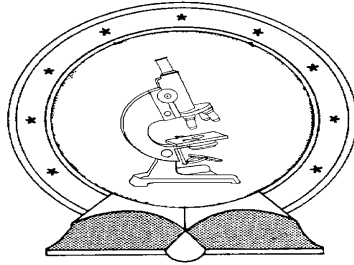


**DE TTK**



**1949**

**A csapadék, a vízjárás és a mederfejlődés  
összefüggései a Hernád mentén, különös tekintettel az  
Alsódobsza-Gesztely közötti szakaszra**

**Doktori (PhD) értekezés**

Egyetemi doktori (PhD) értekezés

a szerző neve: Kozma Katalin  
témavezető neve: Prof. Dr. Szabó József

DEBRECENI EGYETEM  
Természettudományi Doktori Tanács  
Földtudományok Doktori Iskola  
Debrecen, 2015.

*Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Természettudományi Doktori Tanács Földtudományok Doktori Iskola A lito- és hidroszféra természetes és antropogén folyamatai programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem természettudományi doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.*

*Debrecen, 2015. szeptember 24.*

**Kozma Katalin**  
*a jelölt aláírása*

*Tanúsítom, hogy Kozma Katalin doktorjelölt 2004- 2008. között a fent megnevezett Doktori Iskola A lito- és hidroszféra természetes és antropogén folyamatai programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Az értekezés elfogadását javasolom.*

*Debrecen, 2015. szeptember 24.*

**Prof. Dr. Szabó József**  
*a témavezető aláírása*

**A csapadék, a vízjárás és a mederfejlődés összefüggései a Hernád mentén, különös tekintettel az Alsódobsza-Gesztely közötti szakaszra**

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében  
a földtudományok tudományágban

Írta: Kozma Katalin okleveles geográfus

Készült a Debreceni Egyetem Földtudományok doktori iskolája  
(A lito- és hidroszféra természetes és antropogén folyamatai programja)  
keretében

Témavezető: Prof. Dr. Szabó József

A doktori szigorlati bizottság:

elnök: Prof. Dr. Lóki József.....  
tagok: Dr. Csima Péter.....  
Dr. Szabó Szilárd.....

A doktori szigorlat időpontja: 2012. június 26.

Az értekezés bírálói:

Dr. ....  
Dr. ....  
Dr. ....

A bírálóbizottság:

elnök: Dr. ....  
tagok: Dr. ....  
Dr. ....  
Dr. ....  
Dr. ....

Az értekezés védésének időpontja: 2015. ....

# Tartalomjegyzék

<b>1. BEVEZETÉS</b> .....	3
<b>2. A KUTATÁS CÉLJA</b> .....	4
<b>3. IRODALMI ELŐZMÉNYEK ÁTTEKINTÉSE</b> .....	5
3.1 A Hernád völgyének geomorfológiai képe .....	5
3.2 A Hernád völgyének hidrológiai bemutatása .....	6
3.3 A mederfejlődés és mederalakulás irodalmának nemzetközi és hazai vonatkozásai.....	15
<b>4. A HERNÁD MEDERVÁNDORLÁSA</b> .....	30
<b>5. ANYAG ÉS MÓDSZER</b> .....	40
5.1 Történeti feldolgozás topográfiai térképek alapján .....	40
5.2 Terepi mérések a folyókanyarulatok fejlődésére vonatkozóan ....	44
5.3 Modellrepülő mérési módszer alkalmazása.....	46
5.4 A csapadék és a vízállás összefüggéseinek vizsgálata .....	49
<b>6. VIZSGÁLAT, EREDMÉNYEK, ÉRTÉKELÉS</b> .....	51
6.1 A partelmozdulás mértékének vizsgálata .....	51
6.1.1 <i>Vizsgálati eredmények és összevetésük a szakirodalommal</i> .....	51
6.1.2 <i>Összegzés a partelmozdulás mértékének vizsgálatáról</i> .	70
6.2 A pusztuló partok fejlődési modellje .....	72
6.3 A partpusztulás mértéke és a part menti sávok tájhasználatának összefüggései .....	81
6.4 A csapadék és vízjárás lehetséges összefüggései .....	84

6.4.1 <i>A csapadék adatsorok elemzése</i> .....	84
6.4.2 <i>A vízállási adatsorok elemzése</i> .....	90
6.4.3 <i>A csapadék és a vízjárás lehetséges összefüggései a medervándorlással</i> .....	99
<b>7. ÖSSZEFOGLALÓ</b> .....	100
<b>8. SUMMARY</b> .....	107
<b>9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS</b> .....	114
<b>10. IRODALOMJEGYZÉK</b> .....	116
<b>11. MELLÉKLETEK</b> .....	123

## 1. Bevezetés

A Hernád folyó völgye Magyarországon egyedi jelleget mutat. Mai geomorfológiai képének kialakításában nemcsak a harmad- és negyedkor tektonikus mozgásai játszottak szerepet, hanem a folyóvízi felszínalakításnak és a tömegmozgásos folyamatoknak is döntő szerepük volt.

A Hernád folyó napjainkban kanyarogva feltöltő jellegű. A rá jellemző meanderezés és esetenkénti mederáthelyeződései azt mutatják, hogy ma is fejlődő területről beszélünk, ahol a természetes folyamatok sok helyen szinte szabadon tanulmányozhatóak.

Egyetemi tanulmányaim során a folyóvíz okozta morfológiai változásokról nem csak elméletben tanultam, hanem annak a gyakorlatban is számos alkalommal lehettem szemtanúja a Hernád folyón. Az ott tapasztalható medervándorlás, maga a meanderezés folyamata rendkívül összetett és máig számos kérdést vet fel. A medervándorlás kutatása nagy múltra tekint vissza. Azonban a Hernád környezetének és a folyón uralkodó természetes folyamatoknak vizsgálata, feltárása a közelmúltig nem igazán szerepelt a kutatások középpontjában. Az 1950-es évektől kezdődően a folyó a csuszamlásokkal kapcsolatosan került a kutatók látókörébe. A kutatás eredményeként folyamatosan ismerték meg a táj képének alakításához jelentősen hozzájáruló csuszamlások, a medervándorlások jelenségét, azok hatásait, stb. A Hernád és közvetlen környezetének morfológiai fejlődése viszonylag szabadon tanulmányozható, hiszen a folyó magyarországi szakaszának alig 25%-a szabályozott. Azonban számos olyan tényező merült fel az idők során, mely ezt a szabad fejlődést befolyásolhatja. Ilyen többek között az antropogén tevékenység növekvő jelenléte a területen, valamint az egyes környezeti elemekben történő változások, mint például az utóbbi évtizedben megfigyelhető időjárási változások, melyek a mederfejlődés jellegét változtatják meg. A meanderezés folyamatának feltárása alapvetően a morfológiai paraméterek vizsgálata során valósulhat meg. Azonban a múltban és a jelenben zajló jelenségek dinamikáját csak hosszabb időszakok vizsgálatai tudják meglehetősen jól reprezentálni. A disszertáció konkrét mérései 2007 és 2012 között történtek, tehát mintegy 5 év adatai és megfigyelései állnak rendelkezésemre az egyes megállapításokhoz.

Lóczy L. (1881) szavai útján elindulva - miszerint „... a kanyarulatok feltétele magában a folyó működésében rejlik...” - kezdtem meg kutatásomat. Ezt az alapvető működést napjainkra számos egyéb, a folyóhoz szorosan kapcsolódó tényezővel kell kiegészíteni. Hiszen bármilyen, a jövőben tervezett folyószabályozási tevékenység, amelyet a szakemberek a Hernádon

vége kívánnak hajtani, csak akkor lehet eredményes, ha a kanyargás mechanizmusát alkotó és jellemző paramétereit, valamint az azokat befolyásoló tényezőket figyelembe veszik és meg is tudják változtatni. Addig a folyó szabadon „él”, fejlődik és formálja környezetét a saját képére.

## **2. A kutatás célja**

A kutatási tevékenységem célja a folyón zajló meanderezés ütemének, sebességének, valamint a partfejlődés mechanizmusának, típusainak tanulmányozása volt. A vizsgálatok során a kanyarulatfejlődés intenzitását kívántam bemutatni három kiválasztott kanyarulaton végzett mérések alapján. A mérések során arra kerestem a választ, hogy a meder hogyan változik az idő függvényében, illetve a változás folyamatát milyen tényezők befolyásolják. A partelmozdulás tanulmányozása alapján törekedtem egy partfejlődési modell megalkotására, melyre már az előzetes feltáró munkák következtetni engedtek. A partfejlődést és a meanderezés folyamatát befolyásoló - szakirodalomban is szereplő - tényezők közül a csapadék és a vízjárás, valamint a part menti tájhasználati típusok hatásait vizsgáltam. Az utóbbi évtizedekben tapasztalható klimatikus változások, mint a hosszú ideig tartó aszályos időszakok, a hirtelen kioldódó szélsőséges csapadékesemények és extrém árhullámok a folyót jellemző hidrológiai paraméterek változása felé mutatnak. Ezzel összhangban tanulmányoztam a parterózió mértékének a vízjárással, csapadékkal való kapcsolatát is. Az adatok kiértékelése során a mért partelmozdulási értékeket vettem össze a vízállásadatok kiértékeléséből, illetve a csapadékadatok feldolgozásából kapott eredményekkel. Az adatok összehasonlítása során láthatóvá válik, hogy van-e kölcsönhatás az egyes környezeti tényezők között, illetve becsülhető-e a kölcsönhatás mértéke és milyensége. A meder keresztmetszete azonban nem csak az említett természetes tényezők hatására változik, hanem a változás mértékét az antropogén tevékenység is befolyásolja. A kutatási munka során e folyamat vizsgálata is – a változások mértékének pontosítása végett - fontos kiegészítő paraméterré vált.

Munkám során szem előtt tartottam azt is, hogy a kutatási adatok eredményei a várható változások figyelembe vételével a gazdasági életben (pl. mezőgazdasági területek határainak kijelölése a leomlás veszélye nélkül) vagy az árvízi védekezésben is felhasználhatóak legyenek.

### 3. Irodalmi előzmények áttekintése

#### 3.1. A Hernád völgyének geomorfológiai képe

A Hernád-völgy mai geomorfológiai képének alakításában a tektonikai viszonyok mellett a folyóvízi felszínalakításnak és tömegmozgásoknak is kiemelkedő jelentősége van.

A Hernád magyarországi völgyszakasza az ország egyik legfontosabb szerkezeti vonalát, a Hernád-vonalat követi. Erre utalnak a kemény paleozóos medencealjzatot elért völgyközeli fúrások eredményei (*Radócz 1971*), és a fiatalabb – főként pannóniai üledékek sztratigráfiai helyzetéből levonható következtetések. A Hernád mai völgyét mégsem lehet egyszerűen tektonikus árokként felfogni. Bár a szerkezeti vonal preformálhatta a völgyet, a szerkezeti mozgások fejlődésének egyes szakaszaiban számottevő szerepet játszhattak, azonban a völgy legalább ugyanilyen mértékben eróziós jellegű is. A pannóniai tenger visszahúzódása után a Hernád-völgy mai területe aligha lehetett a szomszédos akkumulációs jellegű csereháti hegyláb felszínénél lényegesen alacsonyabb, mert az rövid idő alatt magához vonzotta volna a hegyláb felszint és a hordalékkúpjaikat építő vízfolyásokat. Márpedig ezek a Cserehát északkeleti tetőit fedő kavicsréteg tanúsága szerint, legalábbis annak felhalmozásáig (valószínűleg a pleisztocén elejéig) akkumulációs állapotúak voltak és a völgyek bevágódása csak ezt követően kezdődött (*Szabó 1998*). Tehát a Hernád völgyét oldalazó erózióval és szerkezeti mozgásokkal jellemezhető ároknak tekintjük (*Láng 1944-4; Mike 1991*).

A Cserehát keleti felén a völgyek erózióbázisa a Hernád-völgy, melyek kialakulása a Hernád-völgy mélyülésének megfelelő ütemben zajlott. Jórészt eróziós kivésődésre utalnak a völgy két oldalán létrejött és részben napjainkig megmaradt teraszok (*Láng 1948; Szabó 2007*). A teraszok egyes szakaszainak hiányát (pl. jobb parti területeken) részben a partok suvadásos folyamataival magyarázzák, ugyanakkor megemlítik a tektonikát is (*Láng 1944-47*). Más kutatási eredmények szerint hiányuk sokkal inkább a folyó által végzett oldalazó erózióra vezethető vissza (*Pinczés 1975*). Magyar területen három magaspárt-szakaszt különíthetünk el. Ezek É-ről D felé haladva a baloldalon az országhatártól Zsujtáig (mintegy 6 km), jobb oldalon Hidasnémetitől Mériáig (mintegy 12 km), majd ismét a baloldalon Gibártól Gesztelyig húzódnak (mintegy 30 km) (*Szabó 2007*). Vizsgálataimat ezen utóbbi szakaszon végeztem, amelynek különlegessége, hogy egyetlen



oldalvölgy sem tagolja, mivel ezen a területen a felszíni lefolyás általános iránya a Szerencs-patak felé mutat.

A Hernád napjainkban kanyarogva feltöltő jellegűvé vált. Jó bizonyíték erre a folyó átlagos esését jelző érték, mely bár még mindig jelentős, folyamatosan csökkenő tendenciát mutat. Míg Rónai 1961-ben mintegy 67 cm/km-es átlagos esésről beszélt, addig Szabó 2007-es tanulmányában már 56 cm/km-es átlagos esést határoz meg. A folyó völgytalpán meanderező tevékenysége folytán jelentős hatással van alluviumára, valamint alámosó tevékenysége által a folyó bal partját kísérő magasparti területek formálásában is jelentős szerepet játszik. A holocén mederváltozások gyakoriságát számos elhagyott meder tanúsítja (*Szabó 1996; Szabó 1998*). Míg az elhagyott medrek a folyó középső és északi részein jellemzőek, addig a folyóvölgy déli részét övzátony maradványok tarkítják.

A folyóvízi felszínfejlődés szempontjából kiemelt jelentőségű körzetek a Hernád mentén (*Szabó 2003*):

- Zsujta K-i szélén a természetes lefűzések és a mesterséges levágások kusza hálózata.
- Hidasnémetitől K-re szépen fejlődő palajok és szakadópartok, lefűzéshez közeli mederrészek,
- Hidasnémetitől D-re a védőgáton belüli többszörösen lefűzött ívelt medrek sorozata,
- Hernádvécsétől K-re a gáton belül elmosódott mederrajzolat klasszikus formájú övzátony maradványokkal,
- Alsódobszától É-ra viszonylag szabad mederfejlődés számos különböző fejlődési stádiumban lévő, ill. elhalt mederrésszel,
- Sóstófalvától Ny-ra a nagyméretű fejlődő meander szép palajokkal,
- Csanáros-Ófalu és Gesztely között a magaspart ritmikusan ismétlődő szép alámosásai a Ny-i oldalon futó gát ellenére,
- Berzék-Sajóhidvég-Ónod háromszögében a Sajó-Hernád köze teljes egészében az alluviális formamaradványok gazdag tárháza.

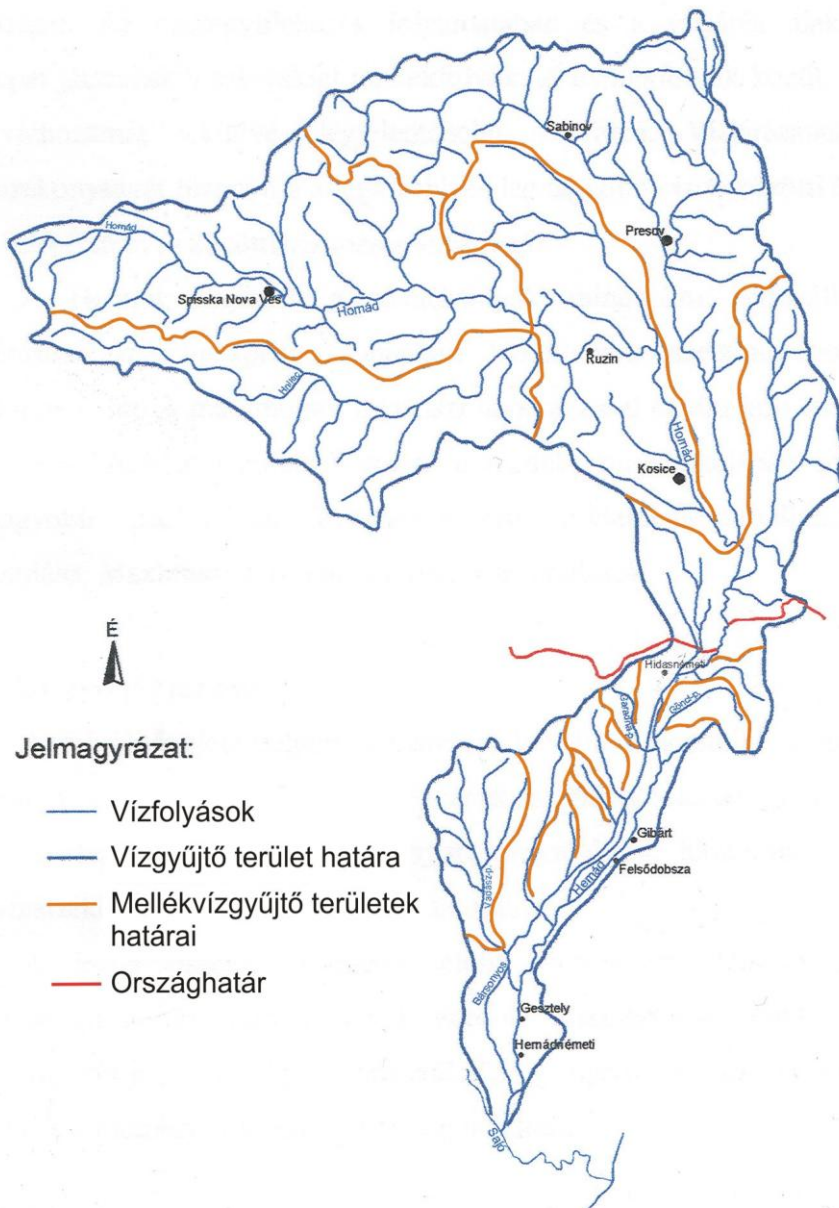
### **3.2 A Hernád völgyének hidrológiai bemutatása**

A Hernád vízgyűjtője 5436 km<sup>2</sup> nagyságú, melynek nagyobb része Szlovákiához (4427 km<sup>2</sup>), kisebb része Magyarországhoz (1013 km<sup>2</sup>) tartozik. A folyó vízgyűjtő területe viszonylag nagy, de a csapadék időbeli eloszlása miatt a folyó vízjárása erősen ingadozó (5 és 240 m<sup>3</sup>/s közötti). Közepes vízhozama Hidasnémetinél 1950 és 2009 között 28,5 m<sup>3</sup>/s (*Konecsny 2011*).

A folyó teljes hossza 294 km, melyből 186 km esik szlovák és 108 km magyar területre. Kassa magasságában két jól elkülöníthető részre oszlik. Ny-on a Garam és a Vág, É-on a Poprád vízgyűjtője a gyűjtőhatár. K-en a Bodrog rendszerrel, DNy-on a Sajó-Bódva vízgyűjtővel határos. A teljes vízgyűjtőt tekintve legmagasabb pontja a Gölnic-patak forrása (1943 m), legalacsonyabb a torkolatnál (100 m). A vízgyűjtő Kassa alatt elkeskenyedik. A vízgyűjtő tengerszint feletti magassága a torkolattól Kassáig általában 200 m alatt marad, s a legmagasabb rész sem haladja meg a 400 m-t. Kassától Ny felé nagyobb rész 400-800 m között, majd 800-1200 m közötti magasságok találhatók. 1200 m feletti magasság csak kis területen, a vízgyűjtő Ny-DNy-i peremén található.

A Hernád teljes vízgyűjtő (*1. ábra*) területe részvízgyűjtőkre bontható. Ezek:

- a Hernád saját vízgyűjtője a Gölnic (Hlinec) torkolatáig (1140 km<sup>2</sup>),
- a Gölnic vízgyűjtője (648 km<sup>2</sup>),
- a Hernád a Svinkával a Tarca (Torysa) torkolatáig (543 km<sup>2</sup>),
- a Tarca a Szekcső (Sekcov) patakkal (1347 km<sup>2</sup>),
- a Hernád az Osvával (Olsava) az országhatárig (745 km<sup>2</sup>),
- magyarországi vízgyűjtő (1013 km<sup>2</sup>).



1. ábra: A Hernád teljes vízgyűjtője

A vízfolyások elhelyezkedését a 1. táblázat mutatja be:

A vízfolyás					A Hernád vízgyűjtője a torkolat alatt (km <sup>2</sup> )	
neve		hossz	vízgyűjtőter.	torkolat		
Jobb part	Bal part	km	km <sup>2</sup>	fkm	összes	Országhatáron túl
Gölnic		87,1	648	195,400	1788	1788
	Svinka	50,3	351	166,200	2331	2331
	Tarca	131,0	1347	130,900	3881	3881
	Olsva	48,1	339	125,400	4226	4226
	Csenkő-patak	18,1	38	102,170	4381	4302
Szartos-patak		13,9	129	97,420	4514	4423
	Gönci-patak	20,8	63	86,360	4605	4423
Garadna (Petri)-patak		13,1	36	83,780	4641	4423
Bélus-patak (Kis-Hernád)		31,5	77	51,100	4779	4423
Vasonca-patak		27,4	95	43,940	4889	4423
Vadász-patak		33,5	211	29,400	5125	4423
Bársonyos-csatorna		68,2	231	10,975	5419	4423
Hernád a torkolatnál		286,2	5436			4423

*Regionális Vízgazdálkodási Terv, 1998.*

A folyót érintő ármentesítési munkálatok az 1900-as évek fordulóján kezdődtek el a Kis-Hernád és a Bársonyos-patak egyesítésével. Korábban ezeknek a vízfolyásoknak a környéke mocsaras terület volt, ahol a Hernád vizei medrűkből kilépve szétterülhettek. A Bársonyos-malomcsatorna létrehozásával ez a jelenség megszűnt, a szabályozás a Hernád árvizeit a jobboldali mederrészből kizárta. Azonban az ármentesítési munkálatokra helyi szinten továbbra is szükség volt. Ilyen volt például a gibárti erőmű megépítése, minek következtében a kisebb árhullámok is kiléptek medrűkből, így egyes helyeken nyárigátak kiépítésére volt szükség. Az átfogó munkálatok során megtörtént a mellékpatakok vízrendezése, amelyek vizei immáron teljes egészében a folyó medrébe kerülnek. 1930-31-ben a baloldali patakok (Gönczi-patak 1928-30, Becsali-patak 1930), a jobb parton pedig a Vasonca-patak és Vadász-patak (1928-30), valamint a Bélus-patak és Garadna-patak vízrendezését (1930-31) hajtották végre (*Trummer 1933*). Mivel az 1970-es évek óta nem történt említésre méltó beavatkozás a Hernádon, Mike 1991-es munkájában közzétett táblázat napjainkban is megállja helyét (*2. táblázat*):

Szakasz	Hossz (km)		
	Összesen	Szabályozott	Szabályozottság foka (%)
országhatár - Hidasnémeti	9,4	0,6	6
Hidasnémeti - Göncruszka	11,5	6,4	56
Göncruszka - Vizsoly	4,6	0	0
Vizsoly - Gibárt	16,5	4,7	29
Gibárt - Pere	6,9	2,1	30
Pere - Felsődobsza	4,4	0	0
Felsődobsza - Szentistvánbaksa	10,2	3,6	35
Szentistvánbaksa - Gesztely	19,5	0,5	3
Gesztely - torkolat	25,0	6,1	25

2. táblázat: A szabályozottság mértéke a Hernád folyó egyes szakaszain (Mike 1991 adatai alapján)

A fenti táblázatból látható, hogy a folyó teljes hosszában vannak olyan szakaszok, melyeket nem érint semmilyen jelentősebb szabályozási tevékenység vagy műtárgy, illetve a szabályozottság mértéke kicsi. Ezek a területek jó alapot szolgáltatnak a folyón zajló természetes folyamatok behatóbb tanulmányozásához. Ilyen szakasznak tekinthető az általunk vizsgált Szentistvánbaksa - Gesztely közötti szakasz is. Bár a folyó szinte minden szakaszát érte valamilyen kisebb behatás, azonban az elvégzett emberi beavatkozások, mint a gátak, partvédő művek vagy épp hidak kialakítása lokális szinten okozhatnak csak változásokat a folyóra jellemző meanderező tevékenység arányaiban, mértékében, de ez a változás nem számottevő.

Az EU Víz Keretirányelv (2006) meghatározásai alapján, melynek célja a jellemző víztestek kijelölése, illetve állapotuk megítélése, megtörtént a vízgyűjtőn ezek lehatárolása és kategorizálása. Vízfolyások esetében a 10 km<sup>2</sup>-nél nagyobb vízgyűjtővel rendelkező víztesteket már ki kell jelölni ([www.enfo.agt.bme.hu](http://www.enfo.agt.bme.hu)). Így a folyó teljes vízgyűjtőjén 67 víztestet határoztak meg (Hanusin et. al. 2006), melyek többnyire folyók, valamint néhány tó. Ebből 42 a szlovák, 15 a magyar oldalon helyezkedik el. Megkülönböztetnek:

- „felszíni víztest”-et: a felszíni víznek egy olyan különálló és jelentős elemét jelenti, amilyen egy tó, egy tározó, egy vízfolyás, folyó vagy csatorna, ezeknek egy része, átmeneti víz vagy a tengerparti víz egy szakasza, és

- “felszín alatti víztest” a felszín alatti víznek egy víztartón vagy víztartókon belül lehatárolható része ([www.enfo.agt.bme.hu](http://www.enfo.agt.bme.hu)).

Az ezen az alapon kijelölt víztestek jobbára természetes, illetve erősen módosított kategóriába sorolhatók. A magyarországi vízgyűjtőn lehatárolt víztestek mind a természetes kategóriába kerültek, csak egy mesterséges víztest került meghatározásra (a magyarországi Bársonyos öntöző csatorna) (*Hanusin et. al., 2006*). Ez a vízügyi megközelítéssel bíró felmérés is azt támasztja alá, miszerint a magyar szakaszon a víztestek állapota, mondhatni a vízgyűjtő állapota a természeteshez közelálló.

Az elmúlt száz évben több vízrendezési műveletet hajtottak végre a folyóvölgyben, melyek már akkor befolyásolták a mederben és annak környezetében zajló természetes folyamatokat. A vízrendezési tevékenységek az egyes mesterséges létesítmények (pl. út, hidak) védelmét szolgálták, valamint egyes területek ármentesítését. A vízi létesítményekkel kapcsolatosan a legrégebbi feljegyzés Hernádszurdokról és Hernádkakról származnak. Hernádszurdok esetében 1860-ban egy fixgát került kiépítésre, mely a Bársonyos egyenletes vízszállítását hivatott elősegíteni. A csatornára 13 vízimalom települt. A gát duzzasztása csak a kisvízi tartományban érezhető, az árvizek levonulását nem befolyásolja (*Mikolics et.al., 1996*). Hernádkak kapcsán pedig egy szabályozási okirat szól arról, hogy 1905-ben partbiztosítást hajtottak végre (*Hézsér 1910; Mike 1991; Kozma 2006*). A Hernád folyó kismértékű szabályozása több szakaszban történt, de a fő munkálatok az 1930-as évek derekán valósultak meg. Radeczky (*1968*) munkájában mintegy 53 szabályozási művet említ, ez alapján a folyó teljes hosszának mintegy 24 km-ét tekinti szabályozottnak. Ezeket a vízrendezési műveket elsősorban védelmi céllal építették és még ma is működnek. A négy legfontosabb vízügyi létesítményt a 3. táblázat mutatja be:

Erőmű	Épült	Típus	Kapacitás	Termelt energia
Hernádszurdok	1860	fixgát		
Gibárt	1903	duzzasztómű (kiszízerómű)	0,5 MW	2-3 GWh
Felsődobsza	1906	duzzasztómű (kiszízerómű)	0,5 MW	3 GWh
Böcs	1938-1943	duzzasztómű (kiszízerómű)	4,4 MW	15-22 GWh

3. táblázat: A Hernád magyarországi szakaszán található vízügyi létesítmények legfontosabb adatai (RVT 1998 alapján)

Az eddig történt védelmi beavatkozások ellenére számos helyen folyamatos partvédelemre és a már kiépített művek karbantartására van szükség, hiszen a folyó erőteljes kanyargási hajlamának köszönhetően alámossa a töltéseket, megbontja a védművek anyagát. Ilyen jelenség tapasztalható például Szentistvánbaksa magasságában is, ahol a műút közvetlenül a folyómeder mellett halad el.

Az elmúlt évtizedek során a szlovák oldali vízgyűjtőn és magán a folyón is jelentős vízepítési munkálatok zajlottak le (2. ábra, 4. táblázat). A szlovák oldali vízügyi létesítmények jelentős hatással vannak a folyó egészére. Hatással vannak az árvízi biztonságra és jelentősnek mondható a kisvizes időszakban betöltött vízpótló szerepük is, azonban tartós kisvízi időszakokban kedvezőtlen, vízelvonó hatással is lehetnek a folyó magyarországi szakaszára (Nagy 2004). Az Imrikfalvi-tározó vizéből a Dobsinai Erőmű 1,5 m<sup>3</sup>/s vizet vezet át a Sajó folyó vízgyűjtőjére. Ez mintegy 47 millió m<sup>3</sup>/év vízelvonást jelent a Hernád vízrendszeréből, és ugyanannyi többletet a Sajó rendszerében.

Ugyanakkor Nagy (2004) megjegyzi azt is, hogy szlovákiai oldalon az árhullámok kialakulását jelentősen csökkenti, illetve késlelteti a nagyarányú erdőborítotttság, a nagyméretű tározók és a Dobsinai Erőmű vízátvezetése. A teljes vízgyűjtő medence főbb víztározói a következők:

#### Ruzin I.

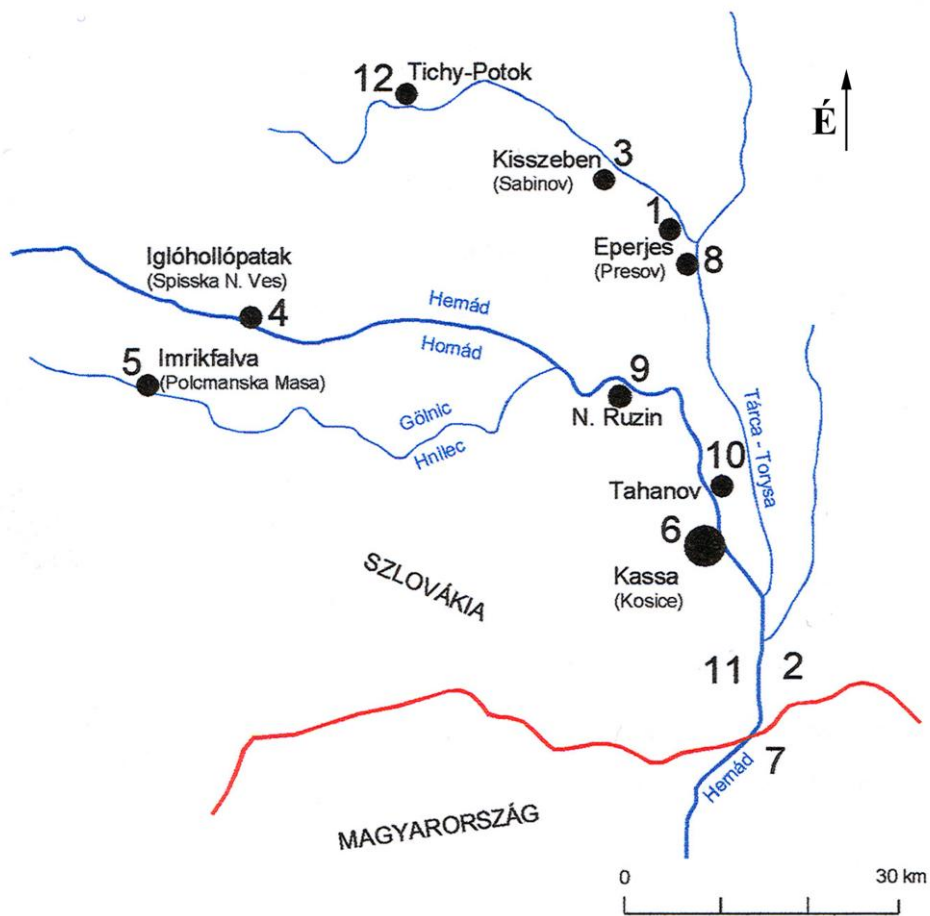
- Terület: 3.90 km<sup>2</sup>
- A víztározót tápláló folyó: Hernád
- Kapacitás: 59 millió m<sup>3</sup>

#### Ruzin II.

- Terület: 0.65 km<sup>2</sup>
- A víztározót tápláló folyó: Hernád

- Kapacitás: 4,55 millió m<sup>3</sup>
- Palcemanská Masa
- Terület: 0.855 km<sup>2</sup>
  - A víztározót tápláló folyó: Gölnic
  - Kapacitás: 10,355 millió m<sup>3</sup>

(Készült: SHMÚ Pozsony/Bratislava és a RVT 1998 alapján)



2. ábra: Vízügyi létesítmények a Hernádon – Szlovák oldal  
(Regionális Vizgazdálkodási Terv 1998. alapján)



	Létesítmény	Építés		Folyó	Település	Feladat	Jell. adatok
		Kezd.	Bef.				
1.	vízerőmű		1904	Tárca (Torysa)	Eperjes (Presov)	E	-
2.	folyószab., töltésépítés		1910	Hernád		Á	10 kanyarulat átvágása, árvédelmi töltések
3.	vízerőmű		1912	Tárca	Kisszeben (Sabinov)	E	-
4.	vízerőmű		1914	Hernád	Iglóhollópatak (Spisska N. Ves)	E	-
5.	tározó	1948	1954	Gölnic (Hlinec)	Imrikfalva (Polcmanska Masa)	E, Ip, Iv	T=11,4+ dobsinai erőmű
6.	duzzasztó	1956	1961	Hernád	Kassa (Kosice)	E	-
7.	mederrendezés	1962	1963	Hernád	Hidasnémeti	Á	-
8.	duzzasztómű	1967	1969	Tárca	Eperjes	E	-
9.	tározó		1972	Hernád	Óruzsín (Nad Ruzin)	E, Á	+ erőmű
10.	tározó (ruzsini)	1962	1973	Hernád	Kassa felett	E, Ip, Iv	T= 59,0
11.	partvédőmű		1975	Hernád		Á	-
12.	tározó	1979	1982	Tárca	Tichy Potok	Ip, Iv	T= 19,6

Á= árvízvédelem, E= energiatermelés, Ip= ipari vízellátás, Iv=ivóvíz-ellátás, T= tárolt vízmennyiség ( $10^6\text{m}^3$ )

*4. táblázat: A szlovák oldalon található vízügyi létesítmények legfontosabb adatai (Összeállítva a RVT 1998. és a Kisvízerőművek a Hernádon elvi vízjogi engedélyezési terv 1996. alapján)*

A Hernád völgyében a talajvíz állását elsősorban a folyó vízszintje és az oldalvölgyekből lefutó patakok, valamint a völgyoldalba leszivárgó talajvíz határozza meg. Mikolics et. al. (1996) szerint a Hernád vízállás változása a folyó alsóbb szakaszán mintegy 1 km-es távolságig, az országhatár közelében pedig 2 km-es távolságig érezteti hatását. Megállapítását az ongai, szikszói, encsi és göncruszkai talajvízfigyelő kutak adatainak kiértékelése alapján tette. A talajvízszint változások és a regisztrált árvizek adatainak összevetése alapján megállapították, hogy az árvizek hatásai mintegy egy hónapos késéssel jelennek meg talajvízszint emelkedésében.

A vízfolyásnak még egy nagyon fontos jellemzője van. A folyó vízhozamához képes nagyon magas arányban szállít hordalékot, melynek a

folyó mederformáló tevékenységében jelentős szerepe van. A lebegtetett hordalék mennyiségét Bogárdi (1971) Hidasnémetinél 820 ezer t/évre, a görgetett hordalékot pedig 6 ezer t/évre becsülte.

### 3.3 A mederfejlődés és mederalakulás irodalmának nemzetközi és hazai vonatkozásai

A folyó dinamikus, nyílt rendszer. Működését már több kutató is próbálta modellezni, de ez nem egyszerű feladat, hiszen a vízáramlás térben és időben is ingadozó, egyenetlen, a modellek pedig nehezen tudják ezeket az állapotokat híven tükrözni. A folyamat kutatása nagy múltú, hiszen szinte minden kontinensen előforduló jelenség. A kutatások egyik fő célja, melyek számos publikációban megtalálhatóak, elsősorban a folyómedrek meanderezésének magyarázata. A meanderek morfológiáját számos geometriai paraméterrel lehet jellemezni, úgymint a meanderek hullámhossza, görbülete és tágassága (amplitudója), futásfejlettség, nedvesített mederkerület, hidraulikus sugár, mederszélesség, medermélység; (pl. Hickin-Nanson 1975, 1984; Brice 1975, 1983; Hooke 1995; Sun 1996).

