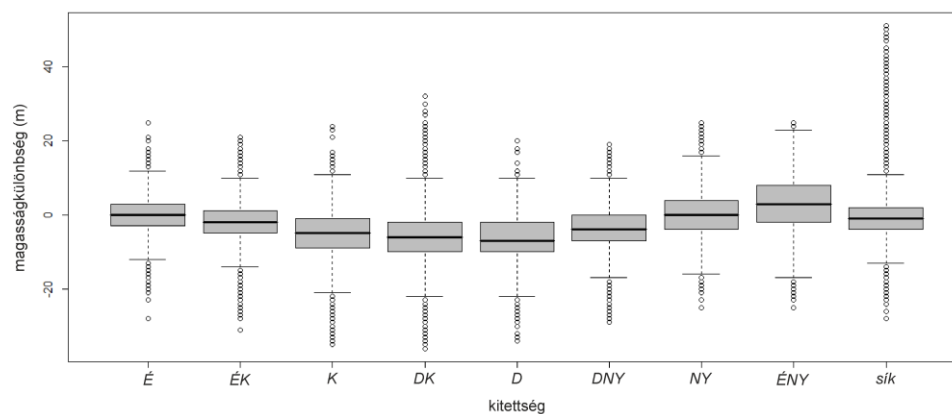
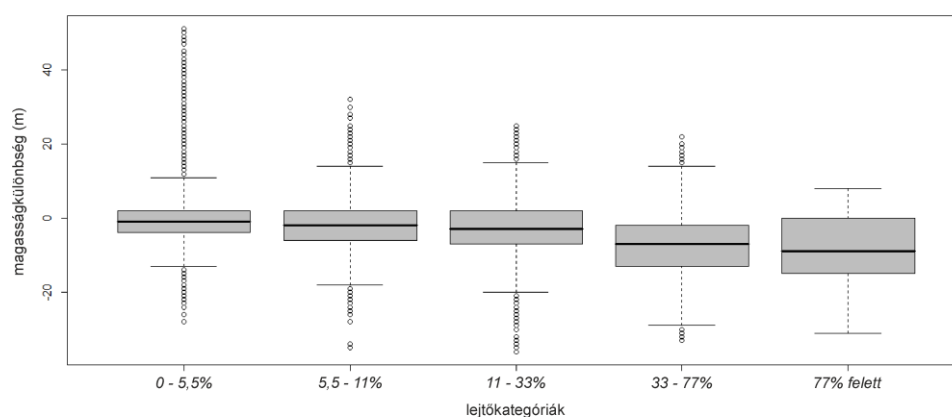
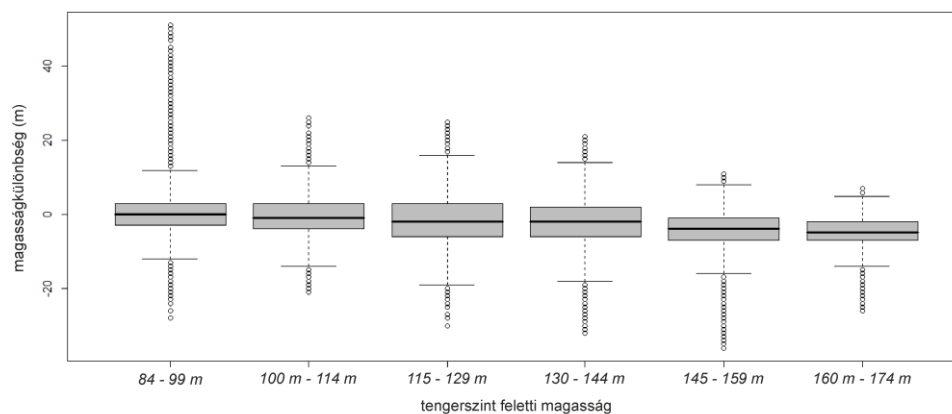
4. sz. melléklet. Az alkalmazott területhasználati kategóriák leírása<sup>57</sup>.

| Művelési ág                 | Kód | Leírás                                                                                                                                                                                             | Arány  |
|-----------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Erdő, fásított terület      | 1   | Zárt erdők, fiatal erdők, erdőültetvények, sűrű fasorok, facsoportok területe.                                                                                                                     | 26,34% |
| Belterület                  | 2   | Hagyományosan vidéki települési térségbe tartozó települések belterülete.                                                                                                                          | 3,09%  |
|                             | 22  | Városias települési térségbe tartozó települések belterülete                                                                                                                                       | 1,83%  |
| Szántó                      | 3   | Szántó művelési ágban tartják nyilván azt a területet, amely általában szántóföldi művelés alatt áll, attól függetlenül, hogy ideiglenesen parlagon hagyják.                                       | 50,68% |
| Gyümölcsös                  | 4   | Termesztett főnövény a gyümölcsfa, ill. gyümölcsbokr. Gyümölcsösnek minősülnek a legalább két gyümölcsfasorból álló pászták, valamint a gyümölcsfaiskolák alanytelepei.                            | 0,61%  |
| Művelés alól kivett terület | 5   | Településsel, termeléssel és szolgáltatással, közlekedéssel és hírközléssel, vízgazdálkodással, honvédelemmel és rendszerttel kapcsolatban mező- vagy erdőgazdasági művelés alól kivett területek. | 5,31%  |
| Rét, Legelő                 | 6   | Füves területek, melyek fűtermését kaszálják vagy legeltetik. Nem legeltetett, felhagyott füves területek is ide tartoznak.                                                                        | 4,23%  |
| Szőlő, zártkert             | 7   | Szőlőtermesztés területei <sup>58</sup> .                                                                                                                                                          | 2,42%  |
| Kert                        | 8   | Zöldség-, virágtermesztéssel – esetleg gyümölcsfával, szőlővel vegyesen is – hasznosított területek.                                                                                               | 0,04%  |
| Vízfolyás                   | 9   | Folyók, patakok, állandó vízfolyások, belvízlevezető csatornák területei.                                                                                                                          | 4,76%  |
| Tó, halastó                 | 10  | Természetes (morotvák) és mesterséges (haltenyésztésre használt tavak, bányatavak, záportározók) tavak területei.                                                                                  | 0,28%  |
| Nádas                       | 11  | Ipari, építési, mezőgazdasági felhasználásra alkalmas nád vagy gyékény terem a területen.                                                                                                          | 0,38%  |
| Egyéb épület, épületcsoport | 12  | Mezőgazdasági vagy ipari célú épület, épületegyüttes, hétvégi házas térség, tanyák térségei.                                                                                                       | 0,01%  |