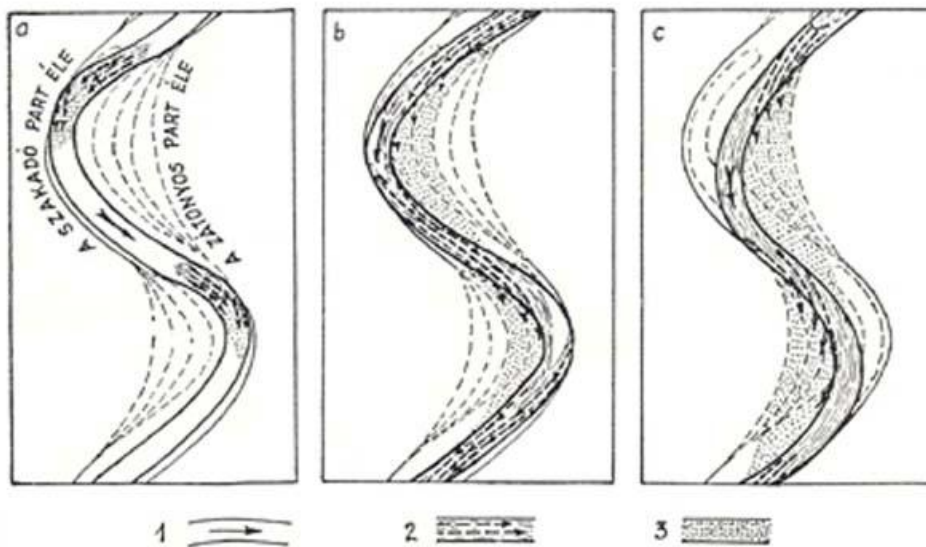
A meanderezést befolyásolja:

- a folyómeder esése;
- hordalékszállítás mértéke, hordalék méreteloszlása (pl. Lászlóffy 1949; Kádár 1956);
- part és a meder anyaga (pl. Hickin-Nanson 1975; Kádár 1955; Ackers 1982; Thorne 1982, Couper 2003).
- szerkezetföldtani viszonyok (pl. Rónai 1961, Bendefy 1973, Tímár 2003, Russ 1982, Smith 1997).
- vízhozam, vízsebesség (pl. Leopold-Wolman 1960; Hughes 1977, Hooke 1979, 2007);
- növényborítottság mértéke (pl. Hickin 1984; Simon és Collison 2002).

A folyó alakja a fizikai és geometriai paraméterek alapján lehet egyenes, meanderező és fonatos (Schumm 1981). Meanderező folyótípus alatt olyan vízfolyásokat értünk, melyeknél a meder formája a kanyargás során sinus-görbéhez hasonló alakot vesz fel. A kanyarulatokban jellemzően a belső partél épülése, míg a külső, homorú partél pusztulása a jellemző. Tehát a meanderező folyók esetében az oldalazó erózió folyamata fontos, mert ez okozza a folyómeder vízszintes irányú eltolódását. Gilbert (1880) még úgy vélte, hogy a folyó akkor végez oldalazó eróziót, amikor nem képes

bevágódni. Kádár L. (1955) kutatásai szerint azonban a völgyi vagy kényszermeanderek (libanyakak) ezzel szemben világosan mutatják, hogy a bevágódó folyó is kanyaroghat. A partszaggatás mértéke lényegesen befolyásolja a kialakuló kanyarulatok méreteit, alakját. Ennek megfelelően a folyó kanyarulatai folyamatosan fejlődnek, növekednek, bizonyos esetekben a kanyarulatok folyásirányban történő vándorlása is megkezdődik, majd egy szélsőérték elérése után, egy nagyobb árvíz hatására lefűződnek (Morisawa 1985). A lefűződés folyamata viszonylag ritkán, általában valamilyen külső tényező -legtöbb esetben árvíz- hatására következik be. A meanderezés folyamata tehát hosszú távon egyfajta egyensúlyt eredményez, ahol a folyó alakjában történő finom változások kiegyenlítik egymást. Elmondható, hogy az egyensúly megvalósulásának esetében általában a domború oldal épülése és a túlsó part eróziója egy közel állandó mederszélességet tart fenn (Kiss és Blanka 2006). Egy hirtelen kialakuló lokális egyensúlyhiány azonban összetett mintázatú változásokat eredményezhet.

A mederalakulás többféle folyamat kombinálódásának eredménye. Bulla (1954) szerint a legnagyobb vízhozam idején a legnagyobb mértékű a mederformálás. Lászlóffy (1949) szerint árvízkor a víztömeg kilép medréből, szétterül, melynek eredményeként szélesebbé válik a keresztmetszet, a folyóvíz sebessége lassul, a hordalékmozgás a sodor teljes hosszában megindul, de pályája sokkal laposabb ívű, mint a meder vonala, amit a lassabb vízmozgás eredményez. Kisvíznél híven követi a sodor a meder kanyargásait és csak közvetlenül az inflexió alatt van hordalékmozgás (3. ábra). A csatlakozó kanyarulat felső részén esetleg bekövetkező partelmosásból származó anyag is még ugyanott leülepszik. A folyó kanyargását, illetve magát a kanyargó szakaszjellegű előidéző okot Kádár L. (1955) is így magyarázta: „Ha a folyó középső-szakasz jellegű, azaz bevágó és feltöltő munkája ritmusosan változik-, akkor a medrében szükségszerűen egyenetlenségek, zátonyok, szigetek keletkeznek... A folyómeder zátonyai a sodorvonalat, mint természetes akadályok megosztják és kitérítik a meder középvonalából.”



3. ábra: A sodorvonal helyének és a hordalék útjának változása a vízállás szerint (Friedkin 1949)

a., kisvíz; b., félig telt meder; c., telt meder. A vékony vonalakkal jelölt mederben a vízállás növekedésével mind elnyújtottabb lesz a sodor útja. (1= a víz fő sodra, 2= homokvándorlás, 3= homoklerakódás vagy -vándorlás)

Leopold, L. B. & al. (1964) szerint is erősebb a mederformálás az ún. mederkitöltő vízhozam esetén, mint árvízkor, mert a nagyvíz közeli hozam ugyan kisebb az árvízénél, de jóval gyakrabban fordul elő. A vízhozam nagysága és gyakorisága tehát együtt felelős a felszínformálásért. A méret és a gyakoriság összefüggése alapján amerikai geomorfológusok (Leopold et al. 1964) azt hangsúlyozzák, hogy a folyó vízhozamát tekintve valóban a közepes vagy annál valamivel nagyobb csapadékeseményeknek (és a hozzájuk tartozó vízhozamnak) van a legnagyobb felszínalakító hatása. Minél inkább ingadozó egy folyó vízjárása, hordalékának annál nagyobb részét szállítja néhány kiemelkedően nagy áradás alkalmával. Tímár (2005) munkájában is mederkitöltő hozamról beszél, azaz akkora vízmennyiség időegység alatti szállítását érti alatta, mely során a vízszint éppen eléri a part tetejét, de még nem lép ki az ártérre. Tehát a kisvíz a kanyarulatok felső részét támadja meg, míg a támadási pont a hozam növekedésének megfelelően lejjebb és lejjebb tolódik, tehát minden hozam más és másként hat a mederre. Blanka et. al. (2010) a mederkitöltő vízszintet (vízmérce 0 szintjéhez igazodva) 225 cm-ben adták meg a Hernádon.

A Hernád árvizeire jellemző, hogy gyorsan alakulnak ki (Blaskovics 1999). Az árvizek geomorfológiai hatása függ a vízfolyás méretétől, az árvízi

esemény nagyságától és egy adott időn belüli eloszlásától, valamint olyan fizikai tulajdonságoktól, mint a meder, a partfal és az ártér fizikai tulajdonságai (Miller 1990). Ward (1978) rámutat arra, hogy ha két áradás között eltelt idő rövid, a második árhullám hatása jóval nagyobb lesz. A két árhullám között eltelt idő rövideje miatt a folyómedret, partfalat és a környező vegetációt érő hatás, melyet az első árhullám okozott, még jelen van, nincs idő a regenerációra, a stabilitás visszanyerésére.

Az ún. visszatérési idővel számos kutató foglalkozott. Hughes (1977) szerint a mérsékelt árhullámok esetén vannak ugyan partmozgások és a mederfejlődés is jelen van, de a legnagyobb mértékű elmozdulások a másfél éves periódusonként visszatérő „csúcsárvizek” kapcsán tapasztalhatóak. Leopold et. al. (1964) is másfél-két éves visszatérésű árvizekről beszél. Az előrehaladott kutatások alapján már egyes kutatók jóval kisebb, egy év körüli visszatérési idővel számolnak (Crowder és Knapp 2005, Blanka és Kiss 2011). A partfal omlásának mértéke, valamint annak folyóvíz általi elmosása jelentősen köthető az azt megelőző csapadékeseményekhez. Legfontosabb befolyásoló tényezői egy hosszabb esőzés vagy hóolvadás után kialakult hirtelen áramlás, mert az időközben átmedvesedett anyag összetartó ereje csökken ebben az állapotban. Ezzel szemben Luppi et. al. (2009) szerint a jelentősebb partmozgások döntően a mérsékelt vízmozgások során következnek be szemben a „csúcsárvizekkel”.

Árvízkor a tetőzés után a víz kilép az ártérre és ott a folyó sodorvonala - a nagyobb víztömeg tehetetlenségéből adódóan - már nem feltétlenül a meder kanyargósságát követi. Előfordul, hogy a víz ártérre való kilépése során a folyó völgy esését követve átvágja a fejlettebb, arra érett kanyarulatok nyakát. A folyamat többszöri megismétlődése a kanyarulat lefűződéséhez vezet. A Hernád alsódobozai kanyarulatának 2006-os lefűződését megelőző két évben tapasztalható volt ez a folyamat. Rendszeresen érkező, tavasz végi – nyár eleji jelentősebb árhullámok kisebb csatornát létesítettek a jobb part anyagában, melyet fokozatosan mélyítettek, majd a 2006-os nagy árvíz idején a kanyarulat lefűződött (1. kép, 2. kép, 3. kép). Ha a hirtelen kialakuló árhullámhoz tartósság is párosul, ez a folyamat rövidebb időn belül is megtörténhet, hiszen a folyónak elegendő ideje marad az új mederágy ártéri kimélyítéséhez. A folyómeder további fejlődése már az új mederben történik, a régi mederben egyre kisebb vízmennyiség halad át és egy bizonyos idő eltelté után teljesen megszakad a közvetlen kapcsolata az főmederrel. Az alsódobozai kanyarulat esetében ez a végső stádium még nem figyelhető meg. 7 évvel a kanyarulat leválása után is jelentős víztömeg halad át a régi mederszakaszon, bár a folyó sodorvonala már az új mederágyban halad.



*1. kép: A átvágott alsódobszai kanyarulat állapota 2007-ben (saját felvétel)*



*2. kép: Az átvágott alsódobszai kanyarulat állapota 2010 márciusában (saját felvétel)*



3. kép: Az átszakadás „kapuja” (előtérben a régi meder, a szigetté váló egykori partrészt mögött, a kép középső részén pedig az új meder látható)  
(Forrás:<http://www.geocaching.hu/images.geo?id=28952&group=2845&table=cac>  
*he\_images*)

A meder fejlődésében nemcsak a folyó vízjárás változásai és ezzel összefüggően a sodorvonalban bekövetkezett változások, hanem a partok víz általi eróziója is jelentős szerepet játszik (Wolman 1959; Schumm 1972). A partpusztulás összetett folyamat, melyet több tényező is befolyásol. Egyrészt fontosak a part anyagának fizikai tulajdonságai (Thorne 1972; Hasegava 1989). Ezek a fizikai paraméterek szakaszonként eltérőek lehetnek és ennek megfelelően az erózió is különböző mértékű az egyes partszakaszokon. Fontos befolyásoló tényező még a fentebb említett vízjárás is (Hooke 1979; Carroll et. al. 2004). Egyfelől a hordalék alámosza a partot, amely ezáltal egy túlhajló párkányt képez és idővel leomlik. Másfelől a vízzel átitatott partok anyagában (pl. árvízkor vagy magas vízállás idején) megnövekedik a pórusnyomás, majd apadáskor csuszamlások keletkezhetnek, mivel ilyenkor a víz megtámasztó hatása lecsökken, bizonyos magasságokban meg is szűnik. Egyes kutatók másképp közelítik meg a kérdést. Wolmann és Miller (1960) elsősorban a hordalékszállítás mértékével fejezi ki a folyó által végzett munkát. Azt találták, hogy a legtöbb vízgyűjtőn a hordalék 90%-át az 5-10 évente ismétlődő, rendkívüli vízhozamok szállítják. Shumm és Khan (1972) rámutattak arra, hogy a hordalék hozama, méreteloszlása, a hordalékszállítás



módja befolyásolja a kanyarok kialakulását. Egy egyenes, de a különböző oldali zátonyok között kanyargó sodorvonalú folyó akkor válik meanderezővé, ha jelentősen megnövekszik a hordalék töménysége. Kádár (1956) munkájában is tárgyalja ezen tényező fontosságát. A kanyargást a hordalékát alapvetően ugráltatva szállító folyóban épülő áramvonalas zátonyok hatásának tulajdonítja. A keletkezett zátonyok a sodorvonalat a part felé térítik, ahonnan visszaverődve megindítják az oldalazó eróziót. Az ilyen zátonyok ugyanis megosztják a sodorvonalat (szemben az általa a görgetett hordalékszállításához köthető parabolikus zátonyokkal, amelyek éppenséggel egyben tartják a sodorvonalat).

A meanderező folyók esetében az oldalazó erózió ritmusos folyamat, melynek következtében a hordalék tömege is ritmusosan változik a folyó egyes szakaszain. Mike (1991) tanulmányában szól arról, hogy a kanyargás oka a hordalékviszonyokban keresendő. Általában elmondható, hogy a kis- és középvízi időszakok alatt a folyó meredek partfalát alámosza. Ennek eredményeként a partfal alját képező anyag elmosásra, elszállításra kerül, a partfal aljában „üreges” képződnek, azaz a partfal „aláüregelődik” (4-5. kép).



*4. kép: A folyó alámosó tevékenységének megjelenése kisvízes időszakban (a vízszint folyamatos csökkenése során előbukkannak az alámosott partfal részek)(saját felvétel)*



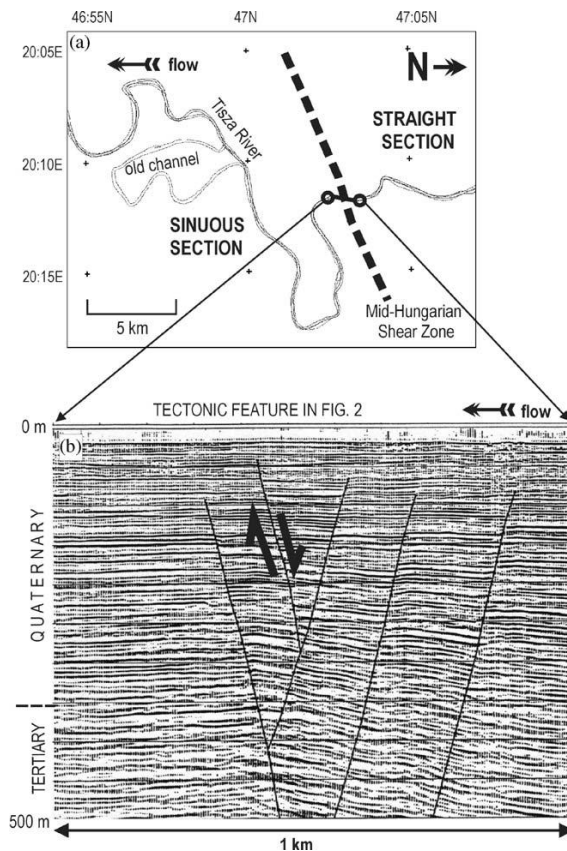


5. kép: A folyó alámosó tevékenységének hatása  
(A fényképen jól láthatóan elkülönül egy kisebb árhullám tetőzési szintje (↑ a víz által áztatott partfal magasságát mutatja), valamint a folyó alámosó tevékenységéből adódó ún. „aláüregesedés” jelensége)

A víz szintjének csökkenése következtében ezek a szakaszok saját súlyuknál fogva leszakadnak, lecsúsznak a mederbe. Az így kialakult szakadópartok hossza akár több száz méter is lehet. Azonban egy újabb árhullám következtében a kisvizes időszak megszűnik, és folyamatosan növekedni kezd a vízszint. A vele együtt járó hozamnövekedés következtében a folyó hordalékszállítása is megnövekszik. Ugyanakkor a folyó hordalékszallító tevékenységét jelentősen befolyásolja az a tény, hogy a korábban a kisvizes időszakban leomlott partfalrészeket is el kell szállítania.

A folyómeder vízszintes irányú eltolódását egyes kutatók másként magyarázzák. Hazai viszonylatban már Rónai (1961) munkáiban találkozhatunk azokkal a megállapításokkal, miszerint a szerkezetföldtani viszonyok nagymértékben befolyásolhatják a folyó fejlődéstörténetét. Joó (1992) a medrek menti függőleges elmozdulások mértékét Magyarországon néhány mm/éves mértékben határozta meg. A völgyvonal lejtésének megváltozása maga után vonja az itt áthaladó folyó alakjának megváltoztatását (Schumm 1963), módosíthatja a meanderező folyók geometriai paramétereit és mindez a meanderek oldalirányú elmozdulását eredményezheti (Schumm és Khan 1972). Az elmúlt évtizedekben, hazai viszonylatban a Tisza mentén vizsgálták a szerkezeti elmozdulások és a

kanyarulatok kialakulásának kapcsolatát, valamint hasonló megközelítésben a Duna és a Körösök mentén is (Timár 2003, 2005) (4. ábra). A vizsgálatok alap témája a Közép-magyarországi nagyszerkezeti vonal és az azzal párhuzamos és haránt törések szerepe a folyóvízi kanyarulatok fejlődésében. A tektonika folyók kanyargósságára kifejtett hatásával azonban nemcsak a magyar, hanem a nemzetközi szakirodalom is foglalkozott. Számos tanulmány vizsgálta a vertikális elmozdulás futásvonalra kifejtett hatását, mely eredményeként megállapították, hogy már pár mm/év elmozdulás is eltérítő hatással lehet egy adott folyó folyásirányára (Russ 1982, Smith et.al. 1997; Blanka 2011). A Hernád területén zajló kéregmozgások bizonyítására Bendefy (1972, 1973) mozgás-diagrammokat készített, melyek bemutatták, hogy a nagyszerkezeti övek labilitása ma is fennáll.



4. ábra: A térkép a Tisza egy tektonikailag aktív szakaszát és annak szeizmikus szelvényét mutatja be (Timár 2003)

Korábban általános volt az a nézet, hogy mivel a folyómeder fenéke sohasem teljesen sima, természetes egyenetlenségei térítik el az áramlást, ezek felelősek a sodorvonal kilengéséért, ill. a fellépő másodlagos áramlásokért. Később megpróbálták laboratóriumi modellezéssel reprodukálni a meanderek képződését (*Friedkin 1949, Richards 1982*). Kiderült, hogy nyílegyenes, sík aljzattal rendelkező mederben is létrejönnek kanyarulatok. A kísérletek során láthatóvá vált, hogy a modellbe vezetett víz mindjárt a belépésnél kikezdte a partot. Az elmosott anyagból a part lábánál zátony képződött, amely kitérítette a víz sodrát és ennek következtében lejjebb újabb partrombolás indult meg. Ez ismét kitérítette a víz sodrát úgy, hogy az előbbi újra megismétlődött. A kezdeti partrombolás tehát kanyarulatok sorozatának keletkezéséhez vezetett, amelynek hullámhossza és amplitúdója lefelé növekedett. Egyetlen kitérítő ok elegendő, hogy a kígyózó vonal meginduljon. A kanyarulatokban a víz ütközése folytán nagyobb a víz elragadó ereje és ezért a homorú part mentén kimélyül a meder. A szemközti oldal ugyanakkor kiszélesedik és sekélyebb lesz (*Richards 1982*).

A folyómeanderek morfológiája meghatározó, hiszen egy adott folyószakasz „érettségét” mutatják. A meanderek nemcsak oldalirányban fejlődnek, hanem folyásirányban lefelé is vándorolnak, azok méretei a folyó vízmennyiségével arányosan növekszenek (*Cholnoky 1907*). Eközben a zátonyok folyásirányban áthelyeződnek. A homorú part eróziója nem mindig pontosan a meander csúcsán, hanem olykor a meander bizonyos érettségi állapotától függően folyásirányban kissé eltolódva, lejjebb lesz maximális. Ugyanakkor mindig van egy-egy pont a meander mentén, ahol egyáltalán nincs laterális erózió (*Friedkin 1949, Lóczy 2005*). Egy-egy meander élettartamát a medervándorlás folyamata szabja meg. Lefűződésük természetes folyamat: az egyre növekvő amplitúdó túlfejlődéshez vezet. Amikor a felső és az alsó szakasz medre elég közel kerül egymáshoz, árvízkor a levonuló víztömeg egyetlen alkalommal a nyakán átvágja. Sun et. al. (1996) rámutattak arra, hogy a meander amplitúdója oly módon befolyásolja a kanyarulatok vándorlását, hogy az amplitúdó nagyságának csökkenésével a migráció gyorsabbá válik. Kádár (1955) ugyanakkor elkülönített egy másik típust, melyet „kiegyenesedésként” fogalmaz meg, ami akkor következik be, ha a kanyarulatból kilépő nagyhozamú árvíz egyenes lefolyása nem követi a kanyarulati ívet és új egyenes medret hagy hátra. Vagyis árvíz után a folyó ezt az egyenes lefolyást követi és otthagyja a korábbi kanyarulatot. Lényegében az alsódobszai kanyarulat lefűződése is hasonló lehet, ámbar ez a „mederváltás” egymást követő 3 év árvízének az eredménye és a korábbi meder elhagyása nem történt meg teljesen, csak a sodorvonal helyeződött át az új mederágyba. Ez a folyamat általában mesterséges beavatkozás során valósult meg a folyón. A folyószabályozások

során két szomszédos kanyarulat között egy vezetőárkot ástak, és a víz bevezetése után az fejlődött “anyamederré” (lásd 5. táblázat).

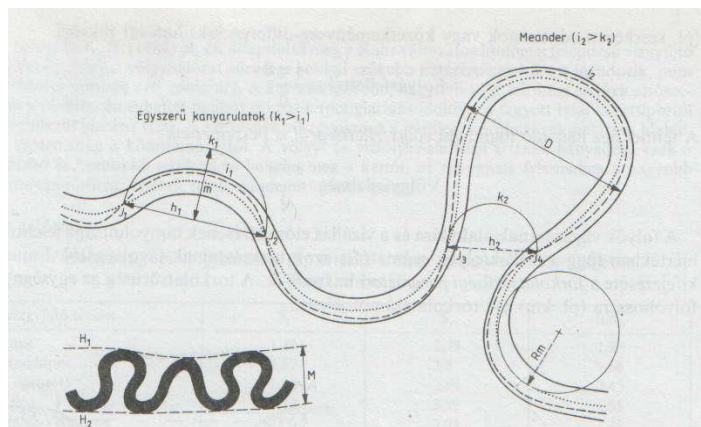
A folyókanyarulatok vándorlási ütemében jelentős különbségek vannak. Ennek megfelelően különböző meandertipizálási módszereket, illetve csoportokat alkottak meg a folyóvízi morfológiával foglalkozó kutatók. A folyókanyarulati viszonyait jellemző paraméterek kiválasztásának, értelmezésének és meghatározásának igen kiterjedt irodalma van. Pécsi A. (1939) tanulmányában 3 elnevezést használt, úgymint kezdetleges alakú vagy fiatalos, középkorú és öreg kanyarulati kategória. Besorolását a meder hosszúsága, szélessége és a görbületi sugár aránya alapján tette meg. Kinoshita (1961) két alapvető formaként nevezte meg a folyón ritmikusan pulzáló és közben lefelé csúszó, kis amplitúdóval rendelkező kanyarulatokat és a nagy amplitúdójú kanyarulatokat, melyek egyes pontjain eltérő vándorlás jellemző, így azok alakja a vándorlás ütemének megfelelően változik. Ilyen nagy amplitúdójú, egyes pontjain eltérő vándorlással jellemezhető kategóriába tartozik az általam vizsgált sóstófalvai kanyarulat is. Daniel (1971) már máshogy fogalmaz: megnyúló, elforduló (ezek kombinációja) vagy épp áthelyeződő típusú kanyarulatokról beszél. Nanson-Hickin (1983) már az elforduló-megnyúló típusok kombinációját, mint összetett kanyarulatfejlődési típusokat említi.

Talán az egyik legösszetettebb felsorolást Brice (1975) adta, aki elsősorban a mederszélesség és a síkrajzi mintázat alapján számos csoportot alkotott meg. Különbséget tesz az egy- és kétfázisú kanyarulatok között. Az egyfázisú kanyarulatok esetében a meder szélessége és meder morfológiája alapján alkot 6 alcsoportot, a kétfázisú kanyarulatok csoportosításánál pedig a kisvízi és a kitöltött meder jellemzői alapján csoportosít. Vizsgálatai alapján úgy találta, hogy az egyenes mederszélességgel jellemezhető kanyargó folyó kanyarulatainak vándorlási üteme lényegesen lassabb, mint a kanyaríveknél kiszélesedő típusoké. A szomszédos meanderek egymásra hatását vizsgálva ugyancsak Brice (1983) és Hooke (1995) úgy találták, hogy azon szakaszok mellett, ahol természetes vagy mesterséges átvágás történt, a kanyarulatok fejlődése felgyorsult.

Lewin (1977) a medermintázatok besorolását autogén (medervándorlás, kanyarulatlefűződés) és allogén (pl. klímaváltozás, antropogén tevékenység) okokkal magyarázta.

Annak érdekében, hogy a kanyarulatokat fejlettségük alapján csoportokba tudjuk sorolni, fontos mérőszámokkal kell ellátni. Így vizsgálni és mérni kell (5. ábra):

- a kanyarok ívhosszát a középvonalon mérve az inflexiós pontok között,
- a kanyarok húr hosszát ( $H$ ; a két inflexiós pont között mért egyenes távolság),
- a kanyarok amplitudóját ( $A$ ; a folyó középvonalának a húrtól mért legnagyobb merőleges távolsága),
- a kanyarulati sugarat ( $R$ ; az inflexiókban a középvonalra illeszthető belső kör sugara),
- a kanyarulatok középponti szögét (fok; a szerkesztett  $R$  kanyarulati sugarak által bezárt szög).



Forrás: Szabó - Általános Természetföldrajz, 1998.

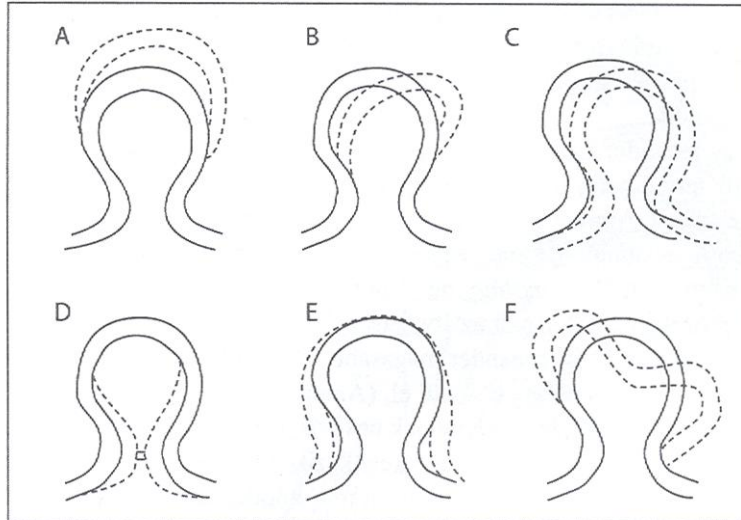
5. ábra: Folyókanyarulatok főbb elemei és mérőszámai

$J_1$ - $J_4$ = a kanyarulatok inflexiós pontjai,  $h_1$ ,  $h_2$ = a kanyarulatok húrjai,  $H_1$ ,  $H_2$ = a kanyarulatok burkolóvonalai,  $M$ = a burkolóvonalak távolsága (a kanyarulat tágassága),  $i_1$ ,  $i_2$ = a kanyarulatok ívhossza (az inflexiós pontok között a sodorvonal mentén),  $k_1$ ,  $k_2$ = a kanyarulat húrjára, mint átmérőre rajzolt félkör kerülete,  $R_m$ = a kanyarulat görbületi sugara (a kanyarulatba írható kör sugara),  $D$ = a kanyarulat átmérője,  $m$ = a húr merőlegesen mért ívmagasság. Pontozva a folyó középvonala, szaggatva a sodorvonal látható

A kanyarulatok fenti jellemzőinek vizsgálata segítségével következtetni tudunk azok fejlettségi szintjére is. Ennek során a következő fejlettségi fokozatokat különböztethetjük meg (Csoma 1979; Szabó 1998):

- egyenes szakaszok, ahol a partok vonala viszonylag egyenes, a középvonal (illetve a sodorvonal) kismértékű oldalirányú elmozdulásával;
- álkanyarok, ahol a szomszédos inflexiós pontokat összekötő egyenes nem metszi a domború partot, hanem a meder fölött marad, valamint
- „valódi” kanyarok, úgymint
  - fejletlen kanyar, ahol az inflexiós szelvény valamely pontjából a szomszédos inflexiós szelvény valamely pontja a víz fölött végigtekintve még látható,
  - fejlett kanyar, ahol az ívhossz (L) a húr hossz (H) 1,1-1,4-szerese és a középponti szög  $120^\circ$  alatt marad,
  - túlfejlett kanyar, ahol az ívhossz eléri vagy meghaladja a húr hossz másfélszeresét,
  - érett kanyar, ahol az ívhossz eléri a húr hossz három és félszeresét (omega alak),
  - átszakadó kanyar, ahol a kanyar előtt és után a meder olyan közel jut egymáshoz, hogy közöttük csak egy mederszélességnyi távolság van.

A fentebb felsorolt paramétereknek megfelelően a kanyarulatoknak számos típusát lehet elkülöníteni, melyet Lóczy (2005) által készített 6. ábra mutat be talán a legrészletesebben.

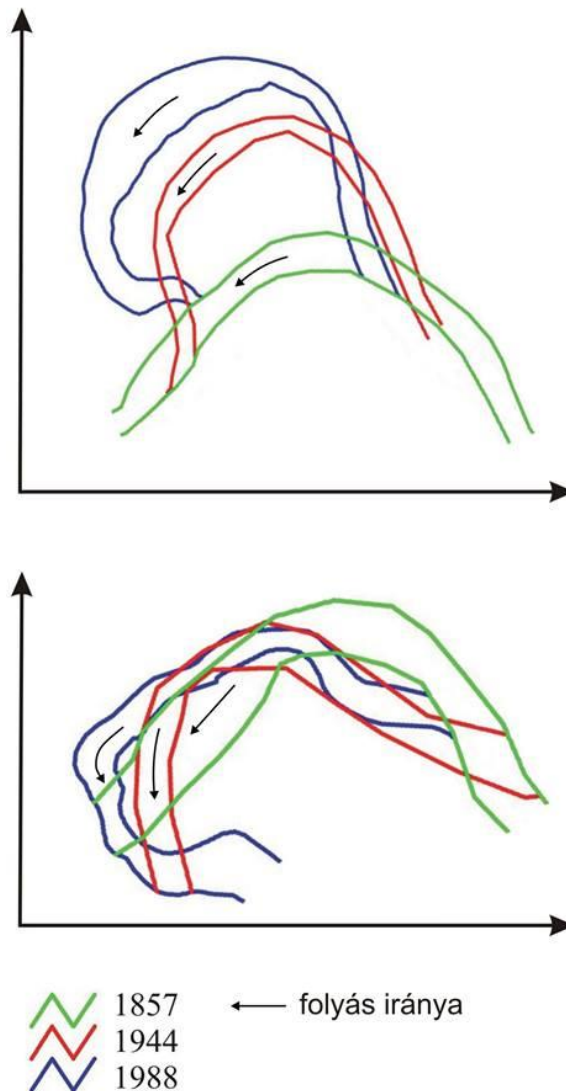


A. oldalirányú kiterjedés; B. lefelé vándorlás rotációval; C. lefelé vándorlás elcsúszással; D. lefűződés; E. kiszélesedés; F. összetett, többszörös kanyarulattá alakulás.  
Az egyes típusok között természetesen majdnem fokozatos az átmenet

6. ábra: A meanderek különböző megjelenési formái (Petts és Foster 1985 nyomán, Lóczy 2005)

A 6 kategória ábrázolása Hooke (1977), valamint Petts és Foster (1985) meanderek mozgása alapján alkotott osztályozási rendszerén alapszik. Devon D-i részén mintegy 400 meander felmérését végezték el és 6 variációt rajzoltak meg az előforduló meandermintázatokra. A vizsgált sóstófalvai és ócsanálói kanyarulatok paramétereik és alakváltozási stádiumaik alapján besorolhatóak a Lóczy (2005) által készített ábrába. Míg a 7. ábrán a felső mozgás-diagramon ábrázolt sóstófalvai kanyarulat az „A” majd a „B” fejlődési fázis kombinációját mutatja, tehát az oldalirányú kiterjedést a lefelé vándorlás váltja fel, addig az alsó-mozgásdiagramon bemutatott ócsanálói meander fejlődése inkább a „B” és a „C” kategóriák között képez átmenetet. Tehát az idő során egyfajta lefelé vándorlás figyelhető meg, majd a meander elfordulásának megindulása is láthatóvá válik.

A Hernád két kanyarulatának fejlettségi szintjei 1857-1988



7. ábra: A vizsgált sóstófalvai (felső mozgás-diagram) és ócsanálói (alsó mozgás-diagram) kanyarulatok fejlődési modellje

A teljesség igénye nélkül fentebb bemutatott, kutatók által meghatározott egyes mederalakzati típusok és azok átalakulásának módjai mellett számos egyéb módját is feltárták már ennek a folyamatnak. Valamennyiben a közös az, hogy azokat elsősorban a vízáramlási és hordalékszállítási viszonyok fokozatos módosulása okozza. A pontos okokat azonban még nem minden esetben sikerült kideríteni. A folyómedrek alakulását nehéz elméleti

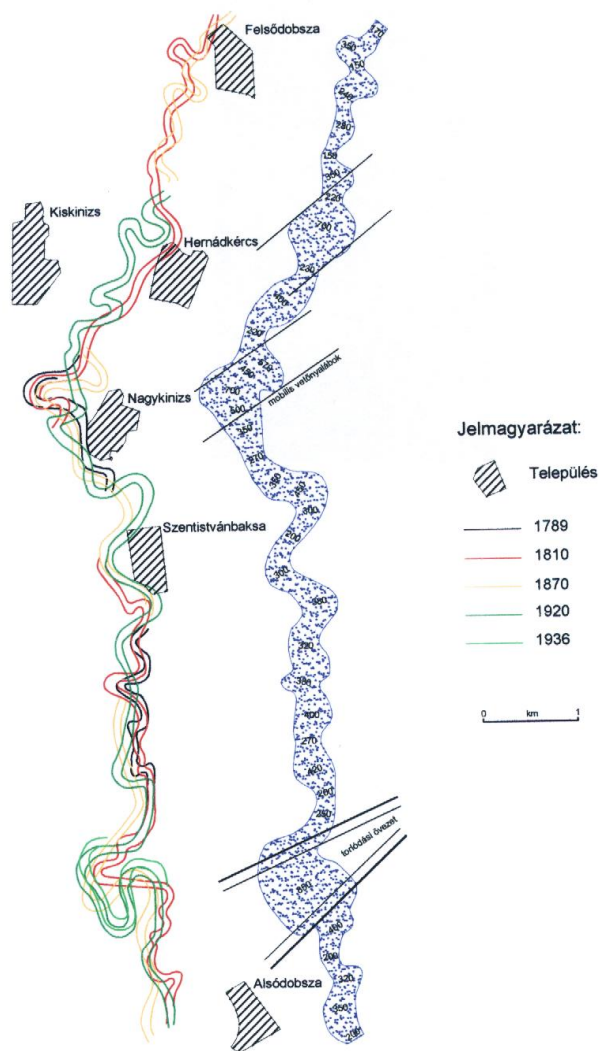


szabályokba foglalni, mert a fejlődésüket meghatározó tényezők többszörös kölcsönhatásban állnak egymással. Ez a kölcsönhatás lehet pozitív irányú, tehát a hatótényezők erősítik egymást vagy épp negatív előjelű, azaz gyengítik egymást. Mindezek mellett számos antropogén tényező is jelentős szerepet játszik, játszhat a meder alakjának, a folyókanyarulatok fejlődésének módosításában. Így ebben az esetben is elmondható, hogy - a természetes tényezők mellett - akár együttesen is hathatnak egyes kanyarulati szakaszokra, ugyanakkor befolyásolhatják, akár ellensúlyozhatják is egymás hatását.

#### 4. A Hernád medervándorlása

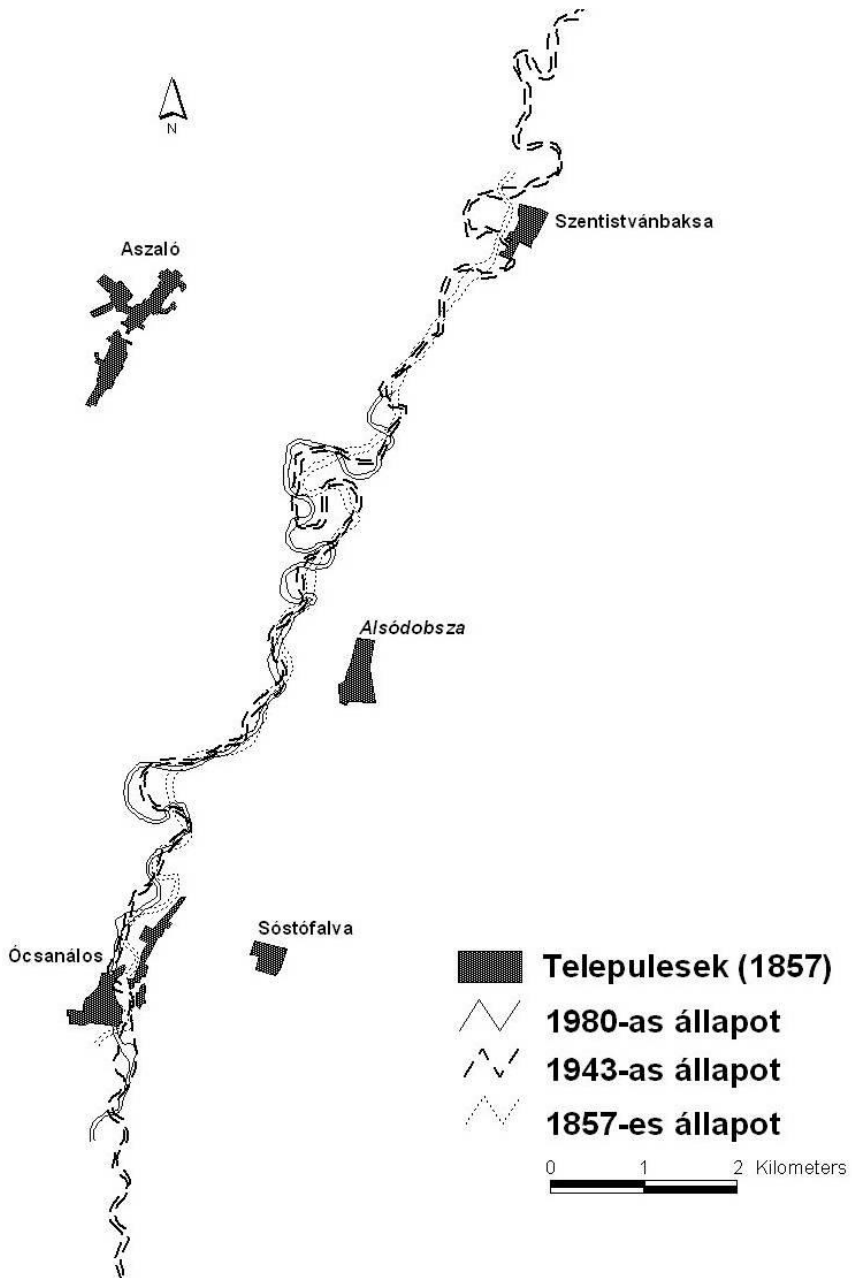
A folyó völgye egy több száz kilométer hosszú törésvonal mentén alakult ki. Az 1789. évi II. József által végeztetett folyófelvétel („Präliminaire Flussaufnahme”) nem volt pontos, mert nem önálló háromszögelési hálózatra épült, hanem az ekkor készült alaptérképeket vették alapul. E felvételezés alapján a XVIII. sz. végén a Bársonyos és Hernád-folyó között mocsár húzódott. Mindkét vízfolyás szerkezeti törésvonal mentén alakította ki medrét, illetőleg a két törésvonal a Zempléni-hegységet Ny-ról szegélyező szerkezeti árok széleit jelzi. Ez az árok süllyedő rendszerű, ezért borítja az 1700-as években – valószínű korábban is - mocsár a folyó menti sík területeket (*Blaskovics 1999*). A süllyedő jelleg a folyó kanyarulatfejlődéséhez és medervándorlásához is kedvező feltételeket teremt. Ez is az oka a Hernád kanyargási hajlamának, mely ma is nyomon követhető. A kilencvenes évek geodéziai vizsgálatai során a medrek menti évenkénti vízszintes elmozdulás mértékét 3-5 mm-re tették (*Blaskovics 1999*). Joó (*1998*) a Hernád-völgyére sokkal konkrétabb, -2,3 mm/éves függőleges elmozdulási értéket adott meg. A törésvonal peremén a közvetlen környezethez viszonyítva 27,8-28,52 cm/100 év relatív emelkedést és 10-11 cm/100 éves relatív süllyedést határoztak meg (*Blaskovics 1999*). Egyes kutatók a felszínre is ható szerkezeti mozgásokkal magyarázzák a Hernád erős mederváltozási viszonyait, azonban a morfológiai szakirodalom ismeretében mindez önmagában még nem elég ahhoz, hogy a folyóra jellemző erős meanderezés meginduljon. A szerkezetföldtani jelenségek, mozgások a felszín alól indukálják a mozgást, melyet egyéb tényezők, mint a meder és a környező területek földtani jellemzői, a vízzel kapcsolatosan meghatározott paraméterek és a szállított hordalékkal kapcsolatos jellemzők felerősítenek és láthatóvá tesznek. A Bendefy (*1973*) által készített mozgásdiagram (*8. ábra*) is a fenti megállapítást hivatott alátámasztani. Az ábra arról

tanúskodik, hogy a szerkezeti övek labilitása kihat a felszíni formák alakulására, valamint a kilencvenes években végzett mérési eredmények azt mutatják, hogy ez a labilitás napjainkban is fenn áll. Bendefy a jelenség ábrázolásához az 1789. évi előzetes folyófelvétel, az 1810-es évi Abaúj-megyei mérnöki hivatal által végzett folyófelvétel, az 1870. évi első kataszteri felvétel, valamint az 1920-as években a Bordos-Abaúj-Zemplén megyei Kultúrmérnöki Hivatal által végzett felmérések és az 1936. évi első kataszteri felmérés térképeit használta fel.



8. ábra: A Hernád Alsódobsza és Nagykinizs közötti szakaszának kanyarulatfejlődési stádiumai a mélyben található szerkezeti törések elhelyezkedésének függvényében (Bendefy 1973 nyomán)

Blanka (2010, 2011) is vizsgálta a lehetséges tektonikai okokra visszavezethető kanyargósság jelenlétét a Hernádon. Úgy találta, hogy az általa vizsgált időpontokban (1883 és 2007 között) a nagy kanyargósságú és a viszonylag egyenesnek mondható szakaszok szinte ugyanazon a folyamkilométeren helyezkednek el, lefelé történő elmozdulásuk nem figyelhető meg. A Szentistvánbaksa – Ócsanáros közötti folyószakaszról, korábbi térképek alapján készített 9. ábra is azt mutatja, hogy a vizsgált folyószakasz két nagyobb meandere (Alsódobsza és Sóstófalva magasságában) kivételével szinte mindig ugyanazon sávban mozog.



9. ábra: A folyómeder völgytalpon történő mozgása az idő függvényében (Kozma 2011)

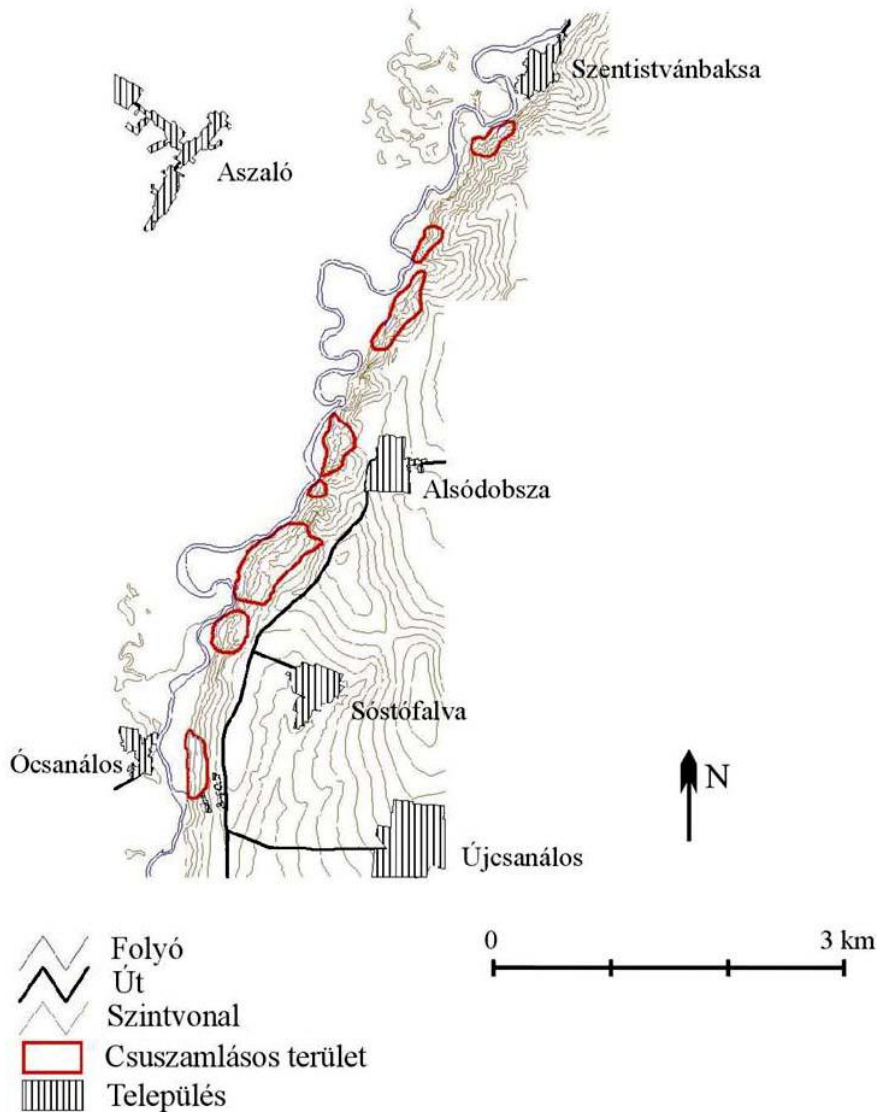
A térségben zajló, magasparthoz kötődő csuszamlásos folyamatok, valamint azok mederformáló hatásának vizsgálata, számba vétele is fontos, hiszen egy-egy partszakasz, meander fejlődésében döntő fontosságú lehet. A

partszakaszokat kísérő magasparti területeken végbemenő csuszamlásos folyamatok hatással vannak a folyó futásvonalára. Előfordulhat, hogy a csuszamlás nyelve olyan mértékben nyomul előre a folyó érintett szakaszán, hogy részben vagy egészben elzárhatja azt, mellyel a folyót mederváltoztatásra kényszeríti. Ez történt Ócsanálós térségében is (*Szabó 1996*).

A legnagyobb csuszamlásaktivitás a D-i magaspart-szakaszon figyelhető meg, elsősorban olyan részeken, amelyekről hosszabb alámosási időszak után a kanyargó meder éppen eltolódóban van (*10. ábra*). A Hernádot helyenként kísérő magasparti szakaszok közül nem csak csuszamlásaktivitásával tűnik ki a majd 30 km hosszúságú D-i szakasz, hanem azzal is, hogy a magaspart relatív peremmagassága közel 100m, sőt helyenként azt is meghaladó, átlagos szélessége kb. 600-800 m, majdnem kétszerese a Duna és Rába mentén található magasparti szakaszok szélességének (*Szabó 1997*). Az egyes csuszamlások sokszor egymással is érintkeznek, így a völgy mentében terjedelmes csuszamlásmezők alakultak ki. A Hernád menti magasparti területeken a csuszamlásos lejtőszakaszok száma nagyon nagy, a lejtőkön a csuszamlások konkrét számát roppant nehéz meghatározni. A csuszamlásmezők kapcsolódásaiból pedig több km hosszúságú csuszamlásrendszerek keletkeznek (a *10. ábra* pirossal jelzett foltjai csuszamlásrendszereknek tekinthetők). Szomszédos csuszamlásmezők rendszerre alakulására jó példa a Csanálós-Ófalutól É-ra elterülő lejtőrész, ahol három egymásba érő, egyenként több mint 100 m átmérőjű, amfiteátrum formájú mező alkot összefüggő rendszert. Három mező összeolvadásából keletkezett rendszer található Hernádkércs-Felsődobsza között is (*Szabó 1996*). A mozgások időbeli periodicitása szabálytalan. Elsősorban nem a folyó vízállásával, hanem az extrém nagycsapadékú időszakokkal mutatnak szoros korrelációt (*Szabó 1993, 1995, 1996, 1998, 2007*). Esetenként földrengésekhez is kapcsolódhatnak (*Szlabóczky 1986*). Ez utóbbi ellen szól, hogy a nagyobb csapadékú időjárási események a földrengéseknél nagyobb gyakorisággal fordulnak elő, és korrelációt mutatnak a rögzített csuszamlásos jelenségekkel (*Szabó 1997*).

A Hernád magasparti szakaszait viszonylag mély (felszín alatt legalább 10 m), talppont feletti csuszópályájú csuszamlások jellemzik (*Szabó 1996*). Az egyes magasparti szakaszokat Szabó (1995) négy csuszamlásaktivitási fokozatba sorolta, mely négy kategória közül az Alsódobsza Sóstófalva közötti magaspart szakasz a II. kategóriába tartozik. A kategóriába azon magasparti szakaszok tartoznak, ahol az időlegesen stabilizálódott lejtők az uralkodóak, rajtuk jól azonosítható csuszamlásos formák különölnek el és a lecsúszott tömegek között még zárt mélyedések, ún. hepék vannak. Azonban ezen magasparti sávnak aktív szakaszai is vannak (*Szabó 1993*). Az *10. ábrán* jól látszik, hogy a két település között húzódó magaspartot sok helyen és elég

hosszú szakaszon érinti a Hernád. A vízfolyás alámosó tevékenysége és vízszíningadozásai a part meredekségére hatással vannak, mely során mozgásokat indukálnak. Tehát a Hernád-menti magaspártok fejlődését döntően befolyásolják a völgytalpon szabad meandereket fejlesztő folyó mederáthelyeződései és a csuszamlások (Szabó 1991), ugyanakkor egyes esetekben (Ócsanáros vagy Megyaszó esetében történt mederáthelyeződések) maguk a magasparti folyamatok módosíthatják a folyó futásvonalát.



10. ábra: A csuszamlásos folyamatokkal leginkább érintett területek a Hernád folyón Szentistvánbaksa és Ócsanáros között

Számos térképi megjelenítés készült a Hernád folyóról, mely az átszakadások, átmetszések helyét ábrázolva mutatja be a kanyarulatlefűződésekből, -átvágásokból adódó hosszváltozásokat. A gyakori helyzetváltoztatások azt mutatják, hogy a folyó medre gyengén beágyazott, így nagyobb árvizek idején könnyen átvált egy korábbi medrébe (*Bendefy 1973*).

Az egyik legjobban összefoglalt táblázat Mike (*1991*) tanulmányában került bemutatásra. 1937 és 1972 között veszi számba a természetes és a mesterséges úton bekövetkezett hosszrövidülést a folyó teljes hosszában. Az 5. táblázatból jól látszik, hogy az általa bemutatott 40 évben mintegy 10 km-es rövidülés történt. Azonban ez alig jelenik meg a folyó hosszában, hiszen az egyes rövidüléseket újabb kanyarulatfejlődések ellensúlyozzák, amely a folyó meanderező tevékenységének egyensúlyra való törekvését mutatja. A viszonylag hosszú ideig tartó hossznövekedést, melyet Mike (*1991*) mennyiségi változóként jelölt meg, hirtelen bekövetkező rövidülés követi (Mike minőségi változásként fogalmazza meg). Ez a minőségi változás felborítja az addigi megközelítőleg egyensúlyi rendszert és a folyó energiája újra a mennyiségi változás felé fordul. Általában tapasztalható az a jelenség, hogy a lefűződött kanyarulat alatt újabb kanyarulat növekedése kezdődik. A folyó energiája tehát nem oszlik el egy ún. minőségi változás által, hanem koncentrált marad, újabb meander kialakítására fordítódik.

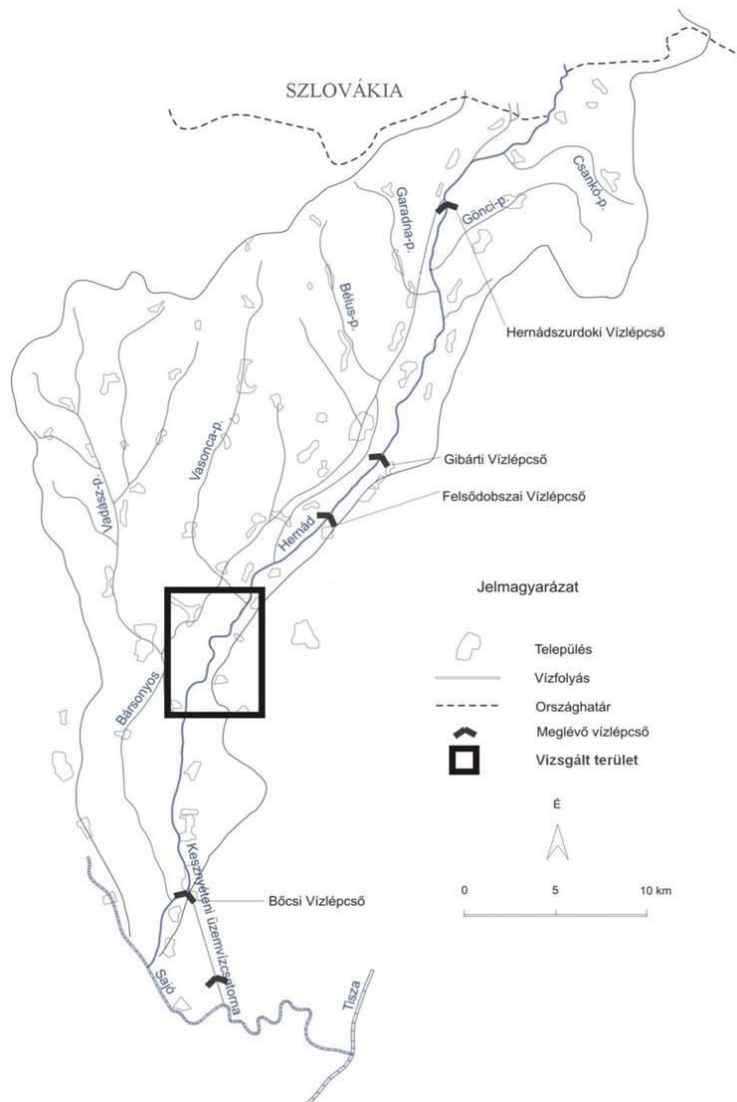
Kanyarulat helye	Átmetszés/átszakadás				Rövidülés (m)
	VO	Oldal	Év	Jelleg	
Hernádnémeti felett	10-11	bal	1965	átszakadt	670
Hernádkak	12	bal	1960	elzárás, vezérárok	610
Gesztely alatt (híd)	13-14	jobb	1950	elzárás	700
Gesztely híd felett	15-16	jobb	1953	elzárás, keresztgátak	290
Alsódobsza felett	27-28	bal		átszakadt	1150
Alsódobsza felett		jobb	2006	átszakadt	* <sup>1</sup>
Megyaszónál		bal	1990	átszakadt	1300* <sup>2</sup>
Nagykinizs	34	bal	1965	átszakadt	690
Felsődobsza felett	43	jobb	1964	átszakadt	320
Pere, híd felett	45	kettős	1936	átmetszések, elzárások	250
Méra	55-56	bal	1952	elzárás	500
Vizsoly felett	64	jobb	1948	átmetszés, elzáráson töltésépítés	1100
Hernádvécse	70	bal	1939	elzárás	750
Hernádszurdok	71-72	kettős	1958	átmetszések, vezérárok	980
Hernádszurdok	73	jobb	1971	átmetszés, elzárás	410
Hernádnémeti alatt	75	bal	1955	átszakadt	1100
Zsujta		bal	1978	átszakadt	1800* <sup>3</sup>

5. táblázat: Átszakadások és átmetszések a Hernád magyarországi szakaszán (Mike 1991 nyomán, kiegészítve)

\*<sup>1</sup> – az adat a szerzőtől származik, \*<sup>2</sup> – az adat Blaskovicstól (1999) származik, \*<sup>3</sup> – az adat Blanka-Kisstől (2011) származik

Mintaterületünk a Hernád folyó alsó szakaszán helyezkedik el, Alsódobsza és Gesztely között (11. ábra). A választásban elsődleges szempont volt, hogy ezt a folyószakaszt szinte alig érintették folyószabályozási tevékenységek, így a természetes folyamatok gyakorlatilag szabadon érvényesülhetnek. A vizsgált folyószakasz bal partján több helyen a magaspartok, mint természetes gátak kísérik a folyót, így nem volt szükség árvízvédelmi beavatkozásokra. Az ellenkező oldalon, a folyó jobb partján pedig a települések körgátas megoldással védekeztek az árvízi események ellen.





11. ábra: A vizsgált terület elhelyezkedése

A konkrét mérések és megfigyelések az Sóstófalva (24-22 VO) és Ócsanáros (19-17 VO) közötti, mintegy 20 km-es folyószakaszokon történtek. A partelmozdulásra vonatkozó részletes méréseket pedig két eltérő típusú és fejlettségi állapotú kanyarulat, a sóstófalvai és az ócsanárosi kanyarulatok mentén végeztem el. A kutatási terület része annak a vizsgált folyószakasznak, ahol Blanka (2011) a meanderezési övezet szélességét vizsgálta 1883 és 2007 között régi térképek alapján. Munkája alapján az általam vizsgált szakasz mentén 400 és 900 m között változik a meanderezési övezet szélessége, így a vizsgált folyószakasz az általa meghatározott

„jelentős mértékben kanyargó” kategóriába tartozik. Bár személyes vizsgálataim csak néhány évre korlátozódtak, a mérési adatok a változások tendenciáját, formáját a korábbi irodalmi adatok eredményeivel kiegészítve jól illusztrálják.

A partelmozdulás mértékét és folyamatát az elmúlt években Kiss és Blanka (2009, 2010, 2011, 2013) is részletesen vizsgálta. Az oldalirányú partelmozdulást 2,5 éves időintervallumon belül elemezték, ez alatt az idő alatt 6 kanyarulatban mérték a partelmozdulást. A vizsgált időszakra vonatkozóan 5,9 és 29 méter közötti elmozdulási értékeket adtak meg. A 6 kanyarulatból 5 esetében a 6 méter körüli érték a jellemző, míg egy helyen, az Alsódobsza feletti kanyarulat esetén 29 méteres elmozdulást mértek. A partelmozdulás mértékében az időtényezőnek fontos szerepe van, melyet lokális vagy egy adott időszakra jellemző extrém események módosíthatnak. Az általam vizsgált sóstófalvai kanyarulatban is közel 4-6 méteres átlagos elmozdulási értékek a jellemzőek az intenzíven pusztuló partszakaszokon. Az elmozdulásra vonatkozó nagy szélsőértékek, mint ahogy azt Blanka alsódobszai kanyarulat mérési eredményei is mutatják, valamely különleges esemény eredői. Ebben az esetben a 2010. május végi - június eleji két árhullám az, amely ezt az extrém értéket okozta. A partelmozdulás mérése során célszerű egy átlagértéket megadni, ugyanakkor az ilyen, extrém esetek kiemelése is fontos, azonban a part elmozdulásának átlagértékét torzíthatja. Az átlagértéken felüli partpusztulás az adott hidrológiai vagy egyéb esemény további értékeléséhez jó kiindulópontot adhat. Blanka (2010) fentebb leírt mérési eredményei alapján tette azt a megállapítást, miszerint az árvizeknek kiemelt szerepük van a mederformálásban, mivel mindegyik általa vizsgált kanyarulatban nagymértékű partelmozdulás zajlott a kiemelkedő árvizek vagy árhullámok előfordulása során. Megállapította továbbá, hogy az árvizet követő kis- és középvízi időszakokban is tovább folytatódott a mederformálódása. Kiss et. al. (2009) leírja, hogy az utóbbi 20 évben levonuló árvizek gyakoriságában, valamint a mederformáló vízhozamok kialakulásának gyakoriságában növekedést tapasztalt, ami módosíthatja a folyóra addig jellemző tendenciákat.

Blanka (2010, 2011) vizsgálatai alapján felhívja a figyelmet a folyómeder szélességének csökkenésére, ezt a jelenséget a hidrológiai paraméterekben bekövetkezett változásokkal magyarázza. A folyó középvonalában tapasztalt hosszváltozások elemzése alapján kapott eredményekből pedig utal a Hernádon tapasztalható kanyarulatfejlődési ütem lassulására. Ezekkel a változásokkal magyarázza azt, hogy a nagy kanyarulatokban, mint pl. az általa vizsgált zsujtai vagy alsódobszai kanyarulatok, másodlagos hurkok alakultak ki, melyek keletkezésében emberi beavatkozás hatását is feltételezi

(szlovákiai víztározó 1969-es megnyitása). A megnyitott duzzasztó hatása jelentős lehetett a folyó magyarországi szakaszán levonuló vízhozam értékekre, melyek során másodlagos ívek alakulhattak ki a nagy kanyarulatok alatt.

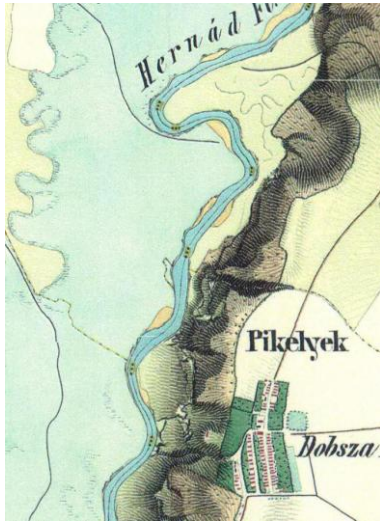
A Hernád az utolsó 10000 évben völgytalpának anyagát állandóan vándorló kanyarulatainak gyakori áthelyeződése révén többszörösen átformálta. A meanderezés során a folyó korábbi, számos szakaszán jól fejlett teraszrendszerét átalakította: helyenként roncsolta, máshol el is pusztította. Eközben a 3-6 km széles völgytalpon különböző korú elhagyott és levágott mederkanyarulatok több nemzedékét hagyta vissza. Korábban Szabó (1997) által kapott, az elhagyott folyómedrekben végzett fúrások radiokarbon vizsgálatainak eredményei is megerősítették a Hernád medrének hirtelen kialakuló, gyors ütemben zajló holocén vándorlásaival kapcsolatos feltételezést. Ezek az elhagyott medrek ma a feltöltődés különböző stádiumaiban vannak, ennek megfelelően sajátos geomorfológiai tájlemként különböző adottságú vizes (nedves) élőhelyet jelentenek a növény- és állatvilág számára. A folyó mederfejlődésében néhány év vagy évtized alatt látványos változásokat figyelhetünk meg, de ezek a folyamatok hirtelen kialakuló extrém időjárási helyzetek következtében akár pár hónap alatt is lejátszódhatnak. Ezeknek a változásoknak a tendenciáját, ütemét az elvégzett vizsgálatokkal elemezni lehet, de elsősorban hosszabb időszak vizsgálatai alapján lehet igazán szemléletessé tenni.

## **5. Anyag és módszer**

### **5.1 Történeti feldolgozás topográfiai térképek alapján**

A Hernád kanyarulatainak eltolódásai elsősorban topográfiai térképek és légifotók alapján követhetők nyomon. A kanyarulatok eltolódásairól a topográfiai térképfelvételek és légifotók tükrében igen tanulságos összeállítások szerkeszthetők, ahogy az Kiss és Blanka (2008, 2010, 2011), valamint Kozma és Szabó (2003, 2006, 2008, 2011, 2012) munkáiban is megjelenik. Az elmúlt mintegy 100 év során készült topográfiai térképek vizsgálatának és elemzésének segítségével képet kaphatunk a folyómeder fejlődésének irányáról, üteméről. A mederváltozások térképen való nyomon követésének illusztrálását mutatja be az alábbi három, különböző időpontokban készített topográfiai térkép (12. ábra). Mindegyik azonos folyókanyarulat fejlődési stádiumát mutatja be különböző időpontokban. A

térképek ERDAS szoftver segítségével azonos vetületi rendszerbe (EOV) való konvertálása után az idő függvényében különböző összehasonlítások végezhetők el.



1.



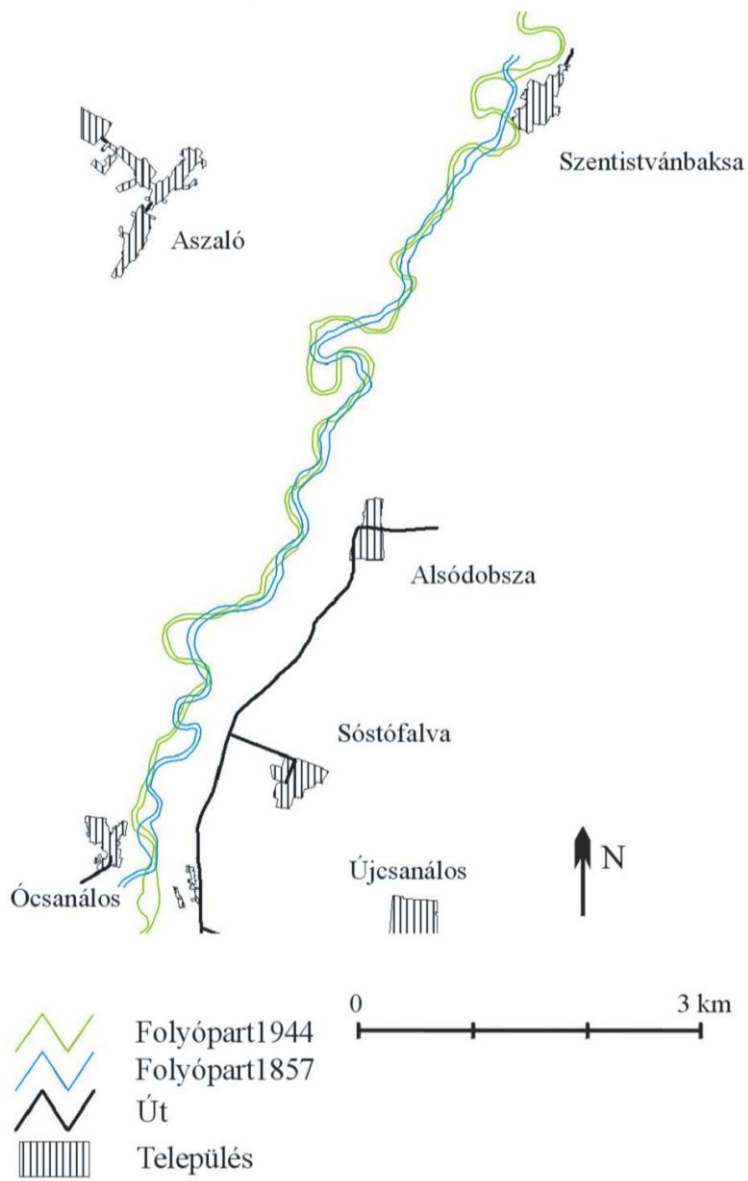
2.



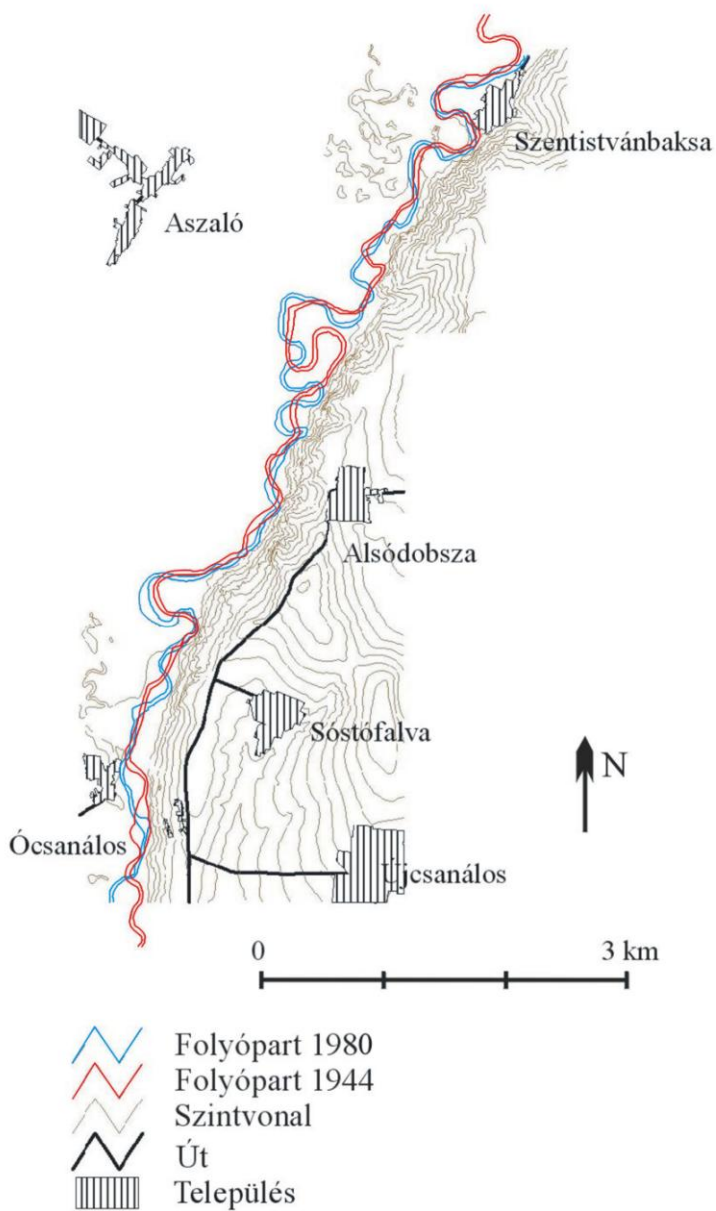
3.

*12. ábra: Történelmi térképek által ábrázolt kanyarulat fejlődési fázisai Alsódobosza felett*

*(1. II. katonai felmérés – 1857, 2. III. katonai felmérés helyesbített változata – 1944, 3. EOV topográfiai térkép - 1980)*



13/a. ábra.



13/b. ábra

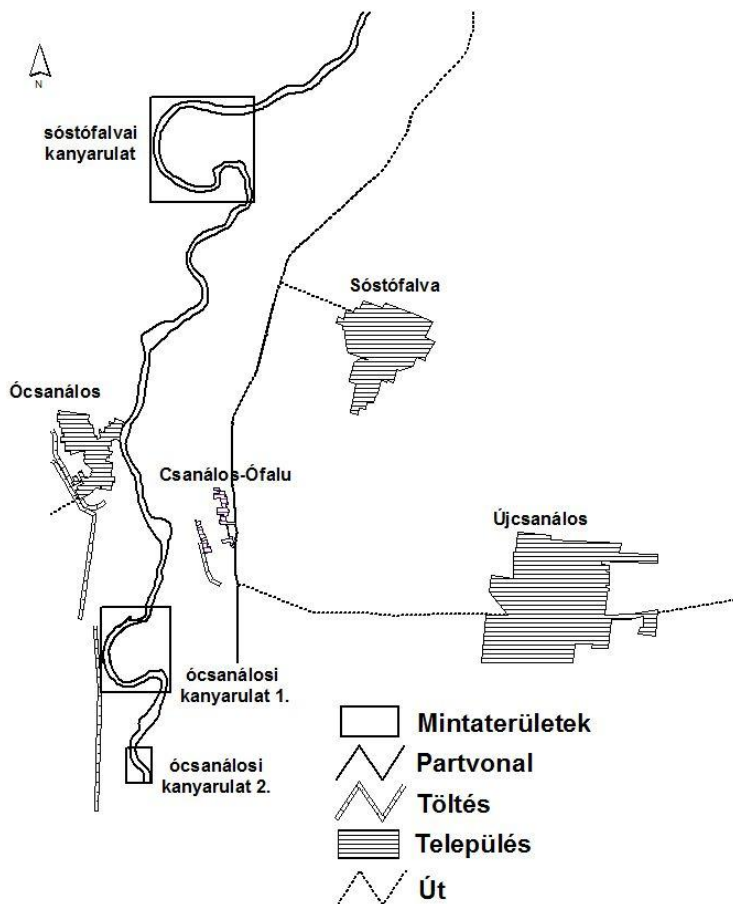
13/a-b. ábra: A Hernád partvonalának változása az idő függvényében Szentistvánbaksa és Ócsanáros között (Kozma 2008)

A folyó partvonal futásának változásait jól szemlélteti a futásvonal több időpontban való bemutatása (13/a-b. ábra). A disszertációban a történeti

változások elemzéséhez felhasznált térképek mintegy 100 év fejlődését mutatják be. A változások elemzéshez a II. katonai felmérés időpontjától (1857) kiindulva, további négy, különböző időpontban készült térképet vettem figyelembe (1924, 1943-44, 1980-88, 1997-légifelvétel).

## 5.2 Terepi mérések a folyókanyarulatok fejlődésére vonatkozóan

A térképi elemzés alapján jelöltük ki a vizsgált folyószakaszon belül azokat a részeket, ahol a legintenzívebb a kanyarulatok fejlődése. Így került kiválasztásra a sóstófalvai nagy összetett kanyarulat, valamint délebbre Ócsanálosnál két kisebb, alacsonyabb fejlettségi stádiumban lévő meander (14. ábra).



14. ábra: A vizsgált kanyarulatok elhelyezkedése a Hernád folyón



A két kiválasztott folyószakaszon mintegy 100 db vaskarót, mint mérőcöveket helyeztem ki a kanyarulatok mindkét oldalán (6. kép). A karók helyzetét és partéltől való távolságát GPS és mérőszalag segítségével rögzítettem. A vizsgálati módszer lényege, hogy bizonyos időközönként visszatérve, a cövek folyóparthoz viszonyított helyzetét folyamatosan rögzítettem. A tapasztalt változásokból következtetni lehet a partszakasz pusztulásának mértékére, intenzitására, valamint adott időszakokban tapasztalt vízjárási események összekapcsolásával a fejlődés dinamikája is feltárhatóvá válik.

A mérőcövek ellenőrzése átlagosan évente egyszer történt meg. Az adatokat táblázatos formában ábrázoltam. A hiányzó mérőcövek pótlására minden alkalommal szükség volt. A mérések során, különösen a meredek, magas partfallal jellemezhető homorú partéleken olyan mértékű és intenzitású partpusztulást tapasztaltam, hogy a későbbiek folyamán ezeken a helyeken a mérőkaros mérési formát egy-egy kiválasztott ponton hagytam meg és a partél változásainak rögzítésére csak GPS-es méréseket végeztem. Ennek során 25 m-ként mértem egy koordináta értéket közvetlenül a partszélen és a továbbiakban ez az érték került rögzítésre. Az évek során kapott mérési értékek térképi megjelenítéséhez és összevetéséhez ArcView 3.2 térinformatikai szoftvert használtam fel.



6. kép: Mérőkaró helyzete a pusztuló partfalon Sóstófalvánál



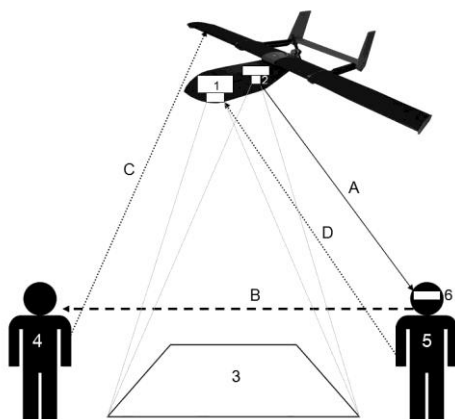
A többéves terepen folytatott vizsgálati időszak alatt figyelemmel kísértem azt is, hogyan változott a területen a művelési ágak megoszlása és a beépített területek aránya. Az ember mindig próbált a folyótól területeket elhódítani, de a legtöbb esetben nem sikerült, sőt, az utóbbi évek tendenciája azt mutatja, hogy tulajdonosaik egyre növekvő arányban hagyják el a magasparton lévő kerteket és nyaralókat, illetve a szántók aránya is csökken a legelők, réti területek javára (*KSH 2000 és 2010-es földhasználatra vonatkozó adatai alapján*). A partelmozdulás méréséhez szükséges, közel 100 mérőkaró elhelyezése érintette mind az intenzív mezőgazdasági hasznosítású, mind a természetes növényzettel borított partszakaszokat, ennek eredményeképpen összehasonlításokat tehettem a két különböző hasznosítású terület között is.