<sup>57</sup> A művelési ágak fajtái. <http://www.agt.bme.hu/varga/ingatlan/jegyzet/jegyzet.htm> (2012. november 1.)

<sup>58</sup> A térképek alapos vizsgálata során megállapítottam, hogy a területen zártkert kategóriába sorolt téregységek valójában kisebb szőlőskertek.

5. sz. melléklet. A domborzati jellemzőkre és felszínborítottsági kategóriákra vonatkozó magassági hibákból készített boxplot diagramok. (saját szerk.)



```

library(raster)
library(SDMTools)

setwd("d:\\egyetem\\otdkterkep")

ras <- raster("astergdem.tif")

pdf('jobbpart.pdf', width=7.5, height=10, paper="letter", pointsize=11)

par(mfrow=c(2,1))

for (i in 1:28){

    ext <- extent(18.6610521643408, 18.9289947934949, 46.3525829896342-
i*0.009, 46.3575829896342 - i*0.009)

    tmpras <- crop(ras, ext)

    rmin <- minValue(tmpras)

    tmpras <- calc(tmpras, fun=function(x){x-rmin})

    tmpras <- calc(tmpras, fun=function(x){x[x<5] <- NA; return(x)})
plot(round(tmpras,5), round(slope(tmpras, latlon=T)/27.7, 5),
xlab="Relativ tszf. m.(m)", ylab="Lejtőszög", ylim=c(0,30),
xlim=c(0,150), cex=0.5, pch=20, main=paste("Terasz-terkep#", i,
"X=",ext@xmin,":",ext@xmax," ", " Y=",ext@ymin,":",ext@ymax, sep=""))

}

dev.off()

```

*6. sz. melléklet. Az ártéri szintek meghatározásához alkalmazott script.*

7. sz. melléklet. Teraszszint-magasságok a Duna-völgy Tolna-Mohács közötti szakaszán  
(PÉCSI M. 1959)

|                                                 | <u>Települések</u>         |                 |                  |                 |                  |                 |
|-------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|                                                 | <b>Tolna<br/>(Dombori)</b> | <b>Fajsz</b>    | <b>Bátaszék</b>  | <b>Baja</b>     | <b>Mohács</b>    | <b>-</b>        |
|                                                 | <i>Jobb part</i>           | <i>Bal part</i> | <i>Jobb part</i> | <i>Bal part</i> | <i>Jobb part</i> | <i>Bal part</i> |
| <i>Torkolattól való távolság (km)</i>           | 1506                       |                 | 1479             |                 | 1446             |                 |
| <i>Duna 0 pontja tszf.m. (mAf)<sup>59</sup></i> | 84,20                      |                 | 81,72            |                 | 79,88            |                 |
| <i>Duna 0 pontja tszf.m. (mBf)<sup>60</sup></i> | 83,520                     |                 | 80,990           |                 | 79,195           |                 |
| <i>Ártér (mAf)</i>                              | 4–6                        | 4–6             | 5–6              | 5–6             | 5–6              | 5–6             |
| <i>Ártér (mBf)<sup>61</sup></i>                 | 4,675–6,675                | 4,675–6,675     | 5,675–6,675      | 5,675–6,675     | 5,675–6,675      | 5,675–6,675     |
| <i>I. terasz (mAf)</i>                          | 7–9                        | 7–9             | 9–10**           | 7–8             | 8–9              | 8–9             |
| <i>I. terasz (mBf)<sup>61</sup></i>             | 7,675–9,675                | 7,675–9,675     | 9,675–10,675     | 7,675–8,675     | 8,675–9,675      | 8,675–9,675     |
| <i>II/a terasz (mAf)</i>                        | 14                         | -               | -                | 14              | 12–13***         | 12–13****       |
| <i>II/a terasz (mBf)<sup>61</sup></i>           | 14,675                     | -               | -                | 14,675          | 12,675–13,675    | 12,675–13,675   |
| <i>II/b terasz (mAf)</i>                        | -                          | 20*             | -                | 20–22*          | -                | 15–17           |
| <i>II/b terasz (mBf)<sup>61</sup></i>           | -                          | 20,675          | -                | 20,675–22,675   | -                | 15,675–17,675   |
| <i>III., IV., V., VI., VII. terasz</i>          | -                          |                 | -                |                 | -                |                 |

\* Kecel-Bajai magaspart

\*\* sárközi teraszok

\*\*\* Mohácsi terasz

\*\*\*\* Délbácskai terasz

<sup>59</sup> PÉCSI M. (1959) alapján

<sup>60</sup> Vízügyi Honlap vízmérce adatai alapján. (<http://www.vizugy.hu/> [2012. november 09.])

<sup>61</sup> Átszámított értékek, a két alapszint hálózat közötti magasságkülönbség (0,675 m) értékével módosítva PÉCSI M. (1959) adatait. (ÁDÁM J. et al. 1999)