### **5.3 Modellrepülés mérési módszer alkalmazása**

A közelmúltban a műholdas és/vagy légi fotók elemzése lett az egyik egyre gyakrabban alkalmazott módszer arra, hogy tanulmányozzák az egyes élőhelyeket, azok változásait anélkül, hogy az ember megzavarná azok természetességét. Jelentősége különösen a nehezen vagy nem megközelíthető helyek tanulmányozásában kiemelkedő (*Laliberté-Ripple 2003, Jones et al. 2006*). Számos munka született ennek segítségével például az élőhely térképezésben, a populációk vagy azok egyedeinek számolásában végzett kutatások kapcsán, de akár mint kiegészítő információforrás is használhatják az egyéb módszerekhez kapcsolódóan. Mindazonáltal meg kell említeni azt is, hogy a levegőből történő képalkotó módszerek esetében hátrányokkal is számolni kell. Például, a viszonylag magas költségek miatt alkalmazásuk jelenleg még nagyon korlátozott, továbbá számolni kell a modellrepülők egyéb problémáival, mint a hangos zaj kibocsátás, időjárástól való függés, a repülési magasságokból eredő problémák és a repülési sebesség (minimum 80-100 km/h), ami befolyásolja, behatárolja az alkalmazási lehetőségeket.

Az elmúlt mintegy két évtizedben jelentősen javult a modell repülőgépek technikai felszereltsége. Többek között kisebb súllyal és nagyobb szilárdságú nyersanyagokkal készülnek és fejlett digitális repülésirányító rendszerekkel (giroszkóp, GPS, magasságmérő, stb.) látták el őket. Ezek a fejlett technológiák a repülőgép-modell képességeit olyan szintre emelték, hogy azok megfelelnek az általuk végzett légi képalkotó munkára. Az *15. ábra* mutatja, hogyan használják a levegőben a képalkotó rendszert. A modell repülőgép fedélzetén egy nagy felbontású 10,2 mpx kompakt digitális fényképezőgép (1) van, ami távolról, a pilóta által vezérelhető. Továbbá a digitális fényképezőgép mellé helyeztek egy kamerát is (2), mely élő képet

küld a videó szemüvegre (6), melyet a kutatást végző személy visel (5). Ő adhat útmutatást a pilóta (4) számára az online képi információ alapján hogyan, merre navigálja a modellgépet a vizsgált terület fölött. Ugyanakkor ő az a személy is, aki a fotózás folyamatát a videó kép által irányítani tudja.



15. ábra: A levegőben végzett fotózás főbb elemei  
(1: digitális fényképezőgép, 2: videokamera, 3: vizsgált terület,  
4: pilóta, 5: segítő, 6: videó szemüveg)

A kutatási területen ennek a vizsgálati módszernek az alkalmazására is sor került. Mivel a módszer új, alkalmazása meglehetősen nagy anyagi költséggel jár, így csak egy alkalommal, 2012-ben sikerült kipróbálni, alkalmazni. A terület kétnapos berepülése során különböző magasságokból több fénykép készült (7/a-b. kép). Egyrészt magát a módszert és a repülőgép által készített képeket vizsgáltam abból a szempontból, hogy mely területeken és milyen hatásokkal hasznosítható a morfológiai vizsgálatokban. Másrészt az elkészült képek elemzésével következtetéseket vontam le a szakadópartok pusztulási folyamataival és a pusztulás során keletkezett formakincsrel kapcsolatban (Kalmár és Kozma 2012).



*7/a. kép*



*7/b. kép*

*7/a-b. kép: A modellrepülős fényképek alapján jól láthatóvá válnak a pusztuló és épülő partszakaszok formái és a sodorvonal futása (a képek 2011 decemberében készültek a sóstófalvai nagy kanyarulat felett)*

## 5.4 A csapadék és a vízállás összefüggéseinek vizsgálata

Vizsgálataim során a terepi munkák mellett a területre vonatkozó mutatók (csapadék, vízállás) adatgyűjtését és azok feldolgozását is elvégeztem. Az értékelésem célja annak feltárása, hogy van-e összefüggés a kapott eredmények és a medervándorlás, partpusztulás mértéke, ritmusa között. A térségben hullott csapadék számbavételére Hidasnémeti település, mint hivatalos csapadékmérő állomás 124 éves idősorát használtam fel. Ennek megfelelően az 1890 és 2013 között eltelt 124 év időintervallum napi és havi szinten mért csapadékadatokat dolgoztam fel és jelenítettem meg grafikonos formában. A csapadékadatokat 1970-ig az Országos Meteorológiai Szolgálat kiadványából (*Hajósy et. al., 1975*), valamint 1971-től az OMSZ által kiadott időjárás napi jelentéseiből gyűjtöttem ki Hidasnémetire vonatkozóan.

Elemeztem az éves csapadékösszegek alakulását a vizsgált 124 év során, valamint ennek tendenciáját. Ezután havi lebontásban kiértékeltem az egyes hónapokban lehullott csapadékmennyiségek változását. A kiértékelés során a továbbiakban négy 30 éves szakaszra bontottam a 124 éves adatsort. Ezen felosztás alapját a WMO (World Meteorological Organization) megfogalmazása adta, mely legalább 30 éves időintervallumot tekint szükségesnek az éghajlat jellemzésére (*IPCC 2007*).

A továbbiakban a vizsgálati területemhez tartozó, Gesztelynél (24,4 fkm) rögzített napi vízállás adatok kerültek leválogatásra. A naponta rögzített vízállás adatokat 2, 4, 6 vagy 12 óránként rögzítették az adott hidrológiai esemény függvényében. Az adatok kapcsán a reggeli és az esti időpontok az évtizedek során mindig fix rögzítési időpontok voltak, így az elemzésekhez a reggeli, 6-8 óra között mért vízállási adatokat használtam fel. Az adatok feldolgozása során leíró és komplex statisztikai eljárásokat alkalmaztam. A leíró statisztikai eljárások során hisztogramok készültek, melyek a vizsgált adatokat csoportosítva elemzik, valamint boxplotok, melyek során a statisztikailag kiugró értékeket vettem számba. Az adatok kiértékelésében a Minitab v14 statisztikai szoftver segített.

A komplex statisztikai eljárások alkalmával a csapadék adatsorok kerültek kiértékelésre, ahol annak menetét vizsgáltam az idő függvényében – egy változós regressziót készítettem. A vizsgálat során a legfontosabb eredményt az ábrára illesztett egyenes menete jelentette. Továbbiakban alkalmaztam a Pearson-féle korrelációs együtthatót, melynek segítségével a két változót (csapadék és vízállás) nagyságrendileg hasonlítottam össze. Tehát a Pearson korreláció megmutatja, hogy milyen mértékű a két adatsor között fellépő

lineáris kapcsolat. Az összefüggés mértékét az alábbi képlettel lehet számszerűsíteni:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

ahol n: a pontok száma;  $x_i$  és  $y_i$  az egymáshoz tartozó pontpárok.

A fennálló korreláció mértéke, a Pearson korrelációs index (r) -1 és +1 közötti értékeket vehet fel. Minél közelebb van abszolút értékben az 1-hez, annál nagyobb a lineáris összefüggés a két változó között. Az előjele azt mutatja meg, hogy milyen irányú a kapcsolat, pozitív vagy negatív.

Evans (1996) csoportosítása alapján a Pearson korrelációs index értéke szerint a két változó közötti korreláció mértéke lehet:

- kevesebb, mint 0,2 – nagyon gyenge
- 0,2 – 0,39 – gyenge
- 0,4 – 0,59 – közepes
- 0,6 – 0,79 – erős
- 0,8 vagy nagyobb – nagyon erős

Ezen két jelentős környezeti tényező (csapadék és vízállás) vizsgálata során fontos megjegyezni, hogy az egész folyó vízjárását jelentősen befolyásoló szlovák duzzasztók hatását nem tudtam figyelembe venni, mivel a duzzasztókból történő leengedések számáról és a leengedett víztömeg mennyiségéről sajnos nem rendelkezem adatokkal. A modellezés során a folyó magyarországi szakaszára jellemző mutatókat vettem figyelembe.

## 6. Vizsgálat, eredmények és értékelés

### 6.1 A partelmozdulás mértékének vizsgálata

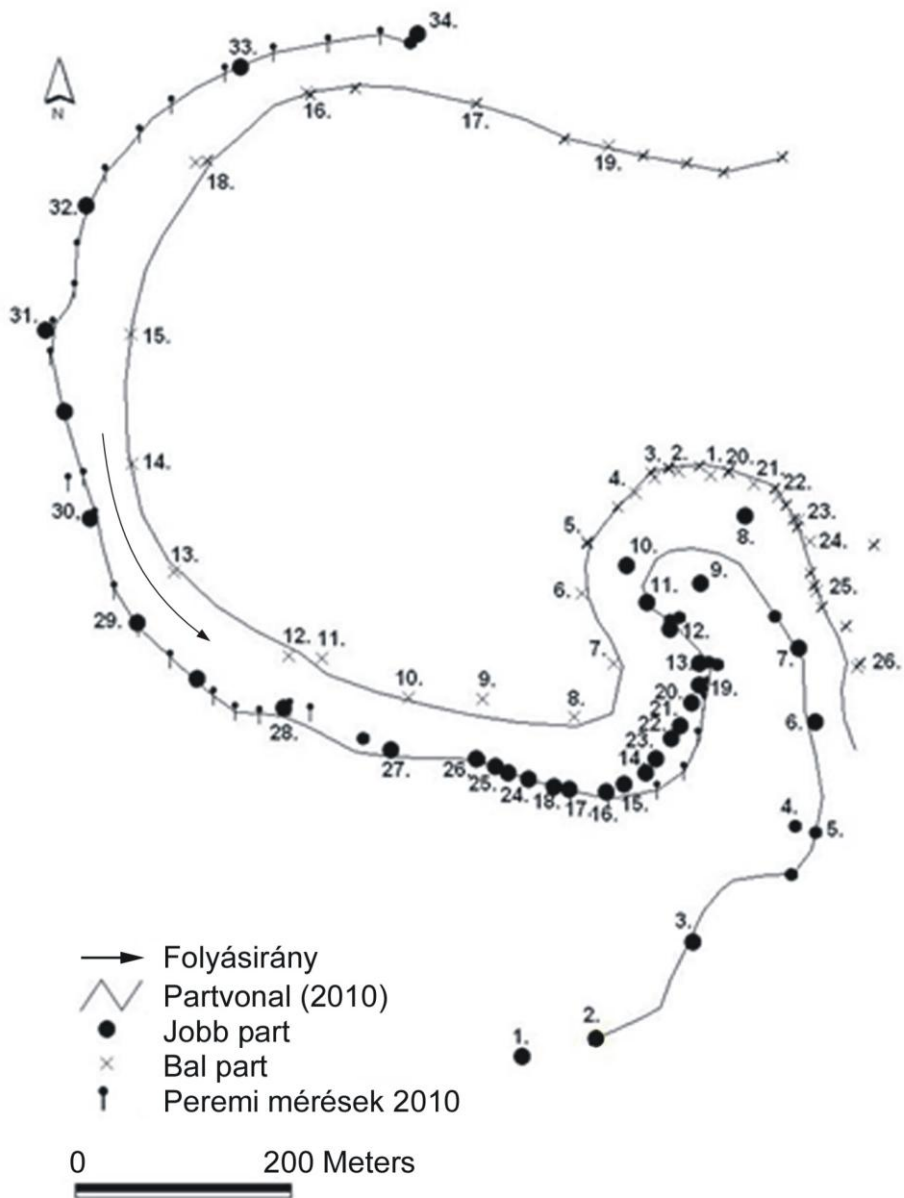
#### 6.1.1 Vizsgálati eredmények és összevetésük a szakirodalommal

Az irodalmi adatok és saját megfigyeléseim alapján mederváltozások a lapos partok fiatal folyóvízi üledékein történnek a leggyorsabban. A folyó a saját, viszonylag laza üledékeit egyrészt könnyebben alá- és elmossa, mint a konszolidáltabb pannóniai rétegeket, másrészt sokkal kisebb anyagmennyiséggel kell megbirkóznia, mert hiányzik a magasparti lejtők anyagutánpótlása. Ezekon a szabadfejlődésű szakaszokon a partmagasság a vízállástól függően nem több 2-4 m-nél, míg a víz szélén végződő magasparti lejtőknek vagy falaknak helyenként még az alsó szegmensei is 10-15 m magasak, háttérükben a felső perem pedig további több 10 m magasságban fut. A meder eltolódása a laposparti részeken is ott a legintenzívebb, ahol a folyó kanyargási hajlandósága a legnagyobb. Ebben az egyes Hernád-szakaszok között jelentős különbségek vannak. Az Alsódobsza-Gesztely közti részen pl. Ócsanálós alatt a kanyargósság mértéke jóval kisebb, mint a felette lévő szakaszon (*Blanka 2010*). A hivatkozott munka részletesen kimutatja a kanyargósság és a völgytalp esése közti szoros összefüggést és a nagyobb kanyargósságú szakasz(ok) erőteljesebb meanderfejlődését. Ez utóbbira igen jó példa a Sóstófalva melletti nagy kanyarulat, amelynek változását dolgozatomban részletesen vizsgálom. A korábbi (*Kozma 2008*) és a még folyamatban lévő méréseim eredményeiből, valamint ott és a folyó más szakaszain is végzett vizsgálatokból (*Blanka 2010*) levonható következtetések alapján e kanyarulat fejlődésében is világosan látható az általánosan ismert lecsúszás jelensége.

A közel 100 db kihelyezett mérőcövekkel megjelölt, illetve GPS koordinátákkal meghatározott mérési pontok adatai szerint a meander pusztuló külső ívének elmozdulása (a partél hátrálása) annak felső részén lényegesen kisebb, mint a folyásirány szerinti alsó ívrészen. Az előbbi esetben (jobboldali 30-34 mérési pontokon) a mintegy másfél éves parthátrálás kevesebb, mint 2 m, az utóbbinál (jobboldali 14-23 mérési pontokon) viszont egy kivétellel 3-6,5 m, sőt a kanyarulat D-i csúcsánál (19-23 pontok) az értékek 4 m feletti (6. táblázat, 16. ábra). Ez azt is jelenti, hogy a kanyarulat egyre inkább kampó formát ölt (az alsó csúcs körüli része K felé mozdul), s emiatt közeli lefüződése a D-i kampó nyakának átszakadásával várható. (2006-ban teljesen hasonló eset történt Alsódobsza mellett).

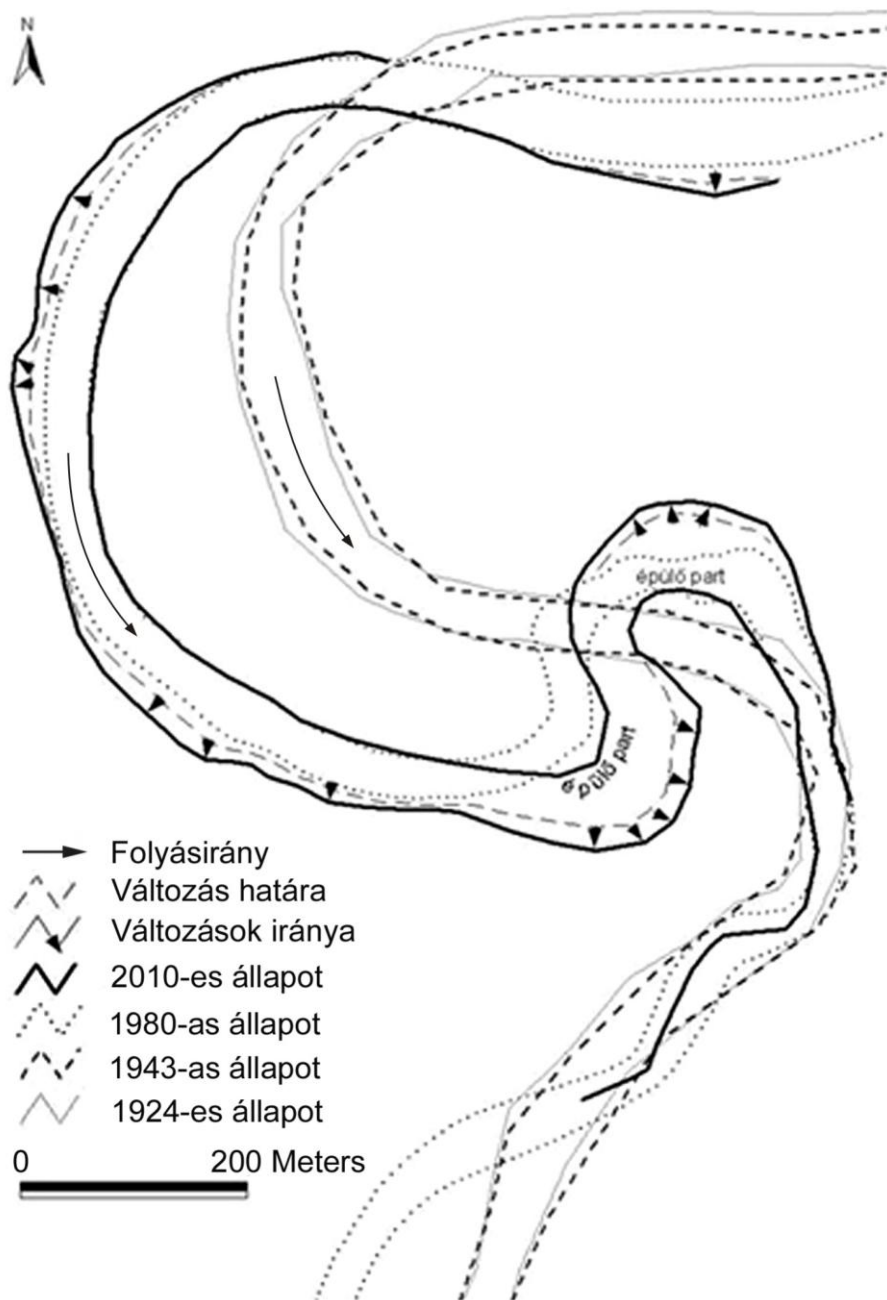
Bal parton mért partfal pusztulás nagyságrendje (m)				Jobb parton mért partfal pusztulás nagyságrendje (m)			
Mérési helyek	Változás mértéke (m)			Mérési helyek	Változás mértéke (m)		
	2007.10-2007.11.	2007.11-2008.07.	2008.07-2010.03.		2007.10-2007.11.	2007.11-2008.07.	2008.07-2010.03.
1.	0	2,94	?	1.	2,5	?	?
2.	0	?	?	2.	0	0	2,1*
3.	0	0	0,7	3.	1,4	0,9*	?
4.	0	0	4,97*	4.	2,4	0	?
5.	0	1,8	+0,7	5.	0,2	5,3*	?
6.	0	---	---	6.	0,97	0,7	0,6*
7.	0	---	---	7.	0,65	0,35	?
8.	0	---	---	8.	0,92	0,28*	?
9.	0	---	---	9.	0	1,25*	?
10.	0	---	---	10.	0,1	2,5*	?
11.	0	---	---	11.	0,6	0,7*	?
12.	0	---	---	12.	0	0,8	0,4*
13.	0	---	---	13.	0,05	0,05	0,9*
14.	0	---	---	14.	0	0,69	3,86*
15.	0	---	---	15.	0,2	0,1	3*
16.	0	---	---	16.	0	0	3,3*
17.	0	0	+0,1	17.	0,1	0,05	3,85*
18.	0	0	2	18.			1,3
19.	0	0	0,2	19.			4
20.	0	0	1,2	20.			6,4*
21.	0	0	+3,8	21.			5,84
22.	0	0	3,6	22.			4
23.	0	0	1,2*	23.			5,58
24.	0	0	?	24.			0
25.	0	0	+0,25	25.			3,2
26.	0	0	+1	26.			4,8*
*: számított minimális érték, a korábbi tendencia és a GPS mérései alapján (eltűnt cövekek) 0: nincs változás --- : épülő part ? : a változás értéke pontosan nem ismert				27.			1,45
				28.			2,35*
				29.			2,85*
				30.			0,8
				31.			1,7*
				32.			1,55*
				33.			?
				34.			0,65

6. táblázat: A sóstófalvai kanyarulat változásának mértéke 2007 és 2010 között



16. ábra: A mederváltozás meghatározására a sóstófalvai kanyarulatban kijelölt mérési helyek 2007 és 2010 között (Kozma 2011)

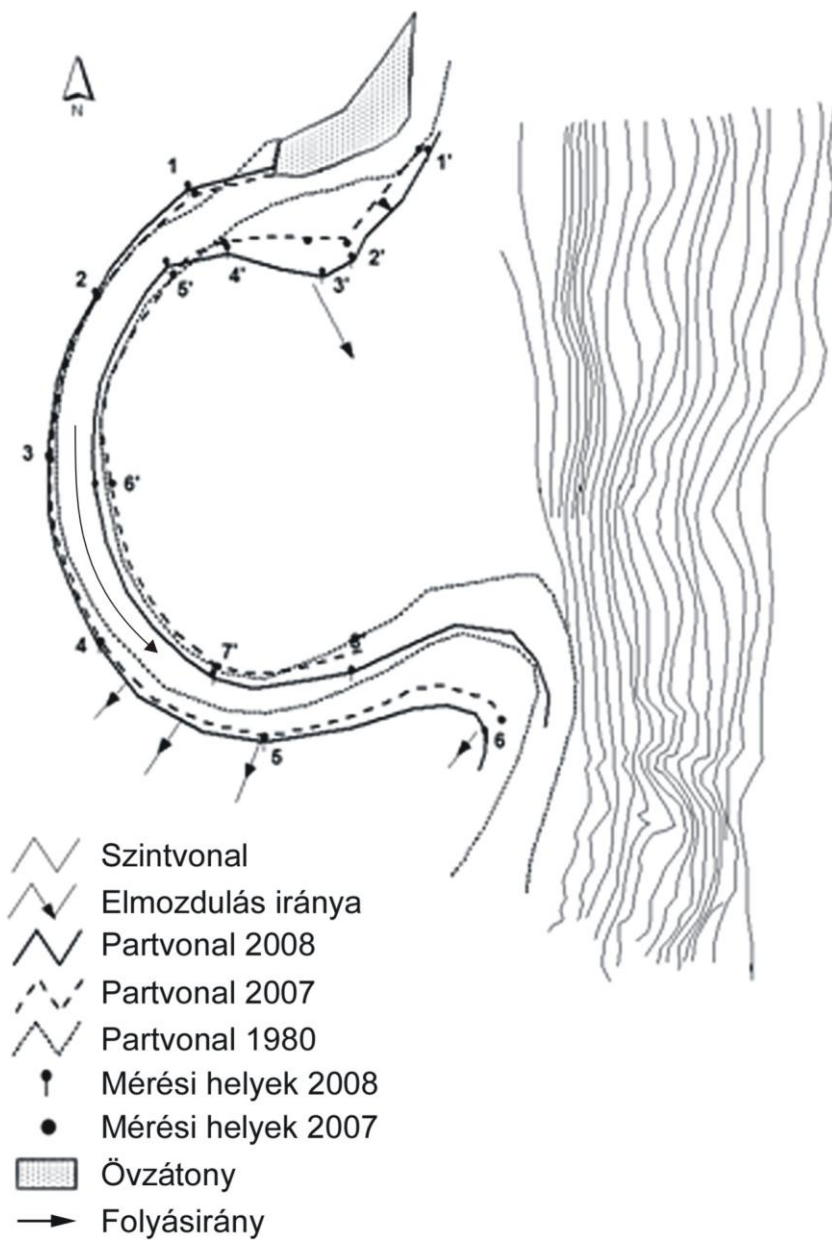




17. ábra: A sóstófalvai kanyarulat lecsúszó fejlődése (Kozma 2011)

A 16. ábrán látható sóstófalvai kanyarulat nem csak önmagában egy túlfejlett, lefűződésre érett kanyarulat, hanem többszörösen összetett folyamatok is tanulmányozhatóak rajta. Az 1924-43-as állapotokat bemutató partvonalhoz képest az 1980-as évekre egy határozott, oldalirányú fejlődés zajlott le, melyet a kanyarulat lefelé vándorlása követett. A kanyarulat felső és alsó partszakaszán világosan látszik ez a folyamat. Az alsó partszakaszánál egy jelentős mértékű rotáció is végbe ment, ahol a folyó vize egy rövid szakaszon gyakorlatilag a meder esésének ellenében folyik. Ennek a kisebb kanyarulati szakasznak a kialakulását a folyó bal partján, szorosan a meder mellett húzódó, aktív csuszamlásos magaspart szorítása eredményezte. Hasonló jelenséget láthatunk a folyó alsódobozai, 2006-ban lefűződött kanyarulatának esetében is. A lefűződésre mind a nagy kanyarulat nyakánál, mind a rotáció során kialakult, magasparti rész szorításában fejlődő kisebb kanyarulat esetében is sor kerülhet. Előbbi esetében a kanyarulat felső (19-es mérési pont körüli folyószakasz) és alsó szakaszán (3-20 mérési pontok által jelölt partszakasz) mért pusztulási érték évi fél méterre tehető, míg az utóbbi másodlagos kanyarulatnál a jobb part elmozdulási értékei helyenként 4-6 méteresek évente (12 és 16-os mérési pontok által kijelölt parti sáv), viszont a magaspartot kísérő balparti szakasz (23-26-os mérési pontok) gyakorlatilag stabilnak mondható, hiszen a magaspart miatt a kanyarulat azon része csak minimálisan változik. Fennáll a lehetősége annak is, hogy a kísérő magasparti részen egy hirtelen kioldódó csuszamlásos folyamat anyaga részben vagy egészben a folyómederbe kerüljön, mely akár el is zárhatja az amúgy is viszonylag keskeny medret.

Az ócsanátosi kanyarulatok (18-19. ábra) jellemzője, hogy a Blanka (2010) által meghatározott kisebb kanyargóssággal jellemezhető szakaszon helyezkednek el. Csökken a folyó esése, a folyót kísérő meredek partfalak átlagos magassága is csökken, de még mindig számos helyen láthatók, valamint egyre távolabb kerül a folyómeder a csuszamlásos magasparti szakaszoktól. Azonban a tapasztalható változás hasonlóan alakult a sóstófalvai kanyarulathoz. A méréseket elsősorban megközelítési akadályok miatt nem sikerült a sóstófalvaihoz hasonló részletességgel elvégezni, ugyanakkor a kapott adatok a tendenciák kimutatására alkalmasak.



18. ábra: Partelmozdulás az ócsánási 1-es számú kanyarulat esetén

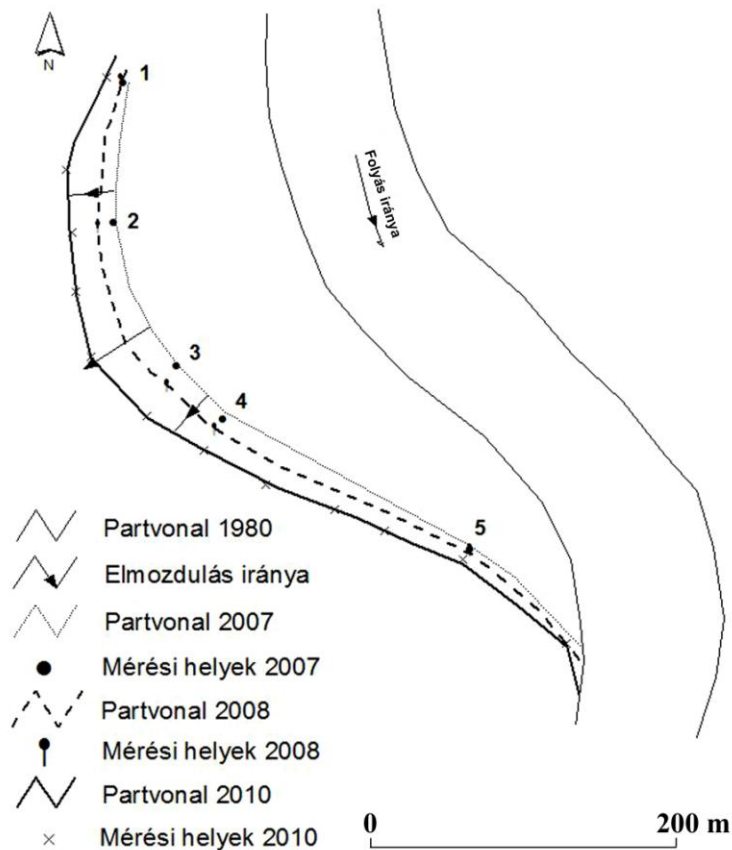
Az 1-es számú (18. ábra) kanyarulat fejlődésében is látható - bár nem olyan intenzíven, mint a sóstófalvai kanyarulat esetében – a lecsúszás jelensége. A kihelyezett mérőcövekkel megjelölt, illetve GPS koordinátákkal meghatározott mérési pontok adatai szerint a meander pusztuló külső ívének elmozdulása annak középső részén lényegesen kisebb, mint a folyásirány szerinti felső és alsó ívrészen. Az előbbi esetben a méterekben mérhető parthátrálás a kifejlődött övzátöny jelenlétének tudható be, mely növekedése során a sodorvonalat kitérésre kényszerítette, miáltal a partfalat érő vízáltali erózió bizonyos pontokon felerősödött. A már évtizedekkel ezelőtt Kádár által is leírt jelenség nagyon szép példája. Az alsó ívrészen azon túl, hogy viszonylag magas szakadóparti sáv kíséri a folyót, a balparton található csuszamlásos magasparti szakasszal való közvetlen találkozás is a meder eltolódását eredményezi. Az átlagos partpusztulás ebben a kanyarulatban is – hasonlóan a Blanka és a sóstófalvánál általam mért értékekhez – helyenként eléri a 3 és 4 métert (7. táblázat).

A kanyarulat középső szakasza viszonylag lassan változik, mely a partszakasz kötöttségének tudható be. A jobbpartot hosszan elnyúló, részben telepített erdős-bokros terület kíséri, mely viszonylagos védelmet jelent az erózió ellen. Kismértékű mezőgazdasági művelés csak a kanyarulat másik, bal oldalán tapasztalható.

2007.10. – 2008. 07.			
Mérési helyek száma	Jobbpart Elmozdulás értékei (m)	Mérési helyek száma	Balpart Elmozdulás értékei (m)
1	2,7	1'	2,85
2	1,5	2'	3,6
3	1,7	3'	8,2
4	3,7	4'	3,2
5	2,7	5'	3,9
6	6*	6'	épülő partszakasz
7	-	7'	épülő partszakasz
8	-	8'	3,1
<i>Átlag</i>	3,0		4,14

7. táblázat: A 9 hónap alatt mért elmozdulás mértéke az 1-es számú ócsanálói kanyarulatnál (\*csuszamlásos partfal a bal parton, a jobb parti partszakasz inkább az épülő kategóriába sorolható, miáltal az érték nem megbízható)

Az ócsanálosi 2-es számú kanyarulat (19. ábra) mérése során csak a jobbparti sáv változása került rögzítésre. A bal parti szakasz megközelíthetősége elsősorban a felette húzódó víkendházas övezet miatt akadályokba ütközött. A kanyarulat, mely méreteiben kisebb ugyan, de típusában hasonló a sóstófalvai kanyarulathoz. Itt is intenzív mezőgazdasági művelést folytatnak sokszor a partélig húzódóan és kisebb magasságban, de szakadóparti sáv kíséri végig. A mérések során a pusztulás intenzitása a kanyarulat középső szakaszán volt a legjelentősebb. A vizsgált időszak alatt helyenként 3-6 méteres elmozdulásokat mértünk (8. táblázat), de az elmozdulás átlagos mértéke ebben a kanyarulatban 2,5 m/év. A kanyarulat alsó szélén mért kisebb értékek betudhatók annak, hogy a kanyarulatot kísérő szakadóparti sáv magassága fokozatosan csökken a folyásiránynak megfelelően, illetve a mezőgazdasági művelési mód helyét a stabil, természetes bokros fás növényzet veszi át, melyek ugyancsak hozzájárulnak a part stabilitásának növeléséhez.



19. ábra: Partelmozdulás az ócsanálosi 2-es számú kanyarulat esetén

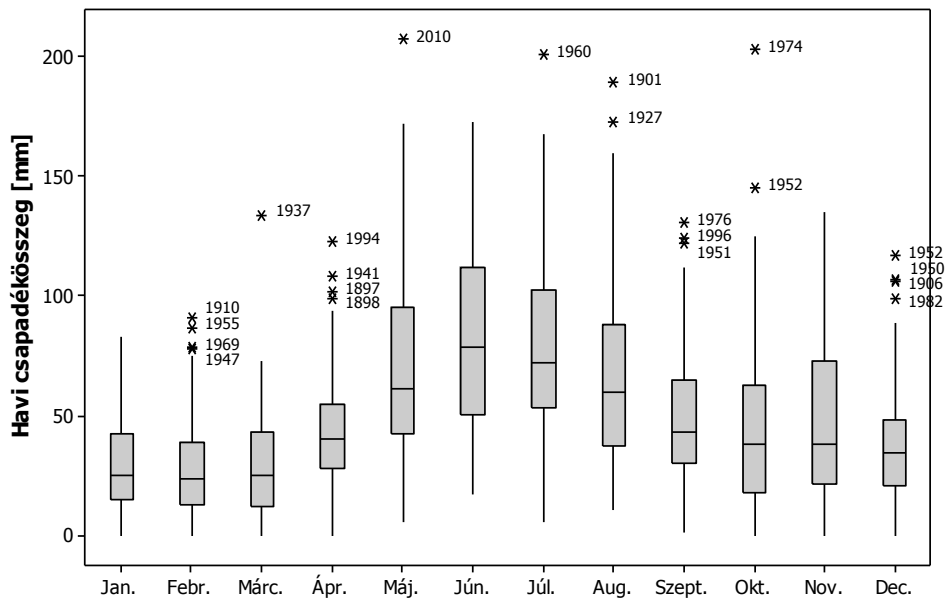
2007.10. – 2010. 03.		
Mérési helyek száma	2007.10-2008.07 Elmozdulás értékei (m)	2008.07-2010.03 Elmozdulás értékei (m)
1	0,9	4,35
2	2,8	5,5
3	3,7	6,5
4	1,5	4
5	0,4	1,8
<i>Átlag</i>	<i>1,86</i>	<i>4,43</i>

8. táblázat: A 2,5 év alatt mért elmozdulás mértéke a 2-es számú ócsánalosi kanyarulatnál

Mindkét ócsánalosi kanyarulat esetében helyenként jelentősebb partelmozdulás volt megfigyelhető. A korábbi évek tapasztalatai azt mutatják, hogy ez a szakasz sokszor kerül víz alá. Ezen mederszakaszt jellemző partfal magassága csak pár méterben mérhető, a meder keskenynek mondható, így a víz könnyedén kilép a medréből. Ugyanakkor a vizsgált időszakokban ezeken a szakaszokon csak egyszer (2008. július) volt elsőfokú árvízvédelmi készültség, de a folyó nem lépett ki a medréből. Így a partelmozdulással kapcsolatosan mért értékek zöme a mérsékelt vízjáráshoz köthető. A gyorsabban kialakuló, gyorsan, pár hét alatt levonuló árhullámok vízjátéka megszagatja a partfalat, miáltal egyes helyeken méteres elmozdulásokat okozhat.

A parterózió tehát egy összetett folyamat, melyet több tényező és az azok között fennálló kölcsönhatás befolyásol. Ezen tényezők közé tartoznak a folyóra jellemző hidrológiai paraméterek, a folyó partfalának és mederének fizikai tulajdonságai (Szabó et. al. 2011; Kozma 2012; Kiss et. al. 2013). Emellett az aktuális vízszint változásai, valamint az egyes árvízi események között eltelt idő is nagymértékben befolyásolhatja a parterózió mértékét. Vizsgálati eredményeim alapján kijelenthető, hogy a Hernád folyóra Luppi et. al. (2009) által tett megállapítás jellemző, miszerint a jelentősebb partmozgások döntően a mérsékeltebb vízmozgások során következnek be szemben a „csúcsárvizekkel” (27. ábra). A „csúcsárvizek” meghatározása minden vízfolyás esetében más és más, valamint azok másfél éves periódusonkénti visszatérése sem biztos, hogy megtörténik. Minden adott évnek megvan a maga „csúcsárvize”, amely az adott év csapadékviszonyaihoz igazodva eltérő magasságú lehet. A magyarországi

Hernád folyó esetében ez minden évben más értéket mutat és a legtöbb esetben nem lépett ki a folyó a medréből. Az általa okozott vízszintváltozások értékei legtöbb esetben a közepes tartományban mozogtak (20-21. ábra).



20. ábra: A kiugró csapadékesemények megjelenése havi lebontásban az elmúlt 124 évben a Hidasnémeti mérőállomáson rögzített adatok alapján (A csillagok a 124 év alatt az adott hónapra vonatkoztatott statisztikailag kiugró értékeket jelölik.)

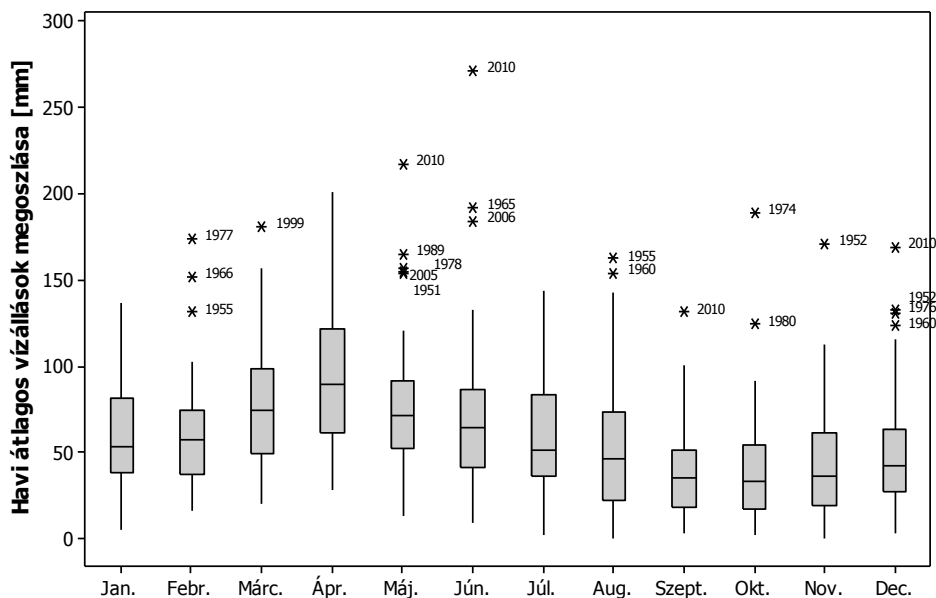
A fenti megállapítást a 20. ábra által megjelenített értékek is jól láthatóvá teszik. Az elmúlt 124 év havi csapadék adataiból kitűnik, hogy a kiugróan magas csapadékeseményekkel nagy valószínűséggel együtt járó „csúcsárvizek” elég rapszódikusan jelennek meg a folyón, ritmusosság nem kimutatható. A boxplot-os ábrázolás az adatokat az alábbi módon rendszerezte: a középső vonal a vizsgálati időszakok medián értékét jelzi, a doboz tetején és alján levő vonalak az első kvartilis ( $Q_1$ ) és harmadik kvartilis ( $Q_3$ ) értékeket mutatják. Az első kvartilis érték azt mutatja meg, hogy a sorbarendezett adatok közül melyik az az érték, amely alatt az összes adat 25%-a található, a felső kvartilis pedig az, amely alatt az összes adat 75%-a van. A kiugró értékeket meghatározhatjuk oly módon, hogy ha a

vizsgált adat nagyobb, mint  $Q3+1,5\cdot(Q3-Q1)$ ; vagy kisebb, mint  $Q1-1,5\cdot(Q3-Q1)$ ). Látható, hogy az extrém évek száma (adott hónapokat tekintve) viszonylag alacsonynak mondható. Az utóbbi évtizedek árvízi időszakai közül csak a 2010-es év májusa jelenik meg, mint extrém érték a 124 év tükrében.

Kiss et. al. (2013) által a Hernád folyó kanyarulataiban végzett mérései szerint a 2010-es árvízi események a parteróziós mérések alapján szélsőséges értékeket produkáltak. 2010-ben a legnagyobb elmozdulási értéket 16,7 m-ben adták meg. Blanka (2010) kutatásai során Alsódobszánál, Gibártnál és Zsujta magasságában vizsgált mintegy 8 kanyarulatot, melyek elmozdulási értékei hasonlóak az általam vizsgálat kanyarulatokban mért elmozdulási értékekhez, tehát átlagosan 2 és 6 méter között mozognak (Szabó et. al. 2011, Kalmár-Kozma 2012, Kiss et. al. 2013). Kiss és Blanka (2010) méréseik során egy kiugró értéket határozott meg. Alsódobszánál mért kanyarulat esetén adtak meg 29 m-es elmozdulási értéket 2,5 év alatt. Az elmozdulás mérési tartománya 2008 márciusától 2010 augusztusáig tartott. A 2010-es évet jellemző, korábban bemutatott extrém időjárási helyzet, mely két egymást követő árhullámot eredményezett, nagyban hozzájárulhatott a fent említett 29 m-es elmozduláshoz. A két egymást követő árvíz hatása jóval nagyobb, mint általában az egyes árvizek hatása, mely az erózió értékeiben is megmutatkozott. A jelenségre Megulesz et. al. (2011) a 2010-es nagy árvízi időszakra vonatkozóan tett megállapítása a magyarázat: „A Hernád folyón 2010-ben kettős árhullám vonult le (május 15-18., valamint május 31-június 4 között), melynek rekordvízállása rögzítésre is került (517 cm Gesztelynél).” Az ország területén egy nap alatt lehullott csapadék több helyen meghaladta a 100 mm-t. Az esővíz gyakorlatilag azonnal a folyókba, patakokba folyt be, rendkívül gyors árhullámot keltve az egyébként is magas vízállású vízfolyásokon. Az első árhullám tetőzése még Gesztelynél tartott, amikor Hidasnémetinél ismét minden korábbi LNV-t meghaladó vízszint következett be.

A többi vizsgált kanyarulatot ugyancsak ezen mérési időtartományban vizsgáltam és azoknál az ehhez hasonló extrém mértékű elmozdulás nem volt ennyire markánsan kimutatható. A nagyobb árhullámokhoz tartozó partelmozdulás nem mutatott kiugró értékeket. Tehát az árvízi események parterózióra kifejtett hatása általában nem számottevőbb a kis- és középvízi időszakok okozta eróziós tevékenységhez képest. Ugyanakkor az árvízi eseményeknek a nagyobb léptékben mérhető elmozdulásokra, mint a kanyarulatok lefűződése, a meder futásvonalának hirtelen megváltoztatása, jelentős befolyásoló hatása van.



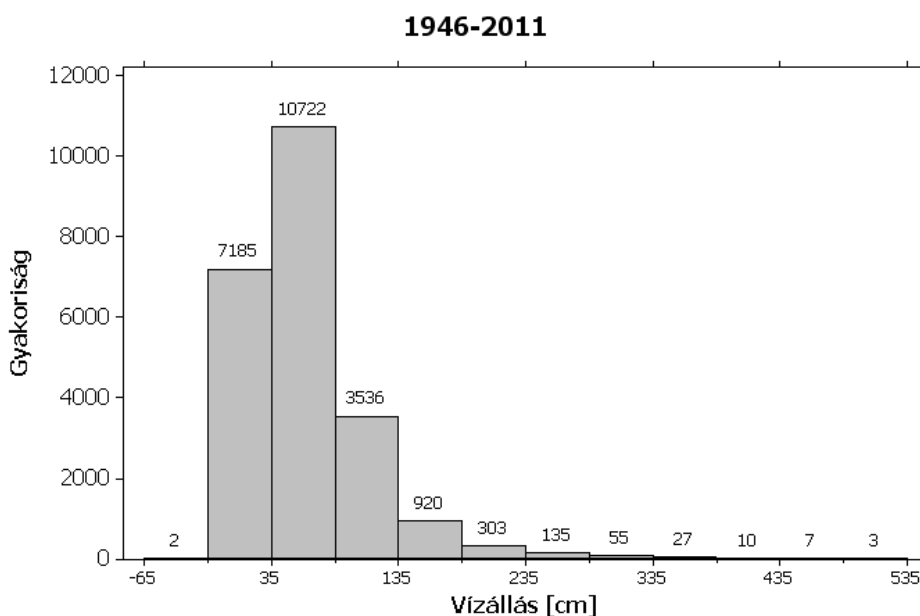


21. ábra: A kiugró vízállási értékekkel jellemezhető időszakok megjelenése havi bontásban 1946 és 2011 között Gesztelynél  
(A csillagok a 65 év alatt az adott hónapra vonatkoztatott statisztikailag kiugró értékeket jelölik.)

A fenti megállapítás igazolására további statisztikai elemzést végeztem el, mely során az elmúlt 65 év napi vízállásadatai kerültek feldolgozásra havi lebontásban (21. ábra). Tehát a vizsgált 65 év során az összes januárban, februárban, stb. előforduló napi vízállásértékeket vettem össze. A középértéket minden hónapban az ábrán, a „dobozokban” látható rövid vízszintes vonal jelzi. Az ábrán csillaggal jelölt értékek a kiugróan magas vízállásokat jelölik. Az kiugró értékek mértéke a vizsgált időszakon belül nem mondható magasnak. Mindösszesen 14 alkalommal fordult elő. Ha időrendbe állítjuk az extrém éveket, a szlovákiai duzzasztók megnyitását megelőzően 10 évenként 3 alkalommal volt megfigyelhető az extrém vízállási értékek megjelenése (1951, 1952 és 1955; 1960, 1965 és 1966; 1974, 1977 és 1978). A duzzasztók üzembe helyezését követően ez a szám lényegesen lecsökkent (1980 és 1999). Az utóbbi évek vízjárásai szélsőségei azonban ezen az ábrán is megjelennek. Míg általában egy adott évben az „extremitás” egy adott hónapra jellemző értéként jelenik meg, addig a

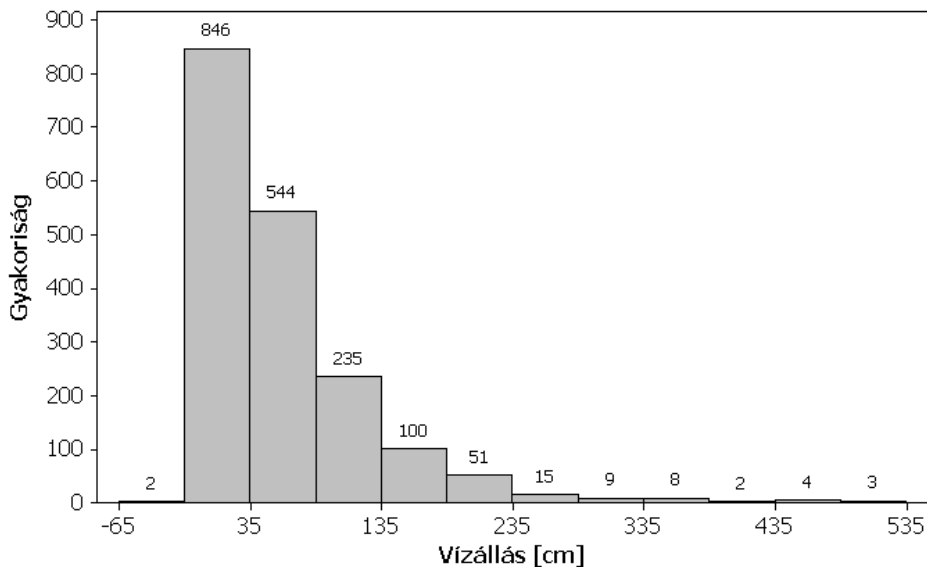
kiugróan magas árvízével jellemzett 2010-es év május, június, szeptember és december hónapokban is jelentős értéket mutat.

Megvizsgálva a vízállás értékeit, az elmúlt 65 évben feltűnő a kisebb vízállási értékek gyakoriságának növekedése a folyón (22-23. ábra). Az értékek besorolása 50 centiméterenként történt meg, mivel mérési eredményeim azt mutatják, hogy már egy ilyen kismértékű vízállásváltozás is egyes esetekben méterekben mérhető partelmozdulást okozott (pl. 2007 októbere és novembere közötti mérések – 6. táblázat, 24. ábra). A hisztogramos ábrák esetében feltűnő, hogy az uralkodó vízállási értékek a 0 és a 135 cm között mozognak. Sőt, a mérési időszak alatt különösen erős a kisebb értékek felé való eltolódás.



22. ábra: A Gesztelynél mért vízállás értékeinek megoszlása 1946 és 2011 között (az oszlopok számai az előfordulás számát tünteti fel az adott tartományon belül a vizsgált időszakban)

## 2007-2011

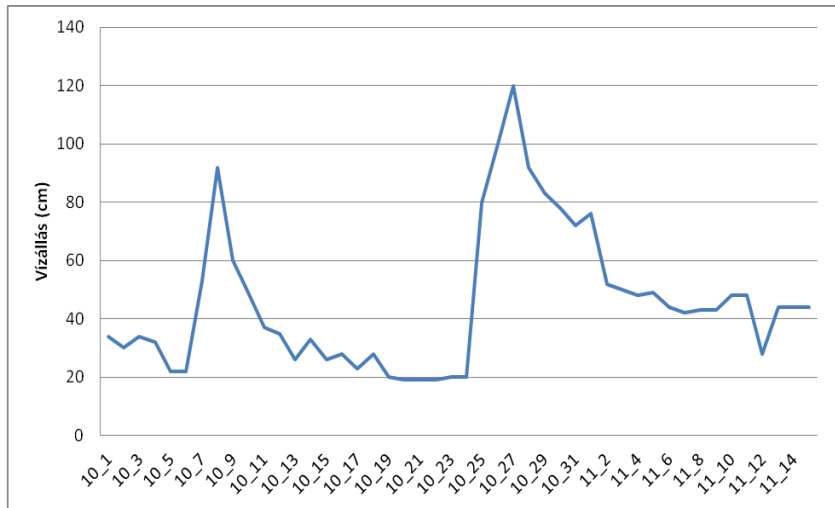


23. ábra: A Gesztelynél mért vízállás értékeinek megoszlása a mérési időszak alatt (az oszlopok számai az előfordulás számát tünteti fel az adott tartományon belül a vizsgált időszakban)

Jelentőségét abban látom, hogy az egyes árhullámok, melyek akár kisebb tetőzési szintűek is lehetnek, hosszú távon összességében sokkal nagyobb eróziós tevékenységet fejthetnek ki a folyó partfalára. A későbbiekben bemutatott térségre vonatkozó csapadékelemzések eredményeivel összevetve (lásd 6.4 fejezet), ha az említett kisebb árhullámok egy szárazabb, aszályosabb időszakban érkeznek a partfal alá és fejtik ki hatásukat, nagyobb pusztítást eredményezhetnek, mint a már korábban is tárgyalt esetben (ld. Crowder és Knapp 2005, Blanka és Kiss 2011), egy nedvesebb, magasabb vízállási értékekkel jellemezhető időszakban (24-26. ábra).

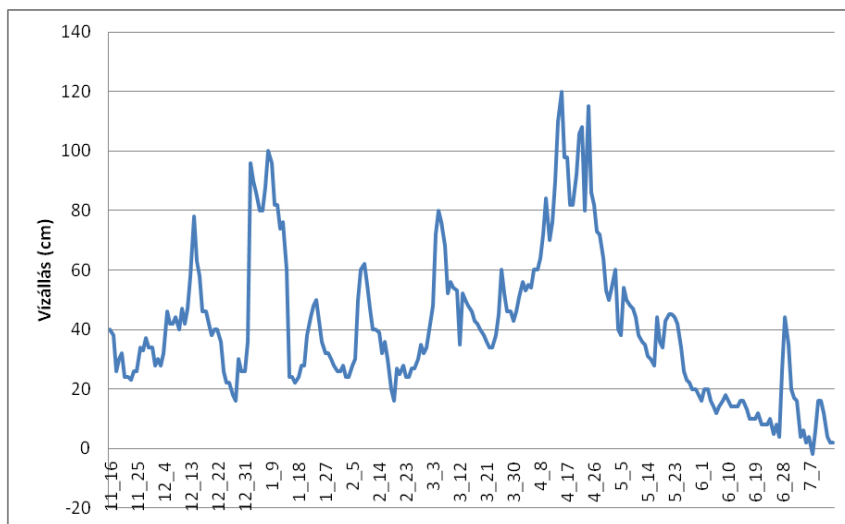
A kanyarulatokat a fentiek tükrében vizsgálva három mérési időszakot különítettem el. Az elkülönítés alapjául az egyes mérési időszakok szolgálnak.

- az első mérési időszakban (sóstófalvai kanyarulaton mérve) (24. ábra) a rövid idejű változások lehetőségét vizsgáltam. A folyón akkor két kisebb árhullám vonult le, melyek kb. 50 és 100 cm-es vízszíntingadozással jártak. Míg a balparti szakaszon ez a kisebb vízszíntingadozás nem okozott változást, addig az intenzíven fejlődő jobbparti sáv esetében 0,1 és 2,5 méter közötti elmozdulási értékeket mértem.



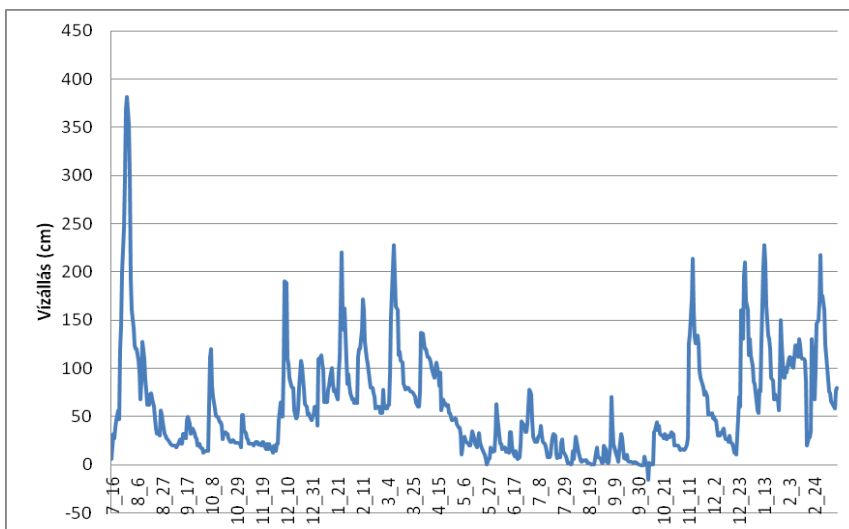
24. ábra: A vízállás alakulása az első mérési időszakban, 2007. október 1. és november 15 között

- A második mérési időszak (a sóstófalvai mellett már az ócsanálói 1-es kanyarlati szakaszon is mérve) valamivel hosszabb időszakot ölel fel (25. ábra). A vizsgálati idő alatt ugyan több árhullám jelent meg a folyón, mégis tendenciájában hasonlóan alakult a vízállás az előző mérési időszakhoz képest. Míg a balparti szakaszon az ezen hosszabb időszak alatt tapasztalt vízjárás már főként 1 és 3 m közötti elmozdulást okozott Sóstófalva esetében, addig az intenzíven fejlődő jobbparti sáv esetében ezek az értékek 0,1 és 5,3 méter között mozogtak. Az ócsanálói kanyarulatnál is hasonlóak az értékek. A balparton 2-3 méter volt mérhető egy kivétellel, míg a jobbparti sávban is 1-3 méteres elmozdulást tapasztaltam (ugyancsak egy kivétellel).



25. ábra: A vízállás alakulása a második mérési időszakban, 2007. november 15. és 2008. július 15. között

- A harmadik vizsgálati időszak (a sóstófalvai mellett már az ócsanálási 2-es kanyarulati szakaszon is mérve) (26. ábra) a leghosszabb, mintegy másfél éves időintervallumot ölel át. A rögzített vízállási adatok alapján több magasabb vízállási értékekkel tetőző árhullám vonult le a folyón, tartósan alacsony vízállás csak egy kb. fél éves időszakban volt jellemző. Az ismétlődő magas vízállások ellenére az első fokú árvízvédelmi kategóriát (250 cm feletti értékek) csak egyszer lépte át a folyó, 2008 júliusában. A partelmozdulás mért értékei az alábbiak szerint alakultak: a balparti szakaszon az ebben az időszakban tapasztalt vízjárás – hasonlóan az előző vizsgálati időszakokhoz 0,2 és 5 m közötti elmozdulást eredményezett, míg az intenzíven fejlődő jobbparti sávban ezek az értékek - ugyancsak hasonlóan az előző mérési időszakokhoz - 0,4 és 6,4 méter között mozogtak. Az ócsanálási 2-es kanyarulati ív elmozdulási értékei is magasak voltak (4-5 méter).



26. ábra: A vízállás alakulása a harmadik mérési időszakban, 2008. július 15. és 2010. március 15. között

A vizsgálati eredmények alapján elmondható, hogy a kanyarulat fejlődése egy szabályos ritmusban történik, a folyamatot a folyón tapasztalható gyakori vízjárásingadozás irányítja. A harmadik időszakban a nagyobb árhullámok láthatóan sűrűbben követik egymást, azonban nem jelenthető ki egyértelműen, hogy jelentősebb változást okoztak volna, hiszen az

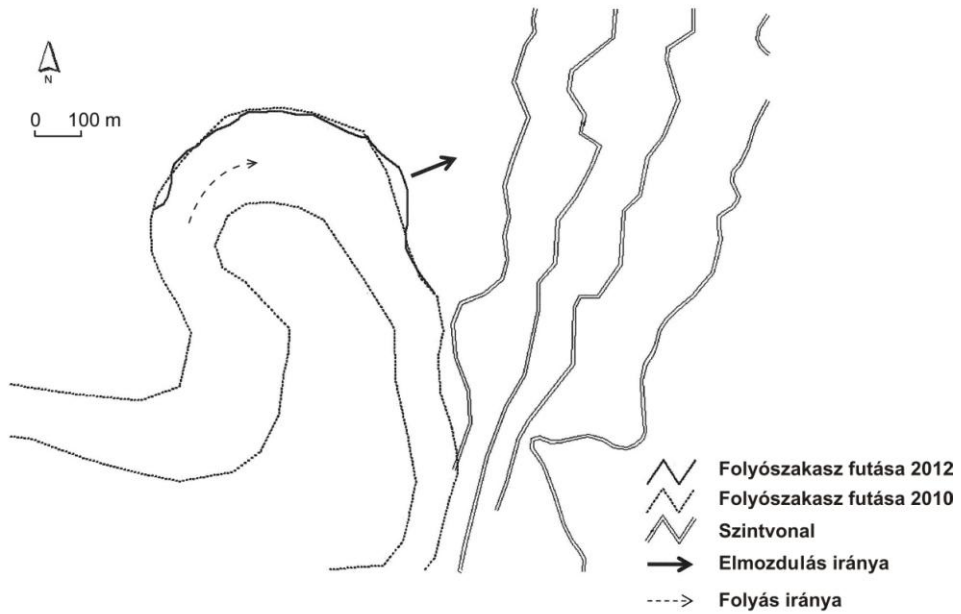
értékekben bekövetkező változás betudható a hosszabb vizsgálati időszaknak is.

A fenti megállapításra enged következtetni a korábban már említett Blanka (2010, 2011) és Kiss et. al. (2013) mérési eredményei is, ahol 8 kanyarulatban vizsgálták a part elmozdulásának értékeit. Az említett kutatók a vizsgálati időszakukat 3 csoportra osztották a mérési időszakok alapján. Az általuk mért adatokat kielemelve különbség van az első és a harmadik vizsgálati időszakok között a vízállási értékek alakulásában. Az első vizsgálati időszakban (2008. 03. - 2008. 08.) egy mederkitöltő szintet meghaladó árhullámot rögzítettek a Hernádon (Blanka a vizsgálati időszakában a Hidasnémetin rögzített vízállásadatokat dolgozta fel). Az árhullám a vizsgált kanyarulatokban méteres elmozdulásokat okozott. Azonban ugyanezen a mérési helyeken a harmadik vizsgálati időszakban (2009. 08. - 2010. 08.) 3 alkalommal rögzítettek mederkitöltő vízszintet meghaladó árhullámot, azonban a mért elmozdulási értékek – egy-két kivételtől eltekintve - megközelítőleg ugyanakkorák voltak, mint az első vizsgálati időszakban sőt, helyenként még kisebb elmozdulási értékeket is rögzítettek az első időszakhoz képest.

Az adott időszak vízjárását vizsgálva alapvető különbség a két időszak között az, hogy míg az első időszak mederkitöltő szintet meghaladó árhulláma egy aszályosnak mondható, kisvízállásos időszakot követően vonult le hirtelen a folyón (0 és -100 cm közötti vízállási értékek 4 hónapon keresztül, később az árhullám majd 450 cm-el tetőzött), addig a harmadik vizsgálati időszak valamivel magasabb vízszintet mutatott (-50 és 100 cm között). A harmadik időszak magasabb vízállására érkező 3 mederkitöltő vízszintet meghaladó árhullám a partfal anyagában nem tudott akkora kárt tenni, mint az aszályosabb időszakban. Természetesen egyes esetekben történhet kiugróan magas elmozdulás. Az eredmények alátámasztják azt a megállapítást, miszerint:

- az aszályosabb időszakot követően levonuló árhullámok hatása jóval nagyobb a part eróziójára, mint amit a már magasabb vízszintre érkező árhullámok okozhatnak, valamint
- a medréről kilépő folyó elsősorban az ártéri területek formálásában jelentős. A 2010. májusi árvízi időszakot követően a sóstófalvai kanyarulat esetén sem tapasztaltam jelentősebb változást. Az elmozdulás csak egy kis szakaszt érintett, ahogy az a 27. ábrán (8. kép) látszik.  
(A 27. ábrán látható kanyarulati ív felmérése a 2012. decemberi modellrepülő mérés során történt meg. A

megelőző időjárási viszonyok következtében a kanyarulat viszonylag stabilnak mondható, természetes növényzettel borított szakasza (bal parti szakasz) került csak felmérésre. A két év alatt bekövetkezett változás a várt mértéknél jóval kisebb.)



27. ábra: A sóstófalvai összetett kanyarulat másodlagos, kis kanyarulatának változása 2010 márciusa és 2012 decembere között.





8. kép: A sóstófalvai kanyarulat 2014-ben mutatott képe.

([www.google.hu/maps/@48.1673908,20.975106,1074m/data=!3m1!1e3?hl=hu](http://www.google.hu/maps/@48.1673908,20.975106,1074m/data=!3m1!1e3?hl=hu))  
(A kép jobb alsó sarkában látszik a kisebbik, másodlagos kanyarulat, mely a korábbi felmérésekhez képest nem mutat jelentős eltérést. A kanyarulat egy szabályos kerek formát vett fel, mely a 2012-es állapotot ábrázoló térképről is jól látszik. Azonban a korábbi évekhez képest láthatóan jelentős a bal parti részhez közeli szántó terület növekedése, mely ennek a partszakasznak a korábbi évekhez képest gyorsabb pusztulását eredményezheti.)

### 6.1.2 Összegzés a partelmozdulás mértékének vizsgálatáról

A fent bemutatott eredmények és következtetések alapján elmondható, hogy

- az elvégzett vizsgálatok és elemzések azt mutatják, hogy a folyón végbemenő mozgások inkább a mérsékelt árullámokhoz, a kisebb értékeket mutató és többszöri vízszintváltozásokhoz köthetőek. Hiszen minél ingadozóbb a folyó vízjárása, annál gyorsabban és könnyebben tudja a mederbe jutó hordalékot elszállítani, így a

partpusztulás folyamata ritmusosan, rövid időközönként folyamatosan ismétlődik;

- a vizsgált 124 év csapadékeseményeiben, illetve a 65 év vízállási adatainak elemzésében is látható, hogy a kiugró értékek rapszodikusán jelennek meg, azok ritmusossága nem mutatható ki,
  - a vizsgált területhez kapcsolódó vízállási adatok elemzése során szembetűnő a kisebb vízállási értékek felé való jelentős mértékű eltolódás, ugyanakkor megjelentek a korábban nem tapasztalható, „csúcsárvizeket” mutató extrém értékek is.
- A „csúcsárvizek” inkább a nagyobb léptékben mérhető mozgásokért felelősek, így a kanyarulatok lefűződésében, a mederáthelyeződésekben van jelentős szerepük. Például Mike (1991) egy 1955-ben történt átszakadásról ír Hidasnémeti alatt. Ez az időszak megjelenik mind a vízállás, mind a csapadék elemzését bemutató grafikonokon (20. és 21. ábra). A 2004-2006-ig tapasztalható egymást követő nagycsapadékú évek, melyek magas, olykor a medret is elhagyó árhullámokkal, árvizekkel jártak a Hernád folyón, előkészítették az alsódobszai kanyarulat lefűződését, mely a 2006-os évben meg is történt.
  - A korábbi mérési eredmények és a mintaterületemen végzett kutatási eredmények hasonló mértékű partelmozdulásra utalnak, azaz átlagosan 2-6 méter közöttiek. Azonban előfordulnak kiugró értékek, melyek extrém időjárási eseményhez köthetőek. Ezek az értékek a partpusztulásra vonatkozó átlag értékeket torzíthatják. A Blanka (2010) által mért kiugró érték egy kanyarulat (Alsódobsza – 29 m) esetében volt megfigyelhető, ott azonban a mérési időszakban egymást erősítő kettős árhullám hatása érvényesült. Az általam és Blanka által kapott átlagos partelmozdulási értékek inkább közelebb állnak Corenblit et. al. (2007) azon megállapításához, miszerint a „csúcsárvizek” meglehetősen ritkán fordulnak elő és bizonyos szempontból meglehetősen „pusztítóak”, addig a normál vagy kismértékű és nagy gyakoriságú árhullámok hosszú távon hozzájárulnak pusztító és egyben építő munkájukkal a rendszer stabilitásához.

Az árvizek parterózióra kifejtett hatásaira vonatkozóan, hogy az döntő-e avagy sem a kis- és középvízi időszakok parteróziós tevékenységeivel szemben, messzemenő következtetéseket nehéz levonni. Az

idézett mérések egyszeri alkalomra (2010) vonatkoznak. Az árvízi események parterózióra kifejtett hatását illetően iránymutatásokat adhat, de ahhoz, hogy határozott kijelentéseket tegyünk, arra vonatkozóan több ilyen időszak mérési eredményeinek az összevetésére lenne szükség.

## 6.2 A pusztuló partok fejlődési modellje

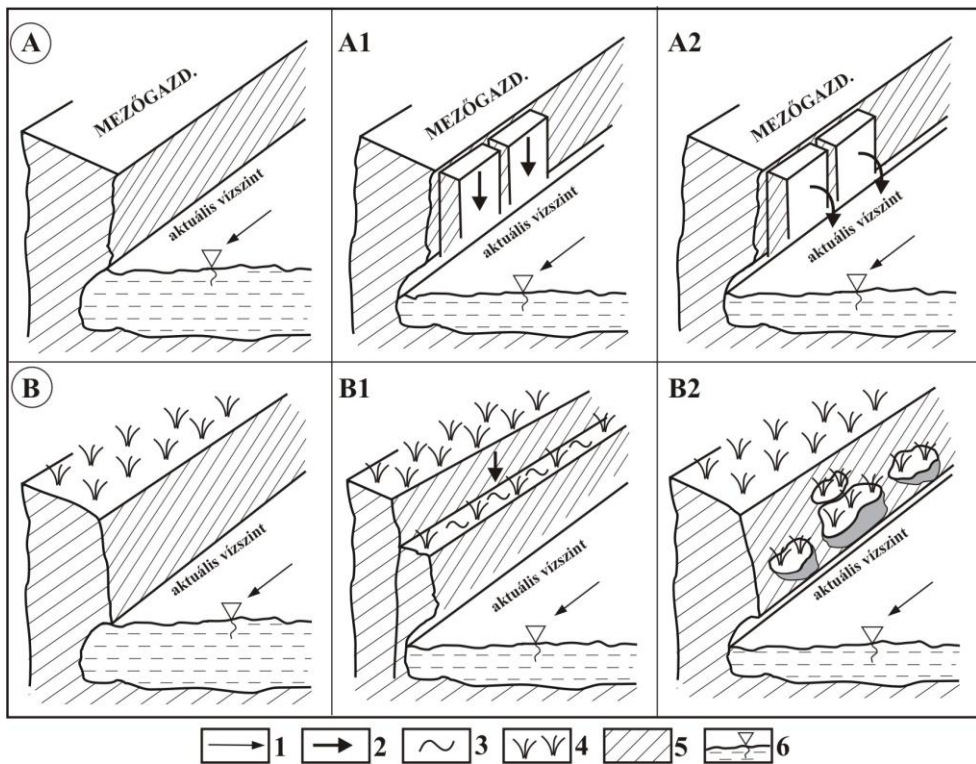
A növényzet parterózióban betöltött szerepe ugyancsak a folyóvízi formafejlődés egyik kutatási iránya. A növényzetre vonatkozó számos tényező, úgymint annak típusa, kora, térbeli elhelyezkedése, stb. befolyással van a part eróziójára (Hickin 1984, Simon-Collison 2002). A sűrű növényzet és azok gyökerei többszörösére növelhetik a talaj stabilitását. A korábban Hernádon végzett megfigyelések is azt mutatták, hogy az eltérő növényborítottságú területeken más-más partpusztulási értékek tapasztalhatóak (Szabó-Kozma-Lóki 2011; Kozma-Puskás 2012; Kalmár-Kozma 2012). Kiss et. al. (2013) is úgy találta, hogy a növényzet hatással van a partok stabilitására és ellenálló képességére.

A vizsgált területeken a parterózió méréseit összekötöttem a vegetációra irányuló megfigyelésekkel. Ezen vizsgálatok során eltérést tapasztaltam a meredekebben álló (5-10 m körüli, elsősorban mezőgazdasági növényzettel borított) partfalak pusztulása, illetve a kisebb magassággal (2-3 m körüli) rendelkező partfalak pusztulása között, melyek zömében természetes növényzettel borítottak.

A 28. ábra mutatja be e két eltérő magasságú partszakaszokhoz kapcsolódó, de igen hangsúlyosan jelen lévő eróziós folyamatot. Az „A” típus az intenzíven, hirtelen leszakadó és folyóba hulló tömbökkel pusztuló, függőleges fallal jellemezhető keskeny sávokat mutatja be (9-11. kép, 1-3. kép melléklet). Ennél a pusztulási folyamatnál elsősorban a kis mélységekben, de gyakran bekövetkező omlások és dölések játszanak szerepet. A függőleges partfal alámosása és anyagelszállítása folyamatos, nincs lehetőség a növényzet megtelepedésére, így ezek a legintenzívebben pusztuló partszakaszok. Az intenzitást tovább erősíti, hogy gyakran ezen partszakaszok mentén szinte a partélig kinyúló mezőgazdasági parcellák húzódnak. Ez a tevékenység nem teszi lehetővé a part menti stabil növényzet kialakulását.

A „B” típus a nagyságrendekkel lassabban pusztuló, kiterjedtebb szakadóparti sávok pusztulási folyamatát mutatja be (12-13. kép, 4-5. kép melléklet). A korábban bemutatott mérőkarós mérések alapján a part pusztulásának mértéke ezen a szakaszon átlagosan 0,5 m/éves elmozdulásban

mérhető, míg a szemközti, intenzíven pusztuló partrészekon kétszer-háromszor nagyobb értékeket mértem. Az ilyen típusú parti sávok viszonylag kis magassággal rendelkeznek (2-4 m), a part pusztulása a repedések által előre jelzett helyeken, nagyobb egybefüggő tömbök leválásával indul meg (14-16. kép). Ezen tömbök hosszúsága és szélessége is méterekben mérhető. A leszakadt tömb egy ideig stabil egységként még ellenáll a folyó elmosó tevékenységének, majd újabb repedések során darabolódik tovább. A folyó ezeket a szakaszokat lassabban mossa el, így a partfal is tovább megőrizheti stabilitását. A stabilitáshoz hozzájárul az a tény is, hogy az ilyen módon pusztuló partszakaszok esetében szinte kivétel nélkül a „természetes” (gyep) növényborítottság volt jellemző.



28. ábra: A vizsgált területen tapasztalt két legfontosabb partpusztulási folyamat  
 1- folyás iránya, 2- mozgás iránya, 3-repedések, 4-természetes növényzet, 5-partfal  
 és mederanyag, 6-víz



*9. kép: „A” típusú fejlődési forma - függőleges partfal omlásos pusztulása Ócsanál (saját felvétel)*



*10. kép: „A” típusú fejlődési forma - függőleges partfal omlásos pusztulása Alsódobszánál (saját felvétel)*





*11. kép: „A” típusú fejlődési forma – repedés által előre jelzett oszlopos elválás a függőleges partfalon Sóstófalvánál (saját felvétel)*



*12. kép: „B” típusú pusztulási forma – lépcsős leszakadás a sóstófalvai kanyarulat egy szakaszán (saját felvétel)*



*13. kép: „B” típusú pusztulási forma – a tömbös, majd feldarabolódó pusztulási folyamat példája az sóstófalvai kanyarulat bal partjának alsó végéről (saját felvétel)*



14. kép



15-16. kép

*14-16. kép: Repedések által előre jelzett leválás a sóstófalvai kanyarulatban (saját felvétel)*

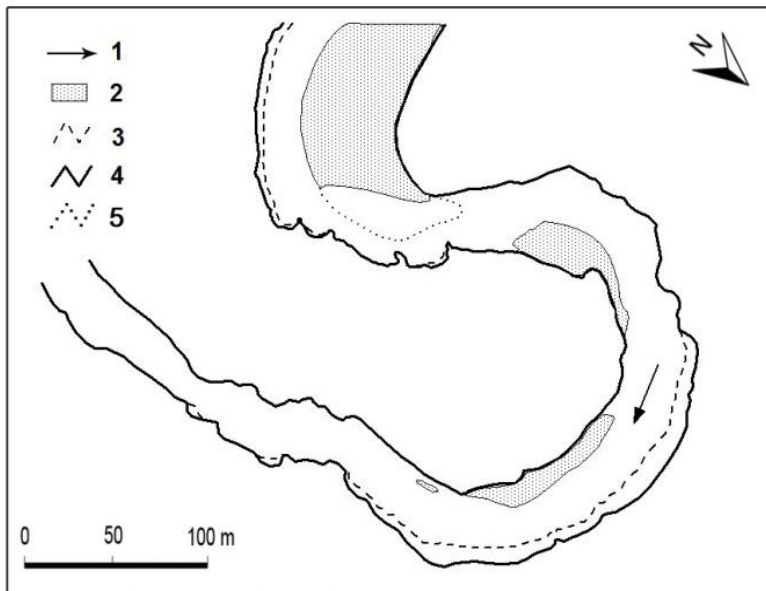
A fentebb bemutatott partfejlődési modell formakincsének bemutatását, feltérképezését a hagyományos terepi vizsgálatokon túl a korábban leírt új, légifényképezésen alapuló módszer nagyban megkönnyíti. Az új módszer segítségével a kisebb formáktól elkezdve egészen a nagyobb területek elemzéséig bármilyen területi kiterjedéssel dolgozhatunk.



Néhány területelemzés készült a fent (*lásd 5.3 fejezet*) bemutatott módszer segítségével. A 29. és 30. *ábrák* a korábban mérőkarókkal vizsgált összetett kanyarulat egy részletét ábrázolják, melyeken a folyó által végzett építő és romboló munka helyzetét és méreteit szemléltettem. A szakadópartok jelölésénél például jól szemléltethető a különbség az eltérő intenzitással pusztuló partszakaszok között. A jobb parton jellemzőek az intenzíven, hirtelen leszakadó és folyóba hulló tömbökkel pusztuló, függőleges fallal jellemezhető keskeny sávok („A” pusztulási forma, 16. *ábra* 23-13-as pontok által jelzett mérőkarókkal mért terület). A balparti szakaszon viszont a jóval lassabban pusztuló, kiterjedtebb szakadóparti sávok jelennek meg („B” pusztulási forma, 16. *ábra* 4-21-es pontok által jelzett mérőkarókkal mért terület).

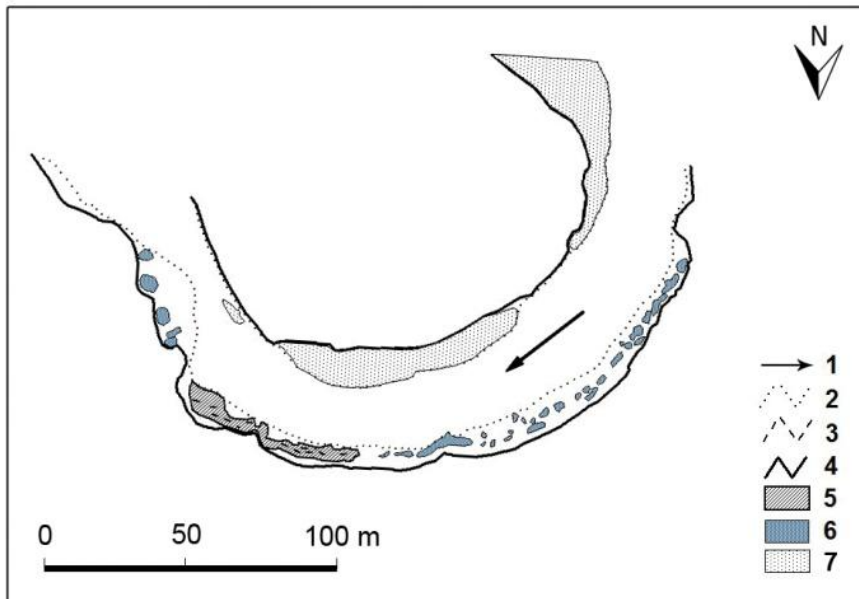
A módszer alkalmazásának egyik eredménye, hogy pontosabban lehet ábrázolni a partváltozások menetét. Egy bizonyos időközönként elvégzett berepülés eredményeként a változások kisebb méretei is nyomon követhetővé válnak. A 29. *ábra* a szakadó és épülő partok helyzetét, míg a következő, 30. *ábra* a bal part egy szakaszán a szakadópart pusztulásának folyamatát („B” pusztulási típus) mutatja be. Jól látszik a viszonylag frissen leszakadt, összefüggő tömbök helyzete, melyeken jelöltem azokat a repedéseket, melyek mentén a későbbiekben a további feldarabolódás várható. Ugyancsak jól kivehetőek a korábbi pusztulási folyamat során leszakadt, már feldarabolódott tömbök. A repülőgépes fotózás segítségével ezen tömbök pusztulásának ütemét is nyomon követhetjük a viszonylag sűrűbben készített fotók összevetésével.

Az elemzések során azonban számos más morfológiai jellemzőt is érdemes megvizsgálni, mint az épülő formákat (pl. homokpadok, zátonyok méretei, helyzete), a csuszamlásos partoldalakat, melyek megközelítése egyébként nehézségekbe ütközhet.



29. ábra: A vizsgált folyószakasz építő és romboló munkájának szemléltető rajza (a rajz felett az eredeti légifelvétellel, mely 2012. 12.03-án készült Sóstófalvánál) (Kalmár-Kozma 2012)

1-folyás iránya, 2-épülő kavicspad, 3-szakadópart alsó határa, 4-partél, 5-a kavicspad víz alatti része



30. ábra: Feldarabolódással járó tömbös partpusztulás („B” típus) a vizsgált folyószakaszon (a rajz felett az eredeti légifelvétel, mely 2012. 12.03-án készült Sóstófalvánál) (Kalmár-Kozma 2012)

1-áramlás iránya, 2-aktuális vízszint, 3-repedés, 4-partvonal, 5- leszakadt összefüggő blokk, 6-korábban leszakadt és feldarabolódott blokkok, 7-épülő forma

### 6.3 A partpusztulás mértéke és a partmenti sávok tájhasználatának összefüggései

A katonai felméréseket és a feljegyzéseket áttekintve mintegy 220 éve a Hernád völgyében összefüggő erdőségek voltak. Ezek jórészt ártéri puhafa ligeterdők (fűz-nyár) és az elöntésektől mentesebb területeken keményfa ligeterdők (tölgy-kőris-szil), égeresek lehettek (Farkas 2005). Napjainkra ezek a társulások szinte teljesen eltűntek, apró foltokra szorultak vissza. Helyüket szántóföldek, ültetett nemesnyárasok, helyenként gyümölcsösök foglalták el.

A fent említett változások közül talán a szántóterületek növekvő kiterjedése a legszembetűnőbb. Amíg mintegy 150-200 éve a folyó mentén szinte nem volt megtalálható ez a tájhasználati forma, addig napjainkra túlsúlyba került. Ez a jelenség az intenzitási fokától függően a folyón zajló természeti folyamatokra helyenként hatással lehet, annak ritmusát, kialakuló formakincsét befolyásolhatja.

A vizsgálati terület és környezetének tájhasználatára az utóbbi évtizedekben erősen átalakult. A korábban egész évben mocsaras, nedves területek eltűnésében komoly szerepet játszott a térség vízrendezése (lásd 3.2 fejezetben részletesebben tárgyalva). A Hernád folyót néhány helyen töltésekkel szabályozták, a folyón vízügyi létesítményeket helyeztek el, ugyanakkor a környező nedves, mocsaras élőhelyeket is megszüntették a kisebb mellékvízfolyások szabályozása által. Ilyen volt például a Bársonyos-csatorna kialakítása vagy épp a Kis-Hernád futásának megváltoztatása, vizének elvezetése (Trummer 1933). A területet érintő szabályozási beavatkozások az 1800-as évek végére, 1900-as évek elejére jórészt befejeződtek, melynek eredményeként megszűnt a táj eredeti, mocsarakkal, nedves gyepekkel tarkított képe.

A 19. század elején a szántóföldi növénytermesztés még csak a Hernád völgyének magasabb térszínein volt jellemző. A folyóhoz közeli területek a gyakori elöntések következtében mocsaras, vizenyős területek voltak (Dobány 2006). Inkább a halászat és a vízimalmok jelenléte dominált ebben az időszakban a folyón. A Hernádon 18, a Bársonyoson pedig 13 vízimalom működött. Később a völgytalpi gyepterületeket elkezdték feltörni szántóföldi művelés céljából. 1895-re a felszín közel 70%-a ebbe a művelési ágba tartozott (Dobány 2006). Azonban a szántóföld térhódítása a folyószabályozás nélkül zajlott. Farkas (2005) szerint a szocializmus évei alatt további jelentős gyepterületeket törtek fel. Az akkori száraz periódusban azok művelhetőek voltak, de a későbbi nedvesebb években, mint pl. 1999 vagy 2004-2006, egyes területek víz alá kerültek a folyó elöntése vagy a

belvíz által. Ennek következtében a területen termelt, elsősorban gabonanövények elpusztultak, jelentős kárt okozva ezzel a gazdáknak. Napjainkban a szántóterületek gyakori elöntése következtében megfigyelhető egy lassú folyamat, mely ezen területek parlagon hagyására irányul.

A másik lassú változás a magasparti területek tájhasználatában figyelhető meg. Már a 19. század közepéről fennmaradt térképek és leírások szólnak arról, hogy a Hernád-völgy magaspartján jelentkező csuszamlások az itt található szőlőskerteket, gyümölcsösöket és egyes településeket súlyosan károsítottak. A 18. században Felsődobsza, a 19. században Hoporty (mai Sóstófalva) és Csanálos (mai Újcsanálos) kényszerült helyváltoztatásra (*Frisnyák 2007*). Napjainkra a művelt területek nagyságának csökkenése az intenzíven pusztuló partszakaszokon évente helyenként méterekben mérhető (lásd sóstófalvai túlfejllett kanyarulat jobb partja). Egy bizonyos idő után nem lesz érdemes művelnie a területet tulajdonosának. A magaspart esetében pedig azon részek, ahol a hétvégi házak sorakoznak, ugyancsak változnak. Itt a terület csuszamlásos mozgása okoz problémát. Sok helyen a házak már életveszélyessé, lakhatatlanná váltak (*Szabó 1999*).

A több éven keresztül vizsgált sóstófalvai és ócsanálosi kanyarulatok esetében láthatóvá vált, hogy a szabadfejlődésű lapos partokon a parti vegetáció, ill. az ott jellemző földhasznosítás szerepe is sok esetben meghatározó lehet. A természetes növényzet gyökérzete sokkal jobban összetartja a part anyagát, és az alámosás során a part stabilitása hosszabb ideig kitart, ritkábban, de nagyobb (szélesebb) szeletekben következik be az omlás. A szántóterületek növényzete viszont kevésbé védi a part peremközeli részét, az omlások ezért ott sűrűbben ismétlődnek, de viszonylag kisebb tömegeket mozgatnak. Azokat a folyó gyorsan elszállítja, ezért a perem a hátrálás során végig falszerűen meredek marad. Ez a folyamat intenzívebb pusztulást eredményez, valamint a szántóterületek gyorsabb eróziójával jár. Az 1980-as években elkészült EOV 10000-es méretarányú térképen látható mederfutást összehasonlítottam a vizsgálati területeken (Ócsanálos 1-es és 2-es számú, valamint a sóstófalvai kanyarulatok) felmért, majd megrajzolt partvonallal. A szakadóparti területeken a területvesztés meghatározását az ArcView program - területmérés (Measure) funkciójának segítségével végeztem el. A part pusztulásának mértékét számokban a *9. táblázat* mutatja be:

Név	Vizsgált kanyarulat hossza (m)				Területvesztés mértéke (ha)	
	1980		2010		jobb part	bal part
	jobb part	bal part	jobb part	bal part	jobb part	bal part
<b>Ócs2</b>	236	nincs adat	297,6	nincs adat	-1,29	nincs adat
<b>Ócs1</b>	731,2	247,4 <sup>*1</sup>	757,04	277,3 <sup>*1</sup>	-1,04	-0,92 <sup>*1</sup>
<b>Sóstóf.</b>	1 111,4	276,4 <sup>*2</sup>	1 293,5	293,3 <sup>*2</sup>	-3,42	-0,32 <sup>*2</sup>
		386 <sup>*3</sup>		439,8 <sup>*3</sup>		-0,75 <sup>*3</sup>

9. táblázat: Az intenzíven pusztuló partszakaszok hosszváltozásai és területvesztései számokban 1980 és 2010 között

(Megjegyzés: <sup>\*1</sup> - az ócsánalosi 1-es kanyarulat felső, erősen pusztuló szakaszán; <sup>\*2</sup> - a sóstófalvai kanyarulat felső pusztuló szakaszán; <sup>\*3</sup> - sóstófalvai kanyarulat alsó pusztuló szakaszán)

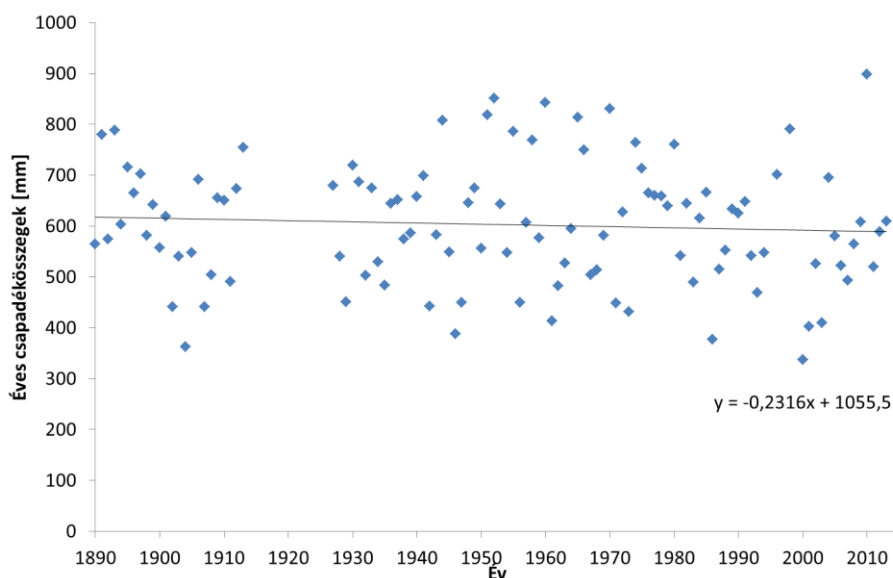
A változás mértékében látható, hogy azokon a helyeken, ahol a gyepes, fás növényborítottság a jellemző, a pusztulás mértéke kisebb, mint azokon a területeken, ahol az intenzív mezőgazdaság jelen van. A folyó által elhordott anyag nagy mennyiségének következtében a kanyarulatok külső oldalán jelentős mértékű a területvesztés. A sóstófalvai kanyarulat alsó, rendkívül intenzíven pusztuló külső partéle mentén összesen mintegy 1,6 ha területvesztéssel kell számolnunk. A szemközti oldalon, mivel ott a kanyarulat belső oldaláról van szó, a tényleges nyereség nehezebben pontosítható. Tehát a pusztuló partélen mért negatívum csak lassan jelenik meg „nyereségként” az épülő partszakaszon. A mérések azt mutatják, hogy az elmúlt 30 év alatt mindösszesen csak 0,7 ha területet adott vissza a folyó. A mederalakulás jellemzőit a társadalom tehát önkéntelenül is befolyásolja és esetenként a saját partvédő törekvéseinek hatásosságát is csökkenti.

A jövőben a szántóterületek további csökkenésére lehet számítani. A korábbi évtizedek a kevesebb lehullott csapadékmennyiség következtében szárazzabbá váltak, miáltal az alacsonyan fekvő, ártéri területek könnyebben művelhetőek voltak. Részben ez is hozzájárult ahhoz, hogy a rendszerváltás utáni megváltozott gazdasági helyzethez alkalmazkodva mind több szántót alakítsanak ki. Azonban az utóbbi évtized hirtelen bekövetkező, nagy esőzései, nyomukban a folyón és mellékvizein levonuló árhullámok jelentősen megváltoztatják a mezőgazdaság helyzetét.

## 6.4 A csapadék és a vízjárás lehetségei összefüggései

### 6.4.1 A csapadék adatsorok elemzése

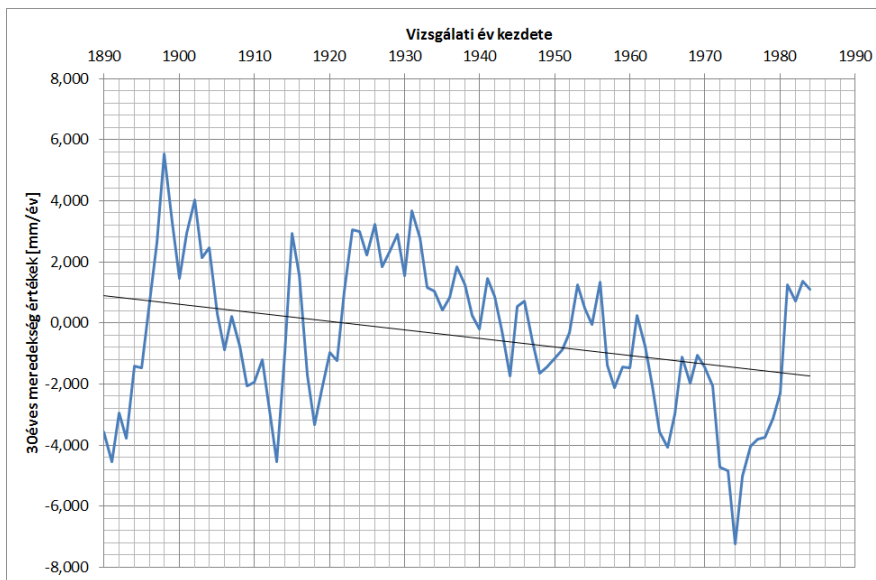
Az elmúlt 124 évet vizsgálva a lehullott csapadék mennyisége összességében csökkenő tendenciát mutat, az adatok alapján évente 0,23 mm-el (31. ábra). Ez összhangban van azokkal az elméletekkel, melyek szerint a Kárpát-medencében egy lassú szárazodási periódus indult meg (IPCC 2011; Bartholy-Pongrácz, 2008; Horváth, 2009). Szász (1994) az ország teljes területét vizsgálva (a jelentősebb meteorológiai mérőhelyek csapadékadatait feldolgozva és összevetve) írja le, hogy egy határozott csökkenő tendencia ismerhető fel. Bartholy-Pongrácz (2013) Közép/Kelet-Európa országaira vonatkozó összehasonlító elemzésében a lehullott csapadékmennyiség éves összegeit vizsgálta 60 éves intervallumon belül. Az általam végzett vizsgálatok is összhangban állnak azzal a megállapításával, miszerint Magyarországon a vizsgált időtartamon belül a negatív éves anomália az uralkodó.



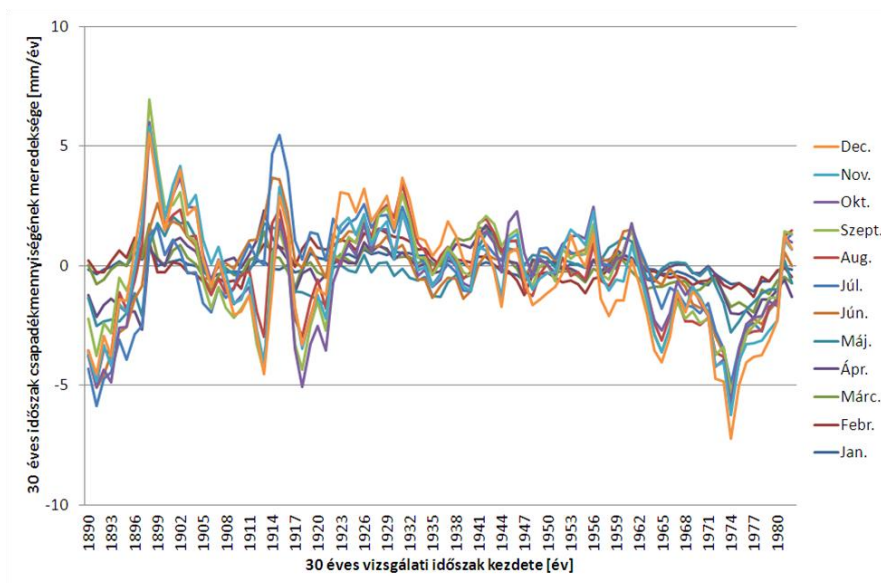
31. ábra: Éves csapadékösszegek alakulása 1890 és 2013 között Hidasnémetinél (Kozma et.al. 2014)

Az évenkénti és a havonkénti csapadékösszegek változása az idő függvényében lényeges paraméter az éghajlat változásának kimutatására. Ezen csapadékösszegek változásának mértékét 30 éves ciklusokon keresztül érdemes vizsgálni, amely időszak hossza a WMO által került meghatározásra. 1890-2013 között a havi csapadékösszegek változásainak mértékét kiszámítottuk 30 évenként, és az egyes vizsgálati időablakokra vonatkozó gradiens értékeket az adott időszak kezdő évének függvényében ábráztuk, az egyes hónapokra bontva külön-külön is (*Kozma et. al. 2014*) (32/a-b. ábra) (az ábrázolt gradiens értékeket lásd melléklet 1-2. táblázat). Az első vizsgált időszak 1890-1919-ig, a következő 1891-1920-ig, stb. tartott. Minden egyes vizsgált periódus egy éves eltolásban jelenik meg, így az utolsó vizsgált 30 éves periódus 1984-2013-ig tart, ezért a grafikonon megjelenő utolsó pontok 1984-nél láthatóak. Bármilyen bontásban is vizsgáljuk a csapadék összegek alakulását a 124 éven belül, a pontokat összekötő egyenes markánsan kirajzolódó csökkenő tendenciát mutat. Nagyjából az 1930-as évek elejétől kezdődő csökkenés a 1970-es évek derekára érte el mélypontját és onnantól némi stagnálás után növekedés indul a nulla érték irányába. Az adatok alapján elmondható, hogy elsősorban a téli csapadék csökkenése a feltűnő, ugyanakkor a nyári csapadékmennyiség is csökken, de nem olyan jelentős mértékben. Az utóbbi évtized „extrém” időjárási helyzetei láthatóan nem érvényesültek markánsan a 32/a-b. ábrán látható tendenciában, de ennek ellenére a kiugróan magas értékeket mutató csapadékos időszakok intenzitásukban helyi szinten jelentősek voltak.





32/a. ábra: Évi csapadékösszegek változásának tendenciája a 1890 és 2013 között meghatározott 30 éves időszakok vizsgálatának tükrében Hidasnémetinél (az ábrázolt grádiens értékeket lásd melléklet 1-2. táblázat)



32/b. ábra: Havi csapadékösszegek változásának tendenciája a 1890 és 2013 között meghatározott 30 éves időszakok vizsgálatának tükrében Hidasnémetinél (Kozma et.al. 2014) (az ábrázolt grádiens értékeket lásd melléklet 1-2. táblázat)

A térségünkben lezajló hirtelen időjárás változások nem múltak el nyom nélkül. Az utóbbi negyed évszázadban jelentős csapadékesemények és árvízi helyzetek alakultak ki, melyek a Hernádon levonuló nagyobb árhullámokban is megmutatkoztak. Mintegy 15 év lehullott napi csapadékmennyiségeinek elemzésénél az extremitások megfigyelhetők nem csak az egységnyi idő alatt lehullott csapadékösszegek szempontjából, hanem az évszakok függvényében is. A 10 mm feletti csapadékos napok számának eloszlásában már jelentős eltérés mutatható ki (10. táblázat). Míg 2000-2006 között 87 ilyen nap fordult elő (átlagosan 12 nap/év), addig 2007-2013 között összesen 121 alkalommal (átlagosan 17 nap/év) hullott egy nap alatt 10 mm vagy azt meghaladó csapadékmennyiség. A szembetűnő az, hogy 2004, 2005 és a 2006-os év is jelentős volt a folyón levonuló árhullámok szempontjából, mégsem tekinthetők kiemelkedőnek. A következő árvízi periódust magába foglaló 7 évben jóval nagyobb csapadékösszegek voltak jellemzőek, melyek koncentráltan egy-egy adott időszakban jelentek meg. Számításaim alapján a hét év több mint felében az éves csapadék 40-50%-a mindösszesen 1-3 hónap alatt hullott le. Ilyen volt például a 2010-es és 2011-es év, amelyek különösen magas értéket mutattak. 2010-ben a lehullott éves csapadékösszeg 50%-a 3 hónap alatt hullott a folyó magyarországi vízgyűjtőjére, míg 2011-ben ez az arány 2 hónap alatt az összes csapadék 57,8 %-a volt.

év	legalább 10 mm-es napi csapadék / nap
2000	8
2001	10
2002	15
2003	7
2004	16
2005	19
2006	12
2007	10
2008	13
2009	15
2010	24
2011	17
2012	22
2013	20
<b>14 év alatt összesen:</b>	<b>208 nap</b>

10. táblázat: A 10 mm vagy azt meghaladó csapadékú napok száma Hidasnémetinél

A két vizsgált időszak 25 mm vagy a feletti napi csapadékösszeggel rendelkező napjait összevetve már nem annyira jelentősek az eltérések (11. táblázat). Az első időszakban 12, a másodikban 18 alkalommal fordult elő. Az „extremitások” jelenléte az elmúlt 14-15 évben nem mondható uralkodónak és számottevőnek. A korábban tárgyalt mérési eredmények és a vízállás összevetése kapcsán levont következtetések, valamint a nagyobb mennyiséggel járó csapadékos napok számának az alakulása alapján levonható az a következtetés, hogy a folyón nagy számban levonuló, magasabb csapadékú (10 mm vagy a feletti) napokhoz kapcsolódóan kialakuló kisebb árhullámok azok, melyek kisebb arányú, de gyorsan váltakozó vízszintingadozásokat okoznak. Így a folyó mederformáló folyamataiban is jelentősebb szerepet játszhatnak a mederből kilépő vízhozamokkal szemben. A 10 mm feletti csapadékösszeggel rendelkező napok számának a megemelkedése e folyamat gyorsulásának irányába hat. Tehát a lehullott csapadék mennyisége is befolyásoló tényező, azonban sokkal inkább a lehullott csapadék intenzitása, időbeli eloszlása a mérvadó a folyón zajló folyamatok befolyásolásában.

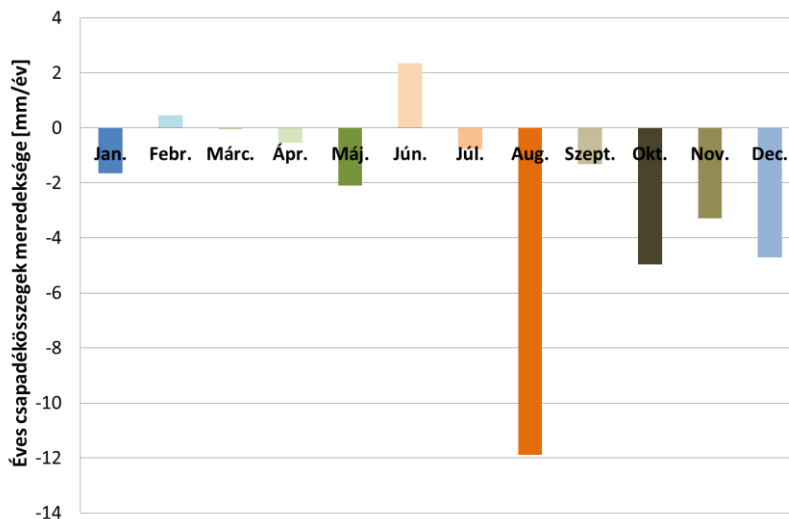
év	legalább 25 mm-es napi csapadék / nap
2000	0
2001	1
2002	1
2003	2
2004	3
2005	3
2006	2
2007	3
2008	1
2009	2
2010	6
2011	2
2012	2
2013	2
<b>14 év alatt összesen:</b>	<b>30 nap</b>

11. táblázat: A 25 mm vagy annál nagyobb csapadékú napok száma Hidasnémetinél

Az éves csapadékösszegek analógiájára elkészítettük a havonkénti csapadékösszegek tendenciájának számítását 1890 és 2013 között (33. ábra, 12. táblázat). Az ábrán látható, hogy havonkénti lebontásban a február és június kivételével minden hónap csapadékösszegében csökkenés mutatkozik.

Feltűnő az augusztus hónap és a téli hónapok „aszályossága”. Az eredmény ugyancsak illeszkedik Mika et. al. (1995) azon eredményéhez, miszerint a műszeres észlelések statisztikai elemzése a Kárpát-medence csapadékoságának csökkenő tendenciáját mutatja a 20. században szinte valamennyi hónapra, téli és nyári félévre. Tehát a korábbi ábrákkal összhangban jól látszik a térségben megfigyelhető csapadékmennyiség csökkenés (Kozma et.al. 2014).

Átlagolva a hónapokra kapott eredményeket, összességében elmondható, hogy elsősorban a téli csapadék csökkenése a feltűnő, azonban a nyári csapadékmennyiség is csökken, de nem olyan jelentős mértékben. Az elvégzett terepi mérések és a statisztikai elemzések ennek megfelelően összhangban állnak egymással. Szinte csak a tavaszi, kora nyári időszakokra korlátozódott a nagyobb csapadékontenzitás jelenléte (10-11. táblázat, melléklet 3. táblázat), a jelentősebb árhullámok is ezekben az időszakokban voltak megfigyelhetőek. A Hernád mentén korábban elvégzett parterózióra vonatkozó kutatások, mérések során az elmozdulásokra vonatkozó jelentősebb (több méteres) értékeket is ezekben az időszakokban mérték, tehát a partelmozdulás intenzitása ezekben az időszakokban, a gyorsabbá és sűrűbbé váló vízszintingadozások következtében megnő.



33. ábra: A 124 év alatt lehullott összes csapadékmennyiség eloszlása havi bontásban (Kozma et.al. 2014)

Hónapok	Meredekség [mm/év]	Csapadékváltozás [mm]
<b>Jan.</b>	-0,0135	-1,67
<b>Febr.</b>	0,0036	<b>0,45</b>
<b>Márc.</b>	-0,0005	-0,06
<b>Ápr.</b>	-0,0044	-0,54
<b>Máj.</b>	-0,0170	-2,11
<b>Júni.</b>	0,0191	<b>2,37</b>
<b>Júli.</b>	-0,0062	-0,77
<b>Aug.</b>	-0,0966	-11,98
<b>Szept.</b>	-0,0108	-1,33
<b>Okt.</b>	-0,0404	-5,00
<b>Nov.</b>	-0,0268	-3,32
<b>Dec.</b>	-0,0383	-4,75

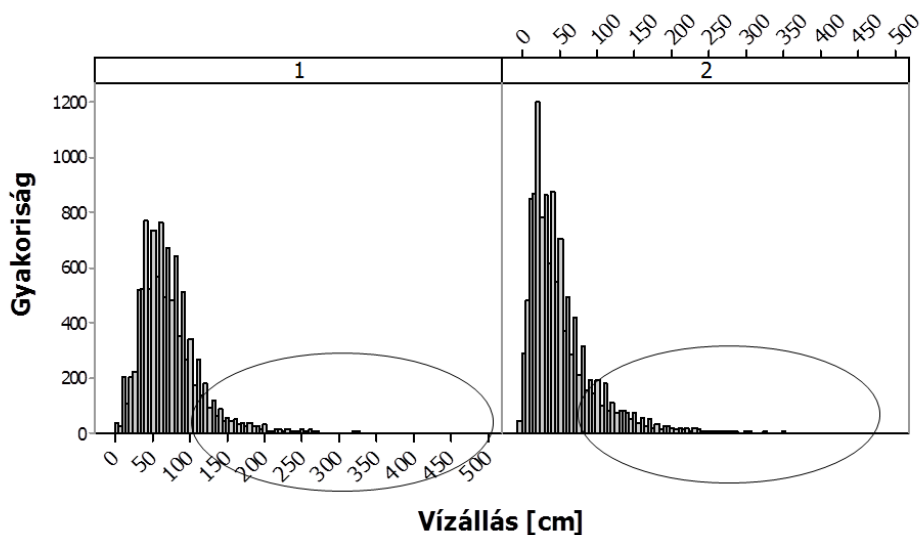
12. táblázat: 124 év összes csapadékmennyiségének változásai a havi csapadékösszegekben (33. ábrán ábrázolt hónapok csapadékmennyiségének változásai számokban)

#### 6.4.2 A vízállási adatsorok elemzése

A csapadékösszegek vizsgálata során kapott eredményeket a továbbiakban összevettem a vizsgálati területem közelében (Gesztely) tapasztalható napi vízállási értékekkel. A vízjárásban a Hernád hazai szakaszán a vízmércék tekintetében alig van eltérés (max. 10-20 cm), így bármelyik vízmérce adatai jól reprezentálják a teljes hazai szakasz vízjárását (*Blanka-Kiss 2010*). Az általam vizsgált szakaszon a fellelhető adatsorok alapján 65 év napi vízállás adatait elemeztem. Véleményem szerint a vizsgált időszak is elegendő adatot kínál ahhoz, hogy reprezentatív eredményeket kapjak.

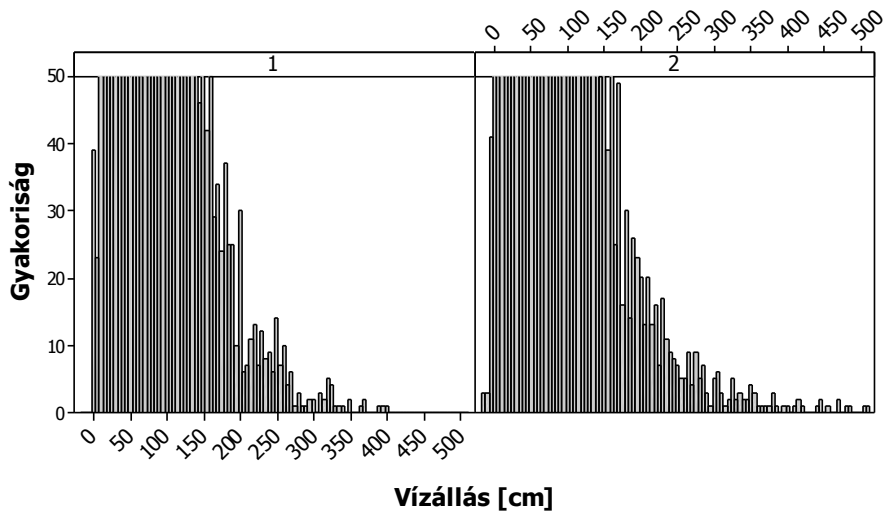
A napi vízállási adatokból elkészített hisztogram alapján elmondhatom, hogy az időjárásban bekövetkezett változások hatása követhető volt. Az adatokat két 30 éves periódusra osztottam, ahogy a csapadékadatok esetén is tettem. A hisztogrammos kiértékelésből jól látszik (*34-35. ábra*), hogy 1946-hoz képest az idő előre haladtával a vízállási értékek a szélsőségek irányába mozdultak el. A kiértékelés során használt statisztikai program az adatok feldolgozása során maga alkot tartományokat, ami alapján a besorolást végezte, majd ezt követően pontosítottam azokat. Így a vízállás napi értékei az alábbi tartományokba kerültek besorolásra: (-5)-5 cm, 5-10 cm, 10-15cm, stb. Az eredményekből jól látszik, hogy az első periódus (1946-75) kiegyenlítettebb

vízjárásához képest a második periódusban a szélső értékek felé történik elmozdulás (1976-2011). Tehát a kisvízállás értékei, illetve a 350 cm feletti vízállási értékek gyakorisága megnőtt. A térségben tapasztalható időjárási változásokkal (csökkenő tendencia a lehullott csapadék mennyiségében) összevetve jól látható a vízállási értékek nagymértékű eltolódása az alacsony szint felé (34. ábra). Az alacsonyabb vízállási értékek a túlnyomóan mérsékeltébb vízmozgásra engednek következtetni. Ez igazolni látszik azt a fentebb tett megállapításomat, miszerint a partelmozdulások jelentős része ezekhez a vízszintváltakozásokhoz köthető. Az utóbbi mintegy 15 év „extremitása” pedig a magas vízállás értékek kis mértékben megnövekedett számában mutatkozik meg (35. ábra) (Kozma et.al. 2014).



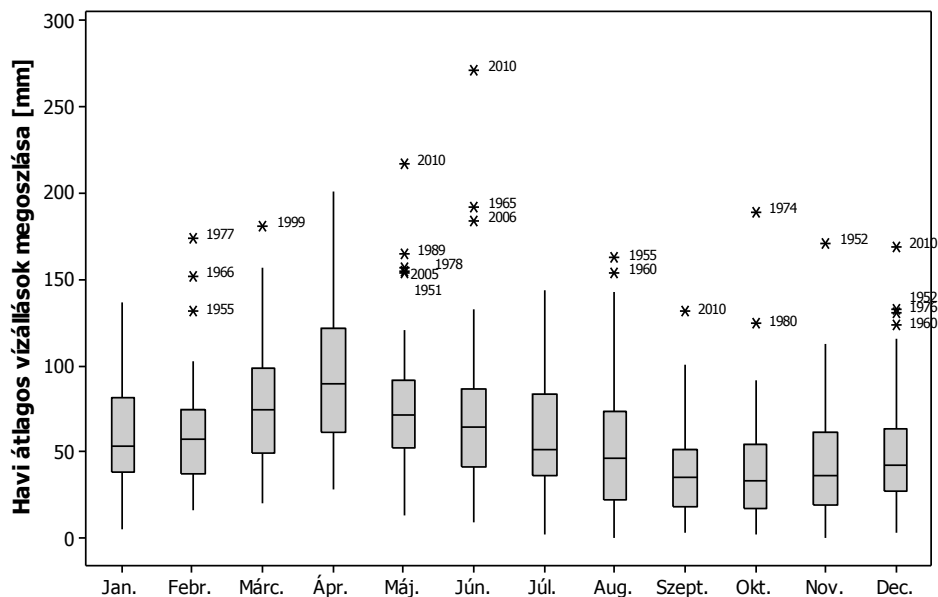
1: 1946-1975; 2: 1976-2011

34. ábra: A folyó vízállás értékeinek alakulása az elmúlt 65 évben Gesztelynél (1946-2011)



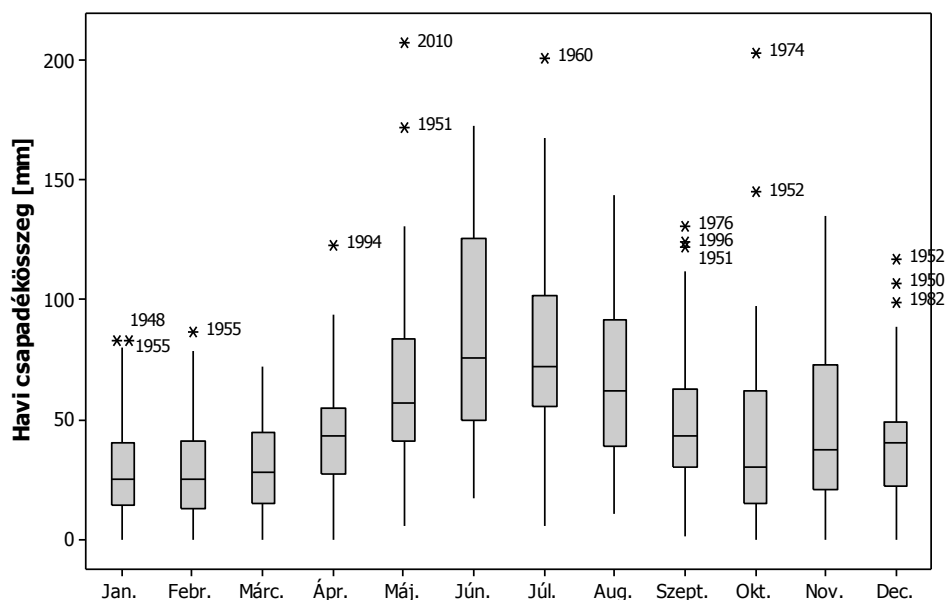
1: 1946-1975; 2: 1976-2011

35. ábra: A vízállás maximum értékeinek változása a Hernádon Gesztelynél (a 34. ábra bekarikázott részének kinagyított szakasza)



36. ábra: A kiugró vízállás értékeinek megjelenése Gesztelynél 1946 és 2011 között (A csillagok a 65 év alatt az adott hónapra vonatkoztatott statisztikailag kiugró értékeket jelölik.)

A kiugróan magas vízállásértékek megjelenését mutatja a 36. ábra. A 65 év alatt 16 alkalommal fordult elő ez a jelenség, olykor többször is egy éven belül. Érdekessége, hogy ebből 10 év az 1980-as évek előtt figyelhető meg, míg utána már ez a jelenség ritkább. Ez valószínűleg több tényező együttes hatása. Egyrészt a korábban diagram segítségével bemutatott csökkent csapadékmennyiségű időszakoknak tudható be, másrészt a szlovák oldali vízi létesítmények üzembe helyezésére is ebben az időszakban került sor, ami jelentősen befolyásolta a folyó magyarországi szakaszának vízszintjét. Ha párhuzamba állítjuk a vízállási értékeket a vizsgált 65 év alatt lehullott csapadékkal, bizonyos egyezés mutatható ki.

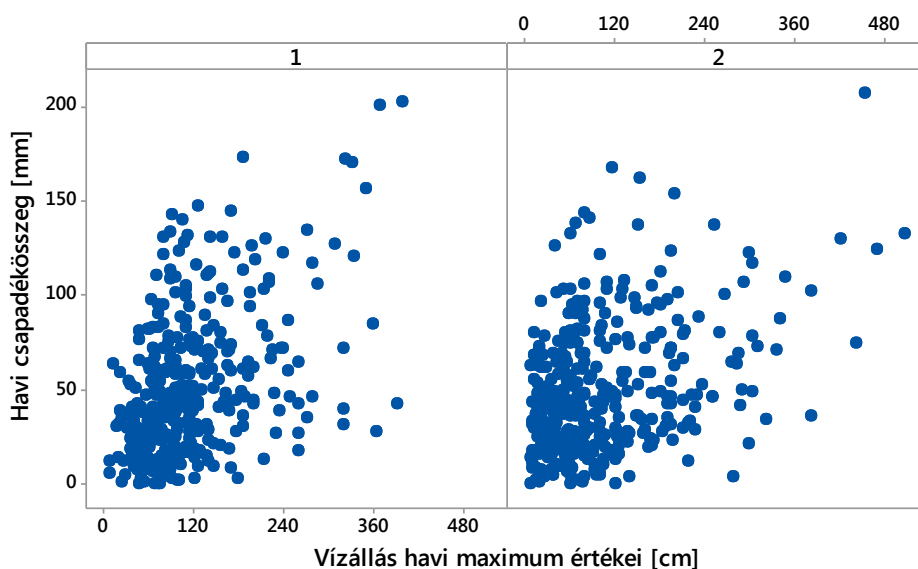


37. ábra: A kiugró csapadékmennyiséggel jellemezhető időszakok megjelenése havi bontásban 1946 és 2011 között  
(A csillagok a 65 év alatt az adott hónapra vonatkoztatott statisztikailag kiugró értékeket jelölik.)

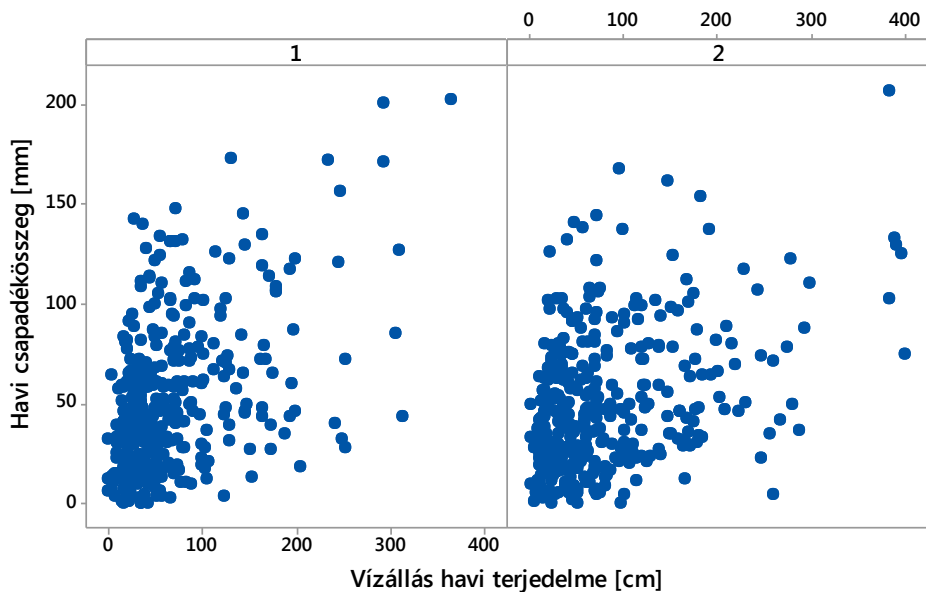
A csapadék esetében a vizsgálati időszak alatt 12 évben jelent meg kiugró érték (esetenként egy éven belül többször is) (37. ábra). Ha az adatokat összevetjük, hat olyan év jelenik meg, melyben a vízállási értékek is, ugyanabban vagy az azt követő hónapban kiugróan magasak. Ezek az évek (1951, 1952, 1955, 1960, 1974, kivétel 2010) azonban ugyancsak a szlovák



oldali duzzasztók működésbe lépése előtti időszakokban jelennek meg. Tehát a nagyszámú egyezés arra enged következtetni, hogy a csapadéknak – intenzitásától, időtartamától és a lehullott mennyiség nagyságától függően – hatása van a folyó menti morfológiai folyamatokra a vízállás jelentősebb befolyásolása által. A duzzasztók üzembe helyezését követően azonban ez a hatás drasztikusan lecsökkent, hiszen a vízállásra napjainkban feltételezhetően elsődlegesen a leengedett vízmennyiségnek és a leengedések számának van hatása. A fent leírt kettősség a Pearson-féle korrelációanalízis kapcsán is kimutathatóvá vált. Az adatsorok összehasonlítása során látható egyfajta lineáris kapcsolat, melynek erőssége a duzzasztók üzembe helyezése előtti időszakban nagyobb volt, mint az azt követő időszakban. A vizsgálatok során elemeztem a vízállási értékek terjedelmét a csapadék függvényben, mely során az első időszak (1946-76)  $r$  értéke 0,46, míg a második időszak (1977-2011)  $r$  értéke 0,39 lett (38/b. ábra). Valamint vizsgáltam a vízállás maximum értékei és a havi csapadékösszegek közötti összefüggést is, mely során hasonló különbséget tapasztaltam az első és a második időszak között ( $r$  értéke 0,45 és 0,39) (38/a. ábra). Tehát a csapadék és a vízállás közötti kapcsolatot a duzzasztók üzembe helyezése előtti időszakban - a Pearson korrelációs index értéke szerint - a közepesnek mondható, míg az azt követő időszakot a gyenge kapcsolat jellemzi. A két tényező közötti összefüggés, ha nem is erős mértékben, de jelen van napjainkban is.



38/a. ábra



38/b. ábra

38/a-b. ábra: A vízállás és a csapadék értékeinek összefüggései (Pearson-féle korreláció)

(Megjegyzés: az ábrákon két időszak különül el, 1: 1946-76, 2: 1977-2011)

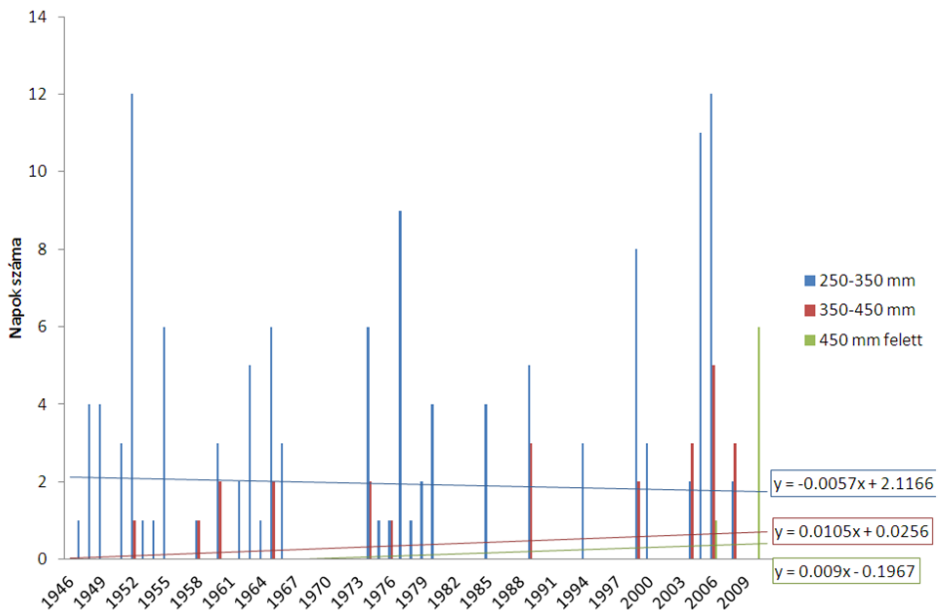
Ugyanakkor megfigyelhető egy olyan jelenség, mely során a kiugróan magas vízállási értékekhez nem tartozik hasonlóan magas értékű csapadékos időszak. Az erre való magyarázatot az alábbiakban látom: a 2005 és 2006-os év jelentősége a folyón levonuló árhullámok szempontjából kivételes volt, a lehullott csapadék mennyisége kapcsán azonban mégsem tekinthetők kiemelkedőnek. Az 1946-2011 közötti évek a csapadékeloszlásban nem mutatnak kiugró értéket. A fentebb leírtak oka azonban Blanka (2011) megállapításában lehet, miszerint a hidrológiai rendszer megváltozása a Hernád morfológiai viszonyainak megváltozását okozta. Elsősorban a szlovákiai duzzasztók üzembe helyezése révén a műtárgyak jelentős mennyiségű víztömeget „fogtak vissza”. Másodsorban a szakirodalomban leírt Kárpát-medence csapadékoságára jellemző negatív anomália, valamint a térségben 124 év alatt kimutatott csapadékmennyiség csökkenése sem elhanyagolható szempont. A két tényező együttes hatására a nagyvízi meder szűkült, a meder vízszállító képessége ennek megfelelően lecsökkent. A fentebbi eseményekkel együtt járó kevesebb vízmennyiség szállításához a folyómeder alkalmazkodott, melyet a Blanka által mért mederparaméterek

változásai is mutatnak. Tehát a vízgyűjtőre kevesebb csapadék hullik, melyet a keskenyebbé váló meder szállít el. Ugyanakkor a hirtelen bekövetkező, nagyobb mennyiségű csapadékok által generált magasabb vízállási értékeket mutató víztömeg elvezetését a már „elkeskenyedett” meder nem tudja megoldani, így a víz kilép medréből. Tehát a csapadék bizonyos esetek együttes fennállása esetén közvetlenül hatással lehet a folyó vízállására, így ezáltal a part pusztulásának intenzitására is. A 2005-2006-os év eseményei is hasonló jelenségen alapulhatnak. Ebben az esetben a kialakult árhullámok levonulása egyedi jelenséget, kanyarulatlefűződést okozott Alsódobszánál. A magas csapadékú időszakok által kiváltott jelentős, medréből kilépő árhullámoknak tehát elsősorban az árterek formálásában van nagyobb szerepe. Esetünkben a kanyarulat lefűződéséhez szükséges csatorna kialakítása történt meg a laza ártéri felszínen 2005-ben, melyen keresztül a 2006-os évben megtörtént az átvágás.

A vízállási adatsorok elemzése során megvizsgáltuk a folyóra meghatározott árvízvédelmi fokozatok elrendelésének gyakoriságát, az egyes fokozatok számának változását a vízállás tükrében. A Hernádon Gesztelynél három árvízvédelmi kategória van érvényben, így az I. fokozat elrendelésére 250 cm, vagy azt meghaladóan kerül sor. A II. árvízvédelmi fokozat a 350 cm-t meghaladó vízállások esetén lép érvénybe, míg a legmagasabb védekezési szintet 450 cm felett rendelik el. A változások szembeütőek. Az első árvízvédelmi fokozat elrendelésének gyakorisága csökkent. Megfigyelhető azonban a másod- és harmadrendű árvízvédelmi fokozatok számának jelentős növekedése (39. ábra). Mindez egyenes arányban áll a fentebb kapott eredményekkel, miszerint a térségben a hirtelen kioldódó csapadékesemények hatására rövid ideig tartó és magas vízzinttel járó árhullámok vonulnak le (Kozma et.al. 2014). Emellett Szlávik (2002) megállapítása szerint, nem csak az árvizek magassága, hanem azok tartóssága is növekvő tendenciát mutat, ami ugyancsak az árvíz által kifejtett, elsősorban árteret érintő hatást erősíti.

Vizsgálataim összhangban állnak a korábbi években Hidasnémeti területén mért, 100 évre vizsgált vízhozam értékek elemzésének eredményeivel, ahol gyakorlatilag ugyanezen eredményeket kapták (Blanka 2011; Konecsny 2011; Szabó-Kozma-Lóki 2011). Tehát az évi minimális vízállás csökkenő trenddel jellemezhető, mértéke kb. 1 m, a nagyvizek számában pedig növekedés tapasztalható. Igazoltam Sziebert-Zellei (2009) azon megállapítását, miszerint az évi nagyvizek trendje enyhén emelkedő. A folyó árvízi szintje mintegy 2 méterrel emelkedett az utóbbi 100 évben. (Egy 1933-ban megjelent tanulmány szerint 1893-ban mérték a Hernádon a legmagasabb árvizet, 306 cm-rel. A 2010-es nagy árvíz idején ez az érték már

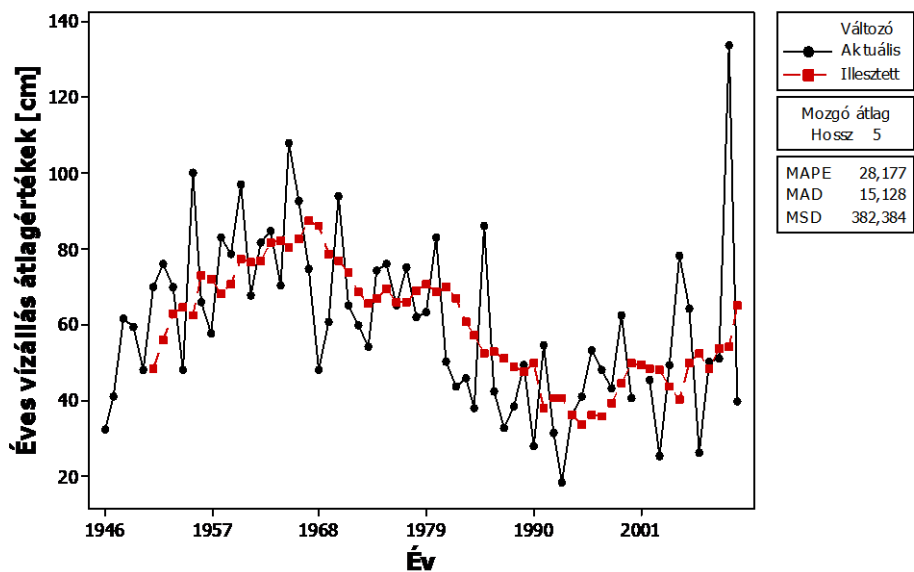
Hidasnémetinél 503 cm-re, míg Gesztelynél 517 cm-re növekedett.) A kapott eredmények összhangban állnak Kiss et. al. (2009) megállapításával, miszerint az árvizes évek és az árvizes napok gyakoriságának növekedése megfigyelhető, valamint az évi legnagyobb vízállások is szélsőségesebbé váltak.



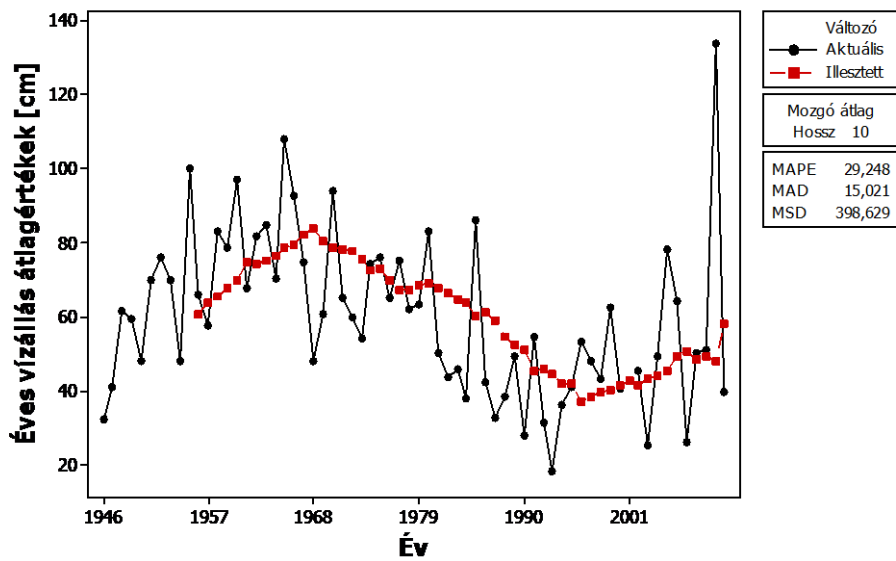
39. ábra: Az elrendelt árvízvédelmi fokozatok számának változásai az elmúlt 65 évben Gesztelynél

I. árvízvédelmi fokozat 250-350 cm, II. árvízvédelmi fokozat 350-450 cm, III. árvízvédelmi fokozat: 450 cm felett

A csapadékmennyiségben bekövetkező csökkenő tendencia a vízállás adatok 5 és 10 éves mozgó átlagában is megmutatkozik (40/a-b. ábra). Tehát megállapíthatjuk, hogy a térségben bekövetkező csapadékesemények közvetett vagy közvetlen úton hatnak a vízállás értékeire, mely csökkenő tendenciát mutat, ily módon befolyással lehet a meder formálására.



40/a. ábra



40/b. ábra

40/a-b. ábra: A Gesztelynél rögzített vízállás értékeinek 5 és 10 éves mozgó átlaga 1946-tól 2011-ig

#### 6.4.3 A csapadék és a vízjárás lehetséges összefüggései a medervándorlással

A mederfejlődésre irányuló vizsgálataim során több alkalommal tapasztaltam, hogy viszonylag rövidebb ideig tartó (kb. 3-4 hét), kisebb mértékű (50-60 cm) vízállás ingadozásokor helyenként 2-4 m-es partfalomlásokat mértem, míg az „extrém” csapadékos időszakot követő magas vízállási értékek esetén a partfal pusztulásának üteme nem változott számottevően a korábban mért értékekhez képest (Kozma 2008; Szabó et. al. 2011; Kalmár-Kozma 2012).

Az elmúlt 65 év vízállás adatainak vizsgálata és a térségben tapasztalt csapadékadatok elemzése során kapott eredmények azt mutatják, hogy a csapadék hatása a vízjárásra, majd azon keresztül a partelmozdulásokra jelentős mértékű lehet.

A kiugróan magas vízállásértékek megjelenését a 36. ábra mutatja. Érdekessége, hogy az értékek zöme az 1980-as évek előtt figyelhető meg, míg utána már ez a jelenség ritkább. A kiugró csapadékmennyiségeket megjelenítendő 37. ábra 12 évet jelöl meg, ahol a kiugró értékek (esetenként egy éven belül többször is) megjelentek. Ha az adatokat összevetjük, hat olyan év jelenik meg, melyben a vízállási értékek is és a csapadékmennyiség értékei is, ugyanabban vagy az azt követő hónapban kiugróan magasak. (Ezek az évek 1951, 1952, 1955, 1960, 1974, kivétel 2010). Fontos kiemelni, hogy ez a nagyszámú egyezés a szlovák oldali duzzasztók működésbe lépése előtti időszakokban jelenik meg. Az kapott évek nagyszámú egyezése mentén elveztem az adatok korrelációját, vagyis azt vizsgáltam, van e és mekkora az összefüggés a csapadék és a vízállás értékei között. Kimutatható e kapcsolat a duzzasztók megnyitását megelőző és az az utáni időszak között.

Mindez arra enged következtetni, hogy a csapadéknak – intenzitásától, időtartamától és a lehullott mennyiség nagyságától függően – hatása van a folyón zajló morfológiai folyamatokra a vízálláson keresztül.

Megfigyelhető a folyón jellemző kis- és közepes vízállási értékek gyakoriságában bekövetkező szembetűnő változás is (34-35. ábra), mely a mérsékelt vízjárásra jellemző mutatók nagyszámú jelenlétére utal. A gyakoribbá váló kisebb árhullámok, a hozzájuk kapcsolódó kisebb vízszintingadozások felerősítik a víz által kifejtet partalamosó tevékenységet, miáltal a partfal pusztulása gyorsabbá, intenzívebbé válik.

Azonban a folyón bekövetkező természeti okokra visszavezethető változások (lehullott csapadékmennyiség csökkenése, medertulajdonságok átalakulása) és az emberi tevékenység által okozott hatások (szlovák oldali duzzasztók üzembe helyezése) oly mértékben megváltoztatták a természetes viszonyokat,

hogyan a csapadék vízjárásra és ezáltal a part pusztulására kifejtett hatása jóllehet napjainkban is jelen van, azonban nehezen mutatható ki. A megváltozott mederparaméterek következtében nőtt a hirtelen bekövetkező árhullámok gerjesztette vízszintváltozások gyakorisága, így a partfalak pusztulási sebessége is jelentősen megnőtt, a partpusztulás üteme is változott. Ahogy azt Blanka (2009) is leírta, a mederszűkülés és a kanyarulatmintázat változása következményeként a nagyvízi meder vízszállító képessége csökkent. Az elvégzett vizsgálatok azt mutatják, hogy a hidrológiai paraméterekben számos változás következett be, melyeket a kanyarulatmintázat nem képes azonnal követni (pl. hirtelen bekövetkező árhullámok elvezetése, ugyanakkora vízhozam a mederszűkülés következtében magasabb szinten tetőzik). Igaz ugyan, hogy a partfejlődésre vonatkozó adatok és az azokból levont konklúziók viszonylag rövidnek mondható időszak vizsgálatain alapulnak, ugyanakkor a vizsgált 65 év összefüggései mind a vízállás, mind a csapadék tekintetében egyfajta tendenciát jeleznek, mely a partfejlődési folyamatok paramétereinek átalakulását mutatják.

## 7. Összefoglaló

A Hernád folyó völgye Magyarországon egyedi jelleget mutat, ezért számos kutatás alapjául szolgál. A folyóra jellemző meanderezés és esetenkénti mederáthelyeződések azt mutatják, hogy ma is „aktív” területről beszélünk, ahol a természetes folyamatok bizonyos szakaszokon szinte szabadon tanulmányozhatóak. Napjainkban azonban ezek a természetes folyamatok már nem minden esetben érvényesülhetnek „szabadon”, hiszen a térségben is számos emberi beavatkozás érezteti hatását. A folyóra jellemző meanderezési folyamatok vizsgálatánál ezért elengedhetetlen, hogy ezeket a tényezőket figyelembe vegyük.

Egyetemi tanulmányaim során a folyóvíz okozta morfológiai változásokról nem csak elméletben tanultam, hanem annak a gyakorlatban is számos alkalommal lehettem szemtanúja a Hernád folyón. Az ott tapasztalható medervándorlás, maga a meanderezés folyamata rendkívül összetett és máig számos kérdést vet fel. A medervándorlás kutatása nagy múltra tekint vissza. A kutatások egyik fő célja elsősorban a folyómedrek meanderezésének magyarázata. A meanderek morfológiáját számos geometriai paraméterrel lehet jellemezni. A meanderezés főbb befolyásoló tényezői:

- a folyómeder esése;
- hordalékszállítás mértéke, hordalék méreteloszlása (pl. *Lászlóffy 1949; Kádár 1956*);
- part és a meder anyaga (pl. *Hickin-Nanson 1975; Kádár 1955; Ackers 1982; Thorne 1982, Couper 2003*);
- szerkezetföldtani viszonyok (pl. *Rónai 1961, Bendefy 1973, Tímár 2003, Russ 1982, Smith 1997*);
- vízhozam, vízsebesség (pl. *Leopold-Wolman 1960; Hughes 1977, Hooke 1979, 2007*);
- növényborítottság mértéke (pl. *Hickin 1984; Simon és Collison 2002*).

Azonban a Hernád környezetének és a folyón uralkodó természetes folyamatoknak vizsgálata, feltárása a közelmúltig nem igazán szerepelt a kutatások középpontjában. Az 1950-es évektől kezdődően a folyó a csuszamlásokkal kapcsolatosan került a kutatók látókörébe. A Hernád-menti magaspartok fejlődését döntően befolyásolják a völgytalpon szabad meandereket fejlesztő folyó mederáthelyeződései és a csuszamlások (*Szabó 1982, 1991; Szlabóczky 1986*). Az egyik legjobban összefoglalt táblázat Mike (*1991*) tanulmányában került bemutatásra. 1937 és 1972 között veszi számba a természetes és a mesterséges úton bekövetkezett hosszrövidülést a folyó teljes hosszában. Mindezen adatok kiindulási alapot jelentettek a további kutatásokhoz, majd ezek eredményeként a kutatók folyamatosan ismerték meg a táj képének alakításához jelentősen hozzájáruló csuszamlások és a medervándorlások jelenségét, azok hatásait, stb. Az utóbbi években a Hernád-völgyben végzett geomorfológiai kutatásaink súlypontjába a folyó partalakulásának vizsgálata került. A vizsgálatokat a Szegedi Tudományegyetem geomorfológusaival párhuzamosan és gyakran konzultálva végeztük (*Kiss–Blanka–Sipos 2009; Blanka–Kiss 2010, Blanka-Kiss 2011; Kiss-Blanka-Andrási-Hernes 2013; ill. Szabó 2008; Kozma 2008; Szabó-Kozma-Lóki 2011; Kozma-Puskás 2012; Kalmár-Kozma 2012, Kozma-Puskás-Drégelyi-Kiss 2014*).

Kutatásaim célja elsősorban a folyón zajló meanderezés ütemének, sebességének, valamint a partfejlődés mechanizmusának, típusainak tanulmányozása volt. Választ kerestem arra a kérdésre, hogy a partfejlődési folyamatot egyéb tényezők, úgymint a csapadék befolyásolják-e és milyen mértékben. Munkám során szem előtt tartottam azt is, hogy a kutatási adatok eredményei a várható változások figyelembe vételével a gazdasági életben (pl. mezőgazdasági területek határainak kijelölése a leomlás veszélye nélkül) vagy az árvízi védekezésben is felhasználhatóak legyenek.



A vizsgálatok alapját történeti térképi elemzések adták. Az elmúlt mintegy 100 év során készült topográfiai térképek vizsgálatának és elemzésének segítségével képet kaphatunk a folyómeder fejlődésének irányáról, üteméről. A három kiválasztott folyószakaszon mintegy 100 db vaskarót, mint mérőcöveket helyeztem ki a kanyarulatok mindkét oldalán, melyek helyzetét GPS és mérőszalag segítségével is rögzítettem. A vizsgálati módszer lényege, hogy bizonyos időközönként visszatérve, a cövekek folyóparthoz viszonyított helyzetét meghatároztam. Vizsgálataim során a terepi munkák mellett a területre vonatkozó mutatók (csapadék, vízállás) adatgyűjtését és azok feldolgozását is elvégeztem. Az értékelésem célja annak feltárása, hogy van-e összefüggés a kapott eredmények és a medervándorlás, partpusztulás mértéke, ritmusa között. Az adatok feldolgozása során leíró és komplex statisztikai eljárásokat alkalmaztam.

A leíró statisztikai eljárások során hisztogramok készültek, melyek a vizsgált adatokat csoportosítva elemzik, valamint boxplotok, melyek során a statisztikailag kiugró értékeket vettem számba. Az adatok kiértékelésében a Minitab v14 statisztikai szoftver segített.

A komplex statisztikai eljárások alkalmával a csapadék adatsorok kerültek kiértékelésre, azok menetét vizsgáltam az idő függvényében – egyváltozós regressziót készítettem. A vizsgálat során a legfontosabb eredményt az ábrára illesztett egyenes menete jelentette. A továbbiakban alkalmaztam a Pearson-féle korrelációs együtthatót, melynek segítségével a két változót (csapadék és vízállás) nagyságrendileg hasonlítottam össze.

Kutatómunkám során az alábbi eredményekre, megállapításokra jutottam:

**1. Tézis: A partelmozdulás folyamata elsősorban a gyakrabban előforduló, ritmusosan váltakozó kis- és középvíz vízszíntingadozásaira vezethető vissza.**

Olykor fél-másfél méteres, rövid ideig tartó vízszíntemelkedés, illetőleg ezzel párhuzamosan egy kisebb árhullám átvonulása (általában 3-4 hetes intervallum) a vizsgált mederszakaszokon helyenként méterekben mérhető változásokat okozott. **A kanyarulat fejlődése szabályos ritmusban történik, a folyamatot a folyón tapasztalható gyakori vízjárásingadozás irányítja.**

Árvízi időszakban a meder partfalának kiugró mértékű omlása nem, vagy csak kismértékben volt megfigyelhető, amely a nagyvíz mederkitöltő és megtámasztó szerepének tudható be. Azonban a szárazabb, aszályosabb időszakokra következő nagyobb árhullámok felfutó ágának eróziós

tevékenysége jelentősebb lehet, ahogy azt Blanka (2010) kanyarulatvizsgálati adatai is mutatják.

## **2. Tézis: A vízállás értékeinek alakulásában megfigyelhető azok nagyarányú eltolódása az alacsonyabb értékek felé.**

Az adatok elemzése során megfigyelhető volt az is, hogy az elmúlt 65 évben a folyóra jellemző vízállás értékek nagyjából minden hónapban hasonlóan alakultak, extrémnek mondható esetek 16 alkalommal fordultak elő. A kiugró értékek megoszlása időben változó. A szlovákiai duzzasztók üzembe helyezését követően, az 1980-as évektől nagy „extremitás” nem volt jellemző (csak 1980, 1999 és 2010), ugyanakkor a Blanka (2010), Szabó (1998) és Kozma (2008, 2011, 2012) által végzett térképi elemzések alapján a folyón mégis méteres elmozdulások voltak megfigyelhetőek. Az utóbbi évtized magasabb vízállásértékei (jelentősebb árvizek 2005, 2006 és 2010) inkább az árvízi időszakok által előidézett, a part pusztulásánál nagyobb léptékekben mérhető mozgások kiváltásában játszottak szerepet (alsódobszai kanyarulat 2006-os lefűződése). Az utóbbi évek adatait feldolgozva jól láthatóvá vált, hogy az első árvízvédelmi fokozat elrendelésének gyakorisága csökkent. Azonban megfigyelhető a másod- és harmadrendű árvízvédelmi fokozatok számának jelentős növekedése (39. ábra). Mindez egyenes arányban áll a fentebb kapott eredményekkel, miszerint a térségben a hirtelen kioldódó csapadékesemények hatására rövid ideig tartó és magas vízzinttel járó árhullámok vonulnak le (Kozma et.al. 2014).

## **3. Tézis: A part pusztulásának két folyamatát különítettem el.**

### **3.a Tézis: „Szabad” partfejlődési forma.**

Aholaz intenzív gazdálkodás nem engedi a stabil növényzet kialakulását a partélen, ott a partelmozdulás majd féléven át (a művelési tevékenység évszakos ritmusának megfelelően) szabadon folyik. A szabad (művelt) partszakaszok pusztulási formája a bedőlés és/vagy az omlás. Ebben az esetben a pusztulás sebessége gyors, a leomlott anyag folyó általi elhordása szinte azonnal, a kisvízi időszakot követő árhullám esetén megtörténik, és általában a kanyarulat külső ívére jellemző,

### **3.b Tézis: „Kötött” partfejlődési forma.**

Elsősorban a „természetes” növényzettel borított partszakaszokra jellemző. Ebben az esetben a gyepársulásokat alkotó növényzet az év teljes egészében stabil, összetartja a part anyagát, ezért a pusztuló partszakasz jobban ellenáll a folyó oldalazó eróziójának. Formakincsét a tömbös-lépcsős pusztulási formák határozzák meg. Az összefüggő tömbökben történő leszakadás nagy felületet érint (olykor 5-10 méter hosszan), mely repedések által előre jelzett helyeken darabolódik tovább. A leszakad anyag elhordása a tömbön még mindig élő és stabil növényzet következtében lassú, olykor hónapokban mérhető.

Mindkét típusra vonatkozóan elmondható tehát, hogy önálló formakincs jellemzi, amely a mederben a hordalék elsodrásának menetét is nagyban befolyásolja.

### **4. Tézis: A csapadék mennyiségében és eloszlásában bekövetkezett hosszútávú változások áttételes hatással vannak a partfejlődési folyamatokra.**

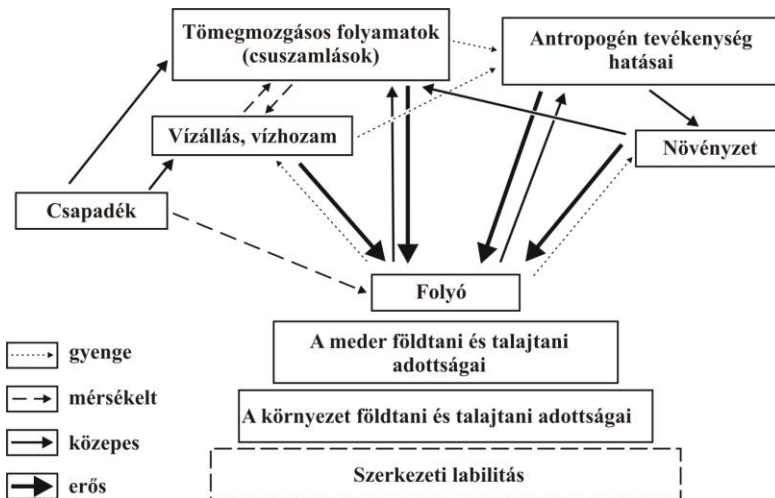
A térségben lehullott csapadékösszegek elemzése során megállapítható, hogy a 124 év alatt a lehullott **csapadék mennyiségében csökkenés mutatható ki**, mely illeszkedik a korábban már Kárpát-medencére vonatkozó eredményekhez. A vízállási értékek azt mutatták, hogy a folyó vízjárása korábban kiegyenlített volt, majd napjainkra jelentős elmozdulás tapasztalható a szélsőértékek felé. Ez a tendencia a Hernád folyóra jellemző hidrológiai paraméterek megváltozását okozza, és a folyó vízállási értékeiben (növekvő minimumok és enyhén növekvő maximumok) mutatkozik meg. A csapadék és vízállásadatok (1946-1980) elemzése során láthatóvá vált, hogy a csapadék jelentősen befolyásolja a vízállás alakulását, miáltal közvetett úton hatással van a partelmozdulási folyamatokra. Ez az erős hatás azonban a szlovák oldali duzzasztók üzembe helyezésével már nehezen kimutatható, hiszen a leengedett vízmennyiség nagyban befolyásolja/felülírja a térségben tapasztalható természetes folyamatok hatását. A megváltozott viszonyok következtében (pl. csapadékmennyiség csökkenése a térségben, a duzzasztók által kifejtett negatív hatás) a meder keskenyebbé vált, alkalmazkodott a csökkent vízmennyiség szállításához. A hirtelen kialakuló csapadékesemények és az azt követő hirtelen levonuló, magasabb vízszinttel járó árhullámok levezetését viszont nem tudja megoldani a folyó, így az gyakrabban okoz kiugróan magas vízállási értékeket. Ez az állapot valószínűleg a jövőben változni fog, hiszen a 32/a-b. ábra szerint a térség

csapadékmennyiségének csökkenő tendenciája megváltozott. A hidrológiai folyamatok kezdenek visszatérni a kiindulási állapot (egyensúlyi állapot) felé mind a középvízhozam, mind az árvizek gyakoriságának tekintetében (Blanka 2011). Ha az utóbbi évtized tendenciája tartós marad, a mederparaméterekben való pozitív irányú változás is valószínűleg láthatóvá válik a következő években.

A folyón tapasztalható, partelmozdulásra vonatkozó változások tehát a gyorsulás irányába hatnak. Az utóbbi években az időjárásban tapasztalható szélsőségek növekedése következtében számolni kell azzal, hogy – több kedvezőtlen tényező egyidejű fennállása esetén – a Hernád folyó mentén gyakrabban bekövetkezhetnek kanyarulat lefűződéses (ha az ehhez szükséges morfológiai feltételek adottak – lásd sóstófalvai kanyarulat), mederáthelyeződések, valamint nagyobb anyagi károkat okozó események, melyek az ott élőkre is veszélyt jelenthetnek.

### **5. Tézis: A folyóra jellemző medervándorlási, partpusztulási folyamatok komplex hatásmechanizmus eredményei.**

A Hernád folyóra jellemző medervándorlás és partpusztulás folyamatát (41. ábra), mely több tényező együttes hatásának eredménye, az alábbi ábrán összefoglalom:



41. ábra: A folyóra jellemző medervándorlási, partpusztulási folyamatokat meghatározó és befolyásoló tényezők  
(Megjegyzés: a nyilak folytonossága és vastagsága a hatás erősségének fokát és irányát jelzik)

A mélyben található, már Bendefy (1973) által is leírt szerkezeti törések jelenthetik azokat a helyeket, ahol egy-egy nagyobb, látványosabb kanyarulat kialakulása feltételezhető *(a feltételezhetőség következtében ezen elem jelölése a 41. ábrán szaggatott vonallal történt, hiszen jelenléte és hatása még napjainkban sem kellően bizonyított. Lásd még 8. ábra.)*. Mindehhez hozzájárulnak a környezet földtani és talajtani adottságai, melyek lehetővé teszik a látványos elmozdulásokat. A környezet része, eleme maga a meder is. A pannon laza üledékből felépülő folyómeder azonban további egyéb tényezők hatása alatt áll. A tényezők különböző intenzitással, külön-külön és együttesen is kifejthetik hatásukat. A 41. ábrán látható komplex rendszer bármely elemében bekövetkező változás végig követhetővé válik a rendszer egészén. Az egyes elemek a kialakuló mozgásokat így gyorsíthatják, lassíthatják és egyes esetekben akár látványos elmozdulásokat is eredményezhetnek.

A csapadéknak, mint befolyásoló tényezőnek a szerepe nem elhanyagolható a folyón zajló folyamatok kialakulásában. Hatását legerősebben a vízállás és vízhozam befolyásolásán keresztül érezteti. A két paraméter változásai erősen befolyásolják a meanderezés és partpusztulás folyamatát. Azonban a mederben lezajló folyamatok is, kisebb mértékben ugyan, de hatással lehetnek rövidebb szakaszokon a vízállás alakulására. Ilyen eset lehet pl. egy sziget vagy egy övzátony kialakulása, vagy egy hirtelen kialakuló omlás által, nagy tömegben a mederbe zúduló mederanyag jelenléte is, mely esetenként a teljes medret is elzárhatja.

A tömegmozgások szerepe jelentős a Hernád egyes szakaszain. Legfontosabb kiváltó tényezője a csapadék. A ritkábban kialakuló nagyméretű mozgásoknak akár medereltérítő hatása is lehet. Ugyanakkor a folyó szerepe sem elhanyagolható a tömegmozgásos folyamatok esetében, ugyanis ahol a vízfolyás közvetlenül alámossa a magaspartot, ott akár egy jelentősebb, hirtelen lefutó árhullám is beindíthatja ezen folyamatokat.

A térségben az egyre erősebben jelen lévő antropogén tevékenység is jelentős befolyásoló tényező. A művelt területek arányának növekedése, az illegális kavicskitermelő helyek számának szaporodása megváltoztatja a folyóra és annak közvetlen környezetére jellemző fizikai és hidrológiai paramétereket. Mindez hatással van a folyón zajló folyamatokra és az azok során kialakuló formakincsekre. Az antropogén tevékenységhez szorosan kapcsolódnak a növényzet erős befolyásoló hatásai is. Azonban a folyó az egyre gyakoribbá váló elöntései által hatással lehetnek a medert övező növényzeti képre, így formálva azt.

Számos kutatás szól arról, hogy napjainkban jelentős a folyók, így a Hernád árvízszintjeinek emelkedése. A fentebb összefoglalt eredményekből jól kitűnik, hogy az emelkedés okai sokrétűek lehetnek. Ahhoz, hogy minél jobban leírjuk egy folyó tulajdonságait, működését, valamint megoldást találjunk a felmerülő problémákra, a számos befolyásoló tényező figyelembe vétele szükséges. Szlávik (2002) szerint az árvízvédelem során törekedni kell a célszerű megelőzésre, fejleszteni kell az előrejelzési rendszereket, a védekezési módszereket. Mindez csak akkor valósulhat meg, ha a szakemberek a korábbi és a jelenkori kutatások eredményeit figyelembe véve dolgoznak a fentiek megvalósításán. Kutatásaim alátámasztják Szlávik (2002) azon megállapítását is, hogy a jövőben a hatékony árvízi védekezést csak az ökológiai szempontok figyelembe vételével lehet hatékonyan megvalósítani. Így nem csak a társadalom számára végzünk hasznos és eredményes tevékenységet, hanem fenntarthatjuk a Hernádon tapasztalható természetes folyamatok rendszereinek „szabad” működését.

## 8. Summary

The valley of River Hernád in Hungary shows a unique character and that is the reason why it is underlying numerous researches. The meandering processes characterizing the river and the occasional avulsions show that even today it is an "active" territory where at certain sections of the river natural factors can be freely studied. However, in these days these natural processes can not "freely" prevail in every case, as in the area several effects of human interference appear. It is essential to take these factors into consideration at the investigation of the meandering processes characterizing the river.

During my university studies not only did I learn about the morphological changes caused by the river in theory, but on several occasions I could witness it in practice on Hernád. The meandering experienced there, the processes of meandering itself is extremely complex and it has brought up a lot of questions upto this day. Research of meandering has a long history. One of the main objectives of the researches is the explanation of the meandering of the river channels. The morphology of the meanders can be characterized by numerous geometric parameters. The main factors influencing the meandering:

- gradient of the channel;

- the degree of the transportation and of the distribution of the river sediment soil (eg. *Lászlóffy 1949; Kádár 1956*);
- the material of the river bank and river channel (eg. *Hickin-Nanson 1975; Kádár 1955; Ackers 1982; Thorne 1982, Couper 2003*);
- geological structures (eg. *Rónai 1961, Bendefy 1973, Tímár 2003, Russ 1982, Smith 1997*);
- water discharge, water pace (eg. *Leopold-Wolman 1960; Hughes 1977, Hooke 1979, 2007*);
- the degree of vegetation (eg. *Hickin 1984; Simon és Collison 2002*).

However, the examination and exploration of the natural processes ruling on Hernád and its environment were not really put in the focus of researches. Beginning from the 50's the river got into the horizon of researchers in connection with its sliding. The development of the high banks along Hernád is mainly influenced by the slides and the avulsions of the free meandering on the river in the valley bottom (*Szabó 1982, 1991; Szlabóczky 1986*). One of the best summarized table was presented in Mike's (1991) study. It reviews the natural and man-made ways of the length shortening occurring along the whole length of the river river between 1937 and 1972. These data constituted as a starting point for further researches. As a result of their research researchers gradually got acquainted with the phenomena and impact of the meandering and sliding ongoing on the river and significantly contributing to the shaping of the landscape. In recent years our geomorphologic researches in Hernád valley have been focused on the development of the river banks. The researches were carried out in parallel and often consulting with the team of the geomorphologists at the University of Szeged (*Kiss–Blanka–Sipos 2009; Blanka–Kiss 2010, Blanka-Kiss 2011; Kiss-Blanka-Andrási-Hernes 2013; ill. Szabó 2008; Kozma 2008; Szabó-Kozma-Lóki 2011; Kozma-Puskás 2012; Kalmár-Kozma 2012, Kozma-Puskás-Drégelyi-Kiss 2014*).

The main objective of my research has been the study of the pace and speed of the meandering ongoing on the river and the action and the type of the river bank development. I was searching for an answer to the question whether other factors such as precipitation influence and to what degree the process of the river's bank development. During my work, I kept in mind that the results of the research, considering the expected changes, could also be used in the economy (for example assigning the borders of agricultural lands without the risk of river bank collapse) or in the flood protection.

Analyses of historical maps were taken for the basis of the research. With the help of the last 100 years' study and analysis of topographic maps we can get an image of the direction and the pace of the river channel development. At the three chosen sections of the river 100 ironpoles were placed on both sides of the meanders as levelling poles and their location was fixed by GPS coordinates and measuring-tapes. The point of my study method was that after returning to the spot at certain intervals I defined the location of the poles in correlation to the river bank. In the course of my investigation besides the field work I accomplished the data collecting and processing of the indicators (precipitation, water level) referring to the territory. The goal of my examination was to find out if there is a connection between the obtained results and the degree and rhythm of the meandering and the bank collapsing. During the data processing I applied descriptive and complex statistical methods.

During the procedure of the descriptive statistics histograms were made, which analyse the examined data in groups, and also boxplots were made, where I took into account the statistically protrusive values. In the evaluation of the data Minitab v14 statistical software was used as my help. During the complex statistical procedures precipitation datasets were evaluated, wherein I studied their course in time function - I prepared a variant regression. During the test the most important result was the direction of the linear attached to the figure.

**Thesis statement 1.: The process of the river bank displacement can be traced back, first of all, to the frequent rhythmic alternant water level fluctuation of the low- and middle-water.**

At the examined section of the river channel a 0,5-1,5 metres high water-level rising of short continuance and parallel with it the drift of a smaller flood wave (usually at 3-4 weeks intervals) resulted in sporadical changes that could be measured even in metres. **The development of the meander happens in a regular rhythm, the process is dictated by the frequent water level fluctuation ongoing on the river.**

During flood seasons significant collapsing of the river bank's wall could not be observed or only to a small degree, which can be explained by the high water's bankfull and upholding function. Nevertheless (as Blanka's (2010) meandering research data also shows), the erosional act of the bigger flood waves' "upgoing branch" (the section between the starting and the bankfull water level) during dryer and droughtier seasons can be considerable.



**Thesis statement 2.: A large-scale shift of the water level values towards the lower values can be observed.**

Results received from the statistical evaluation of the last 65 years' water level data show that water level values were more or less the same every month. Cases that can be called extreme happened on 16 occasions. The distribution of the extreme values varies in time. After the opening of the Slovak damming plants from the 1980's big extremes were not characteristic (only in 1980 and 1999), on the other hand according to map analyses by Blanka (2010), Szabó (1998), and Kozma (2008, 2011, 2012, 2014) a metre big displacements of the river could be observed. The higher water levels experienced during the last decade and some of which caused significant flood on Hernád River, (e.g. in 2005, 2006 and 2010), played a role not so much in river-bank collapses, but rather in the evocation of large-scale movements. A good example for that is the meander cutoff at Alsódobsza. From the data processed during the past years it can be concluded that the frequency of ordering first-grade flood protection level have decreased. Nevertheless, orders for second- and third-grade flood-protection levels have increased significantly. This is in direct ratio with the obtained results shown above whereas the abruptly descending precipitation has a devastating impact by causing floods with high water-level within a short time.

**Thesis statement 3.: I have differentiated two separate processes of bank collapses.**

**Thesis statement 3.a : "Free" form of the river bank development.**

In this case the intensive agriculture does not allow the formation of a firm vegetation on the riverside, so meandering freely goes on nearly throughout half a year (according to the seasonal rhythm of the agricultural activity). The destruction form of the free (cultivated) bank sections is collapsing and/or leaning. In this case, the speed of the destruction is fast, the collapsed material is nearly immediately washed away with the flood-wave following the low water period and it characterizes the outside arch of the meander.

**Thesis statement 3.b : "Bound" form of the river bank development.**

It is mainly typical on those river bank sections which are covered by "natural" vegetation, (mostly by grass vegetation). In this case the grass vegetation is firm throughout the whole year and keeps the river bank's

material together. Thereby, the degraded shorelines are more resistant to the lateral erosion of the river. The "blocks-stages" degraded forms are characteristic on these banks. Coherent blocks are coming off from big surfaces, sometimes on 5-10-metre-long sections. The blocks are further fragmented along new cracks. Because of the continuous presence of the lively grass vegetation on the blocks, the collapsed material is slowly washed away by the water, sometimes it may last for months.

We can conclude that both types are characterized by independent forms and they have a great impact on the course of load transportation in the river channel.

**Thesis statement 4.: The long-term changes in the quantity and distribution of the precipitation indirectly effect the bank development processes.**

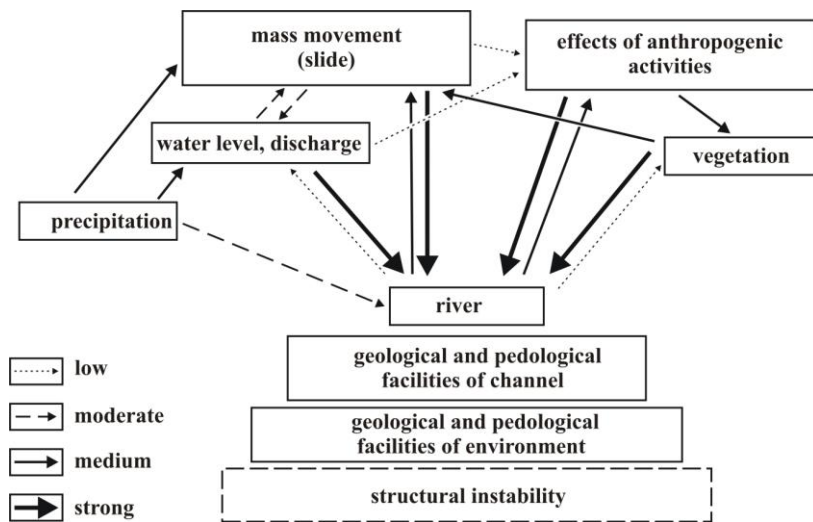
Analysing the precipitation volume in the given territory during a period of 124 years, we can conclude that **the quantity of precipitation shows a declining tendency**, and this conclusion is in accordance with the earlier results referring to the Carpathian Basin. Water level values were showing that the river's regimen used to be balanced, but nowadays a significant turning towards the extreme values can be experienced. This tendency results in the change of the hidrological parameters characteristic of Hernád River and it gets manifested in the river's water level values, (increasing minima and slightly increasing maxima). While analysing the precipitation and water level data of 1946-1980, it got obvious that precipitation has a significant impact on water level trends, thus having an indirect effect on the meandering processes. This strong impact can not easily be proved after the opening of the Slovak damming plants, as the amount of sluice water greatly influences the effects of the natural processes experienced in the given area. As a consequence of these different circumstances, (e.g. decreased precipitation amount in the given area and the negative influence of the damming plants) the river channel has become narrower and has adjusted to forwarding decreased amount of water. At times of sudden rainfalls resulting in higher water levels the river cannot solve forwarding these floodwaves, thus extremely high water level values can be met more frequently. This condition is probably going to change in the future, the declining tendency of the precipitation amount of the territory has changed. The hidrological processes begin to return to the default position (state of balance) both in the aspect of the middle water discharge and flood frequency. If this tendency of the last

decade remains persistent, then positive changes in the river bed parameters are most probably going to be seen during the next years.

The changes in the meandering experienced on the river are speeding up. As a consequence of the increase in extremes experienced in the weather during the last years, we have to take into consideration that - in the case of the coexistence of more unfavourable factors - on Hernád meander cutoffs (if the morphological conditions are given for it - like the meander in Sóstófalva), river channel displacements may occur, just like events causing huge financial damages and exposing to dangers the people living there.

**Thesis statement 5.: The meandering and bank collapsing processes characteristic for the river are the results of a complex mode of actions.**

In the *Figure 41* below I am summing up the meandering and bank collapsing process characteristic for Hernád River and the result of more coefficient factors:



*Figure 41: Factors determining and influencing the processes of the meandering and bank collapsing characteristic to the river (Note: the thickness and continuity of arrows indicate the degree and direction of the effect)*

Structural fractures in the depth described already by Bendefy appear to be those places where the development of a bigger and more sightful riverbend

can be assumed. (On *Figure 41* it is marked by a dashed line as even today its presence and influence is not sufficiently proved). The geological and soil aptitudes of the environment making the spectacular displacements also contribute to all these factors. The river itself is also considered to be part of the environment. The river channel consisting of the Pannonian loose sediment is under the influence of other further factors. These factors may exert their impact with different intensity together or separately. Any change in any of the elements of the complex system in *Figure 41* can be followed through the whole system.

Precipitation as an influential factor has a relevant role in the development of the processes ongoing on the river. It achieves its influence through a strong impact on water level and discharge. The changes of the two parameters strongly influence the meandering and bank collapsing processes. Also the processes ongoing in the river channel, to a smaller degree and at shorter sections, but may influence the development of the water level. An example for that may be the formation of an isle or a point bar. It can also happen that by a sudden collapsing a great amount of river channel material gathers and in some cases it may block the river channel.

The role of mass movements is of considerable importance at certain sections of the Hernád, where it is usually caused by precipitation. In some rarer cases, these movements can even change or dislocate the river channel. Mass movements, are also influenced by the rivers. At places, where the water undercuts the high bank, a sudden or considerable flood can easily effectuate these movements. Gradually increasing human activity in the area can also enhance this process.

The growing percentage of cultivated lands, together with the rising number of illegal gravel-mines, changes the typical physical and hydrological circumstances of the river and its environment. This, in turn, affects the processes around the river and the forms resulting thereof. Closely connected to human activities is the impact of vegetation, but frequent flooding of the river may affect the vegetation around it, thus changing and shaping it further.

There has been considerable research on the increasing high-water mark of rivers, including the Hernád. In light of the results summarized above, there seem to be various and manifold reasons in the background of this increase. So, in order to produce a faithful description of the features and activities of a river and an acceptable solution for these emerging problems, all these factors need to be taken into account. According to Szlavik (2002), prevention, development of forecast-systems and defensive methods are of

vital importance. This, however, can only be effectuated, if results of earlier and recent researches are equally taken into account. My research confirms yet another remark by Szlavik who argues, that effective flood-protection can only be based on a careful observation of ecological perspectives. Thus future works and projects will be beneficial not only for the society, but will also be able to maintain the natural processes operating free and undisturbed on and around Hernád.

## 9. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni Gasztonyi Évának, hogy elindított ezen a pályán, támogatott és a legnehezebb helyzetekben is tanácsaival segítségemre siett.

Tiszteletteljesen szeretném megköszönni témavezetőmnek, Szabó Józsefnek a mérhetetlen türelmét, segítségét, mellyel munkámat segítette, támogatta és külön köszönöm neki azt, hogy önálló kezdeményezéseim meghallgatta, és ha kellett, a megfelelő szakmai segítséggel vagy épp intő szavakkal mindig a helyes irányba terelt.

Köszönöm a Bükki Nemzeti Park egykori igazgatójának, Duska Józsefnek, hogy kutatómunkám nagyrésztét lehetővé tette, köszönöm a jelenleg és az egykor ott dolgozó kollegáknak is (Holló Sándor, Varga Ferenc, Firmánszky Gábor, Papp Viktor Gábor), akik sokszor segítették munkámat.

Köszönöm az NYME SEK TTK Földrajz és Környezettudományi Intézete dolgozóinak, hogy munkámban tanácsaikkal, meglátásaikkal segítségemre voltak. Külön köszönöm Veress Márton professzor úrnak és Puskás Jánosnak, hogy keményen hajtottak a cél felé. Köszönöm Széles Gyulának az ábrák kivitelezésében nyújtott rengeteg segítséget.

Köszönöm Prof. Dr. Réti Tamásnak a találkozást és azt, hogy meghallgatta gondolataim és új ötletekkel ellátva segítette munkámat. Köszönöm Drégelyi-Kiss Ágotának a sok együtt töltött munkakórát, a sok türelmet és a remek cikkeket.

Köszönetet szeretnék mondani Magyar Árpádnak, az MTA CSFKI könyvtárvezetőjének az irodalomazásban nyújtott segítségével, mellyel nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy dolgozatomban minél szélesebb körű irodalom kerüljön feldolgozásra.

Köszönetet szeretnék mondani Polgár GeorGINának, hogy ellenőrzése révén segítséget nyújtott ahhoz, hogy a dolgozatom idegennyelvi része a lehető legjobb legyen.

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni mindazoknak, aki az értekezés elkészítésében és az azt megelőző kutatómunka során segítségemre voltak.

Hálával tartozom szüleimnek, akik végig bíztattak, támogattak és minden viszontagságok ellenére hittek bennem, hogy elérem azt a célt, melyet még tizenéves koromban tűztem ki magam elé.

A legnagyobb hálával pedig 2,5 éves kislányomnak, Emmának tartozom, hiszen dolgozatom elkészítése az Ő mérhetetlen türelme és jóindulata nélkül nem sikerülhetett volna.

## 9. Irodalomjegyzék

1. **Ackers, P. (1982):** Meandering channels and the influence of bed material. In: Hey, R. D.; Bathurst, J.C.; Thorne, C.R.: Gravel-bed rivers: fluvial processes, engineering and management. Chichester, Wiley., pp. 389-421.
2. **Bartholy J., Pongrácz R. (2013):** Spring and summer weather in 2010: regular or exceptional? In: Geomorphological Impacts of extreme weather. Editor: Lóczy D., Springer. pp. 3-19.
3. **Bartholy J., Pongrácz R. (2005):** Tendencias of extreme climate indices based on daily precipitation in the Carpathian Basin for the 20th century. *Időjárás* 109., pp. 1-20.
4. **Bartholy J., Pongrácz R. (2008):** Regionális éghajlatváltozás elemzése a Kárpát-medence térségére. In: Klímaváltozás: környezet-kockázat-társadalom. Szerk. Harnos Zs.-Csete L. Budapest, Szaktudás Kiadó Hát Rt., pp. 15-54.
5. **Bendefy L. (1973):** A Hernád geomorfológiája. In: *Vízrajzi Atlasz sorozat* 16., VITUKI Budapest, pp. 16-19.
6. **Blanka V. (2009):** Hidrológiai paraméterek megváltozására bekövetkező morfológiai átalakulás a Hernádon. In: *Természetföldrajzi folyamatok és formák*. Szerk. Kiss T., Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciájának Természetföldrajzos Tanulmányai, Szeged., pp. 12-26.
7. **Blanka V., Kiss T. (2010):** A vízjárás hatása a parterózió mértékére a Hernád magyarországi szakaszán 2008-2010 között. In: *Interdiszciplinaritás a természet-és a társadalomtudományokban*. Szerk. Lóki J., Debrecen, pp. 37-44.
8. **Blanka V. (2010):** Kanyarulatfejlődés dinamikájának vizsgálata természeti és antropogén hatások tükrében. Doktori értekezés, Szegedi Tudományegyetem.
9. **Blanka V.; Kiss T. (2011):** Kanyarulatfejlődés dinamikájának vizsgálata természeti és antropogén hatások tükrében. In: *Unger-Pál-Molnár (szerk.) Geoszférák 2010*, Szeged, pp.
10. **Blaskovics Gy., Gánti T. (1999):** Vízzerőmű sorozattal a Hernád Zöld Folyosóért. *Vitairat*. Miskolc, p. 40.
11. **Bogárdi J. (1971):** Vízfolyások hordalékszállítására. Budapest, Akadémiai Kiadó, p. 755.
12. **Brice, J. C. (1975):** Air photo interpretation of the form and behavior of alluvial rivers. Final report to the U.S. Army Research Office. Washington D.C.
13. **Brice, J. C. (1983):** Factors in stability relocated channels. *Journal of Hydraulic Engineering* 109., pp. 1298-1313.
14. **Bulla B. (1954):** Általános természeti földrajz II. kötet – Bp.
15. **Carroll, R. W. H; Warwick, J. J.; James, A. I.; Miller, J. R. (2004):** Modeling erosion and overbank deposition during extreme flood conditions on the Carson River, Nevada. *Journal of Hydrology* 297., pp. 1-21.

16. **Cholnoky J. (1907):** A Tisza mederváltozásai. Földrajzi Közl. 35., pp.
17. **Corenblit, D.; Tabacchi, E.; Steiger, J.; Gurnell, A. M. (2007):** Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: a review of complementary approaches. *Earth Science Reviews* 84., pp. 56–86.
18. **Crowder, D.W.; Knapp, H.V. (2005):** Effective discharge recurrence intervals of Illionis streams. *Geomorphology* 64., pp. 167-184.
19. **Csoma J. (1973):** Hernád. Hidrológia. In: *Vízrajzi Atlasz*, VITUKI, Budapest, pp. 7–15.
20. **Csoma J. (1973):** A korszerű folyószabályozás alapelvei és módszerei. Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Budapest, pp. 16–39.
21. **Csoma J. (1979):** Folyószabályozás. In: Stelczer K., Csoma J.: *Ármentesítés, árvízvédelem, folyószabályozás. Kézirat*, Tankönyvkiadó, Bp., pp. 110-184.
22. **Daniel, J. F. (1971):** Channel movement of meandering Indiana streams: physiographic and hydraulic studies of rivers. U.S. Geological Survey Professional Paper 732-A
23. **Dobányi Z. (2006):** Társadalmi-gazdasági viszonyok a Hernád völgyében a 18-19. században. In: Kiss-Mezösi Sümeghy (szerk.) *Táj, környezet és társadalom: ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére*. Szeged, pp. 143-153.
24. **Drégelyi-Kiss, Á., G. Drégelyi-Kiss, and L. Hufnagel (2008):** Ecosystems as climate controllers – biotic feedbacks (a review), *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 6, issue 2, pp. 111-135.
25. **Evans, James D. (1996):** *Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences*. Pacific Grove, Brooks/Cole Publishing, XXII., 600 p.
26. **Farkas J. (2005):** Az Encsi Kistérség Természetvédelmi Állapota és Programja. Abaúji Területfejlesztési Önkormányzati szövetség megbízásából, Encs, p. 243.
27. **Friedkin, J. F.; Lászlóffy W. (1949):** A folyómedrek vándorlása. – *Vízügyi Közlemények* 31. évf./1-2., pp.98-116.
28. **Frisnyák S. (2007):** A Hernád-völgy történeti földrajza. *Földrajzi Értesítő* 56. évf. 1-2., pp. 51-68.
29. **Hajósy F., Kakas J., Kéri M. (1975):** A csapadék havi és évi összegei Magyarországon a mérések kezdetétől 1970-ig. OMSZ kiadványa XLII. kötet., p. 355.m
30. **Hanusin, J.; Kunikova, E.; Petur, F.; Rác M.; Jansen, H.; Haverkamp, S.; Venekes, W. (2006):** A Hernád folyó részleges vízgyűjtő gazdálkodási terve – A Víz Keretirányelv megvalósítása határvízi körülmények között. PPA03/HUSK/9/1 sz. projekt
31. **Hasegava, K. (1989):** Universal bank erosion coefficient for meandering rivers. *Journal of Hydraul. Eng.* 115., pp. 744-765.
32. **Hézszer A. (1910):** Az Eperjes-tokaji hegység vízrajzi kialakulása különösebb tekintettel a Tokaj-Hegyaljára. Budapest: Fritz Ny., pp. 20.



33. **Hickin, E. J.; Nanson, G.C. (1975):** The character of channel migration on the Beaton river. *Bulletin of the Geological Society of America* 86., pp.48-494.
34. **Hickin, E. J. (1984):** Vegetation and river channel dynamics. *Canadian Geographic* 28., pp.11–126.
35. **Hooke, J. M. (1977):** The distribution and nature of change in river channel patterns: the example of Devon. In: Gregory, K. J. (ed.) *River channel changes*, Chichester: Wiley, pp. 80-265.
36. **Hooke, J. M. (1979):** An analysis of the processes of river bank erosion, *Journal of Hydrology* 42., pp. 39-62.
37. **Hooke, J. M. (1995):** Processes of channel planform change on meandering channels in the U.K. In: Gurnell, A. and Petts, G. (eds): *Changing river channels*. Wiley and Sons, Chichester, pp. 87-115.
38. **Hooke, J. M. (2007):** Spatial variability, mechanisms and propagation of change in an active meandering river. *Geomorphology* 84., pp.277-296.
39. **Hooke, J. M. (2007):** Complexity, self-organisation and variation in behaviour in meandering rivers. *Geomorphology* 91., pp.236-258.
40. **Horváth L. (2009):** Alkalmazkodási kihívások és eszközök az éghajlatváltozási kerettörvényben. *Tanulmány*, p.35.  
[http://www.nfft.hu/dynamic/Alkalmazkodasi\\_kihivasok\\_es\\_eszkozok\\_az\\_eghajlatvedelmi\\_kerettorvenyben.pdf](http://www.nfft.hu/dynamic/Alkalmazkodasi_kihivasok_es_eszkozok_az_eghajlatvedelmi_kerettorvenyben.pdf)
41. **Hughes, D. J. (1977):** Rates of erosion on meander arcs. In: Gregory K.J. (ed) *River channel changes*. Wiley, Chichester, pp 193–205.
42. **Jones, G. P., Pearlstine L. G. & Percival H. F. (2006):** An Assessment of Small Unmanned Aerial Vehicles for Wildlife Research. *Wildlife Society Bulletin* 34 (3), p. 750–758.
43. **Joó I. (1992):** Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin. *Tectonophysics* 202., pp. 129–134.
44. **Joó I. (1998):** Magyarország függőleges irányú mozgásai. *Geodézia és Kartográfia* 50/9., pp. 3-9.
45. **Kalmár S., Kozma K. (2012):** A demonstration of the geomorphological value of radio-controlled aerial vehicle imaging techniques in the study of the Hernád River. In: *Zeitschrift für Geomorphologie* 56. Suppl. 2., pp. 121-132.
46. **Kalmár S., Kovács Gy., Faragó S. (2008):** Modellrepülő légitózási lehetőségei biológiai kutatásokban. In: *A Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület VII. Tudományos Ülése. Eötvös József Főiskola Baja, 2008. október 24-26. Programfüzet: 14.*
47. **Kádár L. (1955):** A folyókanyarulatok elmélete és a hegységek áttörésében való szerepe. – *A Dunántúli Tudományos Gyűjtemény*, Pécs, pp. 3-18.
48. **Kádár L. (1955):** A folyókanyarulatok problémája – *Acta Universita Debrecina*, pp. 1-24.
49. **Kádár L. (1956):** A folyóvíz felszínalakító munkája. *Doktori Disszertáció*. p. 58.
50. **Kinoshita, R. (1961):** Investigation of channel deformation in Ishikari River. *Report for the Bureau of Resources* 36., Japan, pp.

51. **Kiss T.; Blanka V. (2006):** Kanyarulatfejlődés vizsgálata a Maros alsó szakaszán. *Hidrológiai Közlöny* 86. évf./ 4. sz., pp.19-22.
52. **Kiss T., Blanka V., Sipos Gy. (2009):** Morphometric change due to altered hydrological conditions in relation with human impact, River Hernád, Hungary. *Zeitschrift für Geomorphologie* 53. Suppl. 2., pp. 197-213.
53. **Kiss T., Blanka V., Andrási G., Hernesz P. (2013):** Extreme weather and the Rivers of Hernád: rates of bank retreat. In: *Geomorphological Impacts of extreme weather*. Editor: Lóczy D., Springer. pp. 83-98.
54. **Konecsny K. (2011):** A Hernád folyó vízjárási szélsőségei a XX. század második felében s a XXI. század első évtizedében. In: *A magyarországi Hernád-völgy. Földrajzi Tanulmányok*. Nyíregyháza-Szerencs, pp. 43-53.
55. **Kozma K. (2003):** A magyarországi Hernád-völgy néhány természeti- és társadalomföldrajzi sajátosságának elemzése a természetvédelem szempontjából. Diplomamunka.
56. **Kozma K. (2008):** Tájértékek védelme és a megvalósítás lehetőségei a Hernád Alsódobsza és Gesztely közötti szakaszán. In.: Csima P. - Dublinszki-Boda B. (szerk.) *Tájökológiai kutatások: a III. Magyar Tájökológiai Konferencia kiadványa*, Budapest, 2008. május 8-10. Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem, Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék, pp. 187-193.
57. **Kozma K. (2008):** Recens folyóvízi fejlődés néhány kérdése a Hernád Alsódobsza-Gesztely közötti szakaszán. In: *Geographia generalis et specialis*, Szerk. Szabó J.-Demeter G., Debrecen, pp. 155-160.
58. **Kozma K., Puskás J. (2012):** Természeti és antropogén tényezők hatása a Hernád folyó medervándorlására. Effects of natural and anthropogenic factors on the meandering of River Hernád. VIII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Veszprém (2012. ápr. 18-21.), pp. 188-193.
59. **Kozma K., Drégelyi-Kiss Á., Puskás J. (2014):** A csapadék és a vízállás változásainak lehetséges hatásai a Hernád medervándorlási folyamataira. In: Füzesi I., Kúti Zs., Puskás J. (szerk.) *Tiszteletkötet Béres Csilla professzorasszony születésnapjára*. Szombathely: NyME, pp. 75-84.
60. **Kozma K., Puskás J., Drégelyi-Kiss Á. (2014):** The changer in precipitation during 124 years and its influences on the physical conditions of Hernád River. *Applied ecology and environmental research* 12:(2), pp. 523-536.
61. **Laliberte, A. S.; Ripple, W. J. (2003):** Automated wildlife counts from remotely sensed imagery. *Wildlife Society Bulletin* 31, p. 362–371.
62. **Láng S. (1944-47):** Geomorfológiai vizsgálatok a Miskolci-kapuban. *Földrajzi Közlemények* 72-75./2-4.
63. **Láng S. (1948):** Geomorfológiai vizsgálatok a Miskolci kapuban. *Földrajzi Közlemények* 68–71., pp. 81–120.
64. **LacZay I. (1973a):** A Hernád kanyarulati viszonyai. *Vízrajzi Atlasz sorozat* 16. VITUKI Budapest, pp. 23-29.
65. **Lehotsky, M.; Frandofer, M.; Novotny, J; Rusnák, M; Szmanda, J. B. (2013):** Geomorphic/Sedimentary responses of Rivers to floods: case studies

- from Slovakia. In: *Geomorphological Impacts of extreme weather*. Editor: Lóczy D., Springer. pp. 37-52.
66. **Leopold, L. B.; Wolmann, M. G. (1960):** River meanders. *Bulletin of the Geological Society of America* 71., pp.769-794.
  67. **Leopold, L. B.; Wolmann, M. G.; Miller, J. P. (1964):** Fluvial processes in geomorphology. W. H. Freeman and Company, San Francisco-London, 522 p.
  68. **Lewin, J. (1977):** Channel pattern changes. In: Gregory, K.J. (ed) *River channel changes*, Wiley, pp. 167-184.
  69. **Lóczy L. (1881):** A folyóknak, mint geológiai tényezőknek munkája. – *Magyar Mérnök-és Építész-Egylet Közlöny* 15/5., pp. 375-395.
  70. **Lóczy D. (2005):** A folyóvizek felszínformálása. In: Lóczy D., Veress M. (2005): *Geomorfológia I. Földfelszíni folyamatok és formák*. Bp.-Pécs, Dialóg Campus Kiadó, pp.17-130.
  71. **Luppi, L.; Rinaldi, M.; Teruggi, L.B.; Darby, S.E.; Nardi, L.; (2009):** Monitoring and numerical modellig of riverbank erosion processes: a case study along the Cecina River (Central Italy). *Earth Surf Process Land* 34(4), pp.530–546.
  72. **Megulesz G., Megulesz J. (2011):** Esettanulmány a Hernád-völgyi települések nyílt ártéri árvízvédelmi és helyi vízkár-elhárítási tevékenységeiről. In: Szlávik L. (szerk): *XXIX. országos vándorgyűlés: Magyar Hidrológiai Társaság [elektronikus dok.]*: Eger, 2011. július 6-8. 1 CD-ROM
  73. **Mika J.; Ambrózy P.; Bartholy J.; Nemes Cs.; Pálvölgyi T. (1995):** Az Alföld éghajlatának időbeli változékonysága és változásai a hazai szakirodalom tükrében. *Vízügyi Közlemények* 3-4.
  74. **Mike K. (1991):** Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története. Budapest, pp. 612-638.
  75. **Mikolics et. al. (1996):** Kisvízerőművek a Hernádon – Elvi vízjogi engedélyezési terv, Budapest, p. 30.
  76. **Miller, A. J. (1990):** Flood hydrology and geomorphic effectiveness in the central Appalachians. *Earth Surf Process Landforms* 15(2), pp.119–134.
  77. **Morisawa, M. (1985):** *Rivers*. Longman, Lomdon-New York., p. 122.
  78. **Nagy D. (2004):** A Hernádon működő vízerőművek és duzzasztó műtárgyak hatásai a folyó élővilágára. In: *Hernád kezelési terv - Miskolc*, p. 37.
  79. **Nanson, G. C.; Hickin, E.J. (1983):** Channel migration and incision on the Beaton River. *Journal of Hydraulic Engineering* 109., pp. 327-337.
  80. **Petts, G.; Foster , I. (1985):** *Rivers and landscapes*. London, p. 274.
  81. **Pécsi A. (1939):** Folyókanyarulatok fejlődése. *Földrajzi Közlemények*, 67/1., pp. 16-27.
  82. **Pinczés Z. (1975):** Evaluation of phisico–geographical features of the upper reach of the Hernád-River *Acta Geographica Debrecina*, Tomus XIII., pp. 81–104.
  83. **Pinczés Z., Csorba P. (1988):** Problems of cryoplanational slope evolution in the NW part of the Tokaj Mountains. *Studia Geomorphologica Carpatho–Balcanica* XXII., pp. 5–19.

84. **Radócz Gy. (1971):** A Cserehát pannóniai üledékekkel fedett területének mélyföldtani felépítése – MÁFI Évi Jelentése 1969-ről., pp.213-234.
85. **Rakonczai J., Ladányi Zs. (2010):** A sejthető klímaváltozás és a Duna-Tisza közti Homokhátság. In: Forrás 42. évf. / 7-8. szám, pp. 140-152.
86. **Richards, K. S. (1982):** Rivers: Form and process in alluvial channels. Methuen, London and New York, p. 358.
87. **Rónai A. (1961):** Negyedkori képződmények tanulmányozása a Bódva-Hernád közén. – Földtani intézet Évi Jelentése 1957-58-ról, pp.165-200.
88. **Russ, D.P. (1982):** Style and significance of surface deformation in the vicinity of New Madrid, Missouri, Geological Survey Professional Paper, US., pp. 95-114.
89. **Schumm, S.A. (1963):** A tentative classification of alluvial river channels. US Geol. Surv. Circ. V477.
90. **Schumm, S. A., Khan, H.R. (1972):** Experimental study of channel patterns. Geological Society of America Bulletin 83, 1755–1770.
91. **Schumm, S. A. (1981):** Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications. Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Pub. 33., pp. 19-29.
92. **Simon, A.; Collison, A.J.C. (2002):** Quantifying the mechanical and hydrologic effects of vegetation on streambank stability. Earth Surf Process Land 27., pp. 527–546.
93. **Smith N. D.; Mc Carthy, T.S.; Ellery, W.N.; Merry, C.L. Rüther, H. (1997):** Avulsion and anastomosis in the panhandle region of the Okavango Fan, Botswana. Geomorphology 20., pp. 49-65.
94. **Szabó J. (1982):** Gondolatok a csuszamlásos folyamatok általános jellemzéséhez különös tekintettel az osztályozás kérdéseire. - ACTA GEOGRAPHICA DEBRECINA, pp.83-114.
95. **Szabó J. (1991):** A csuszamlásos folyamatok tér- és időbeli változásai Magyarországon. Acta Geographica Debrecina, 28-29. köt., pp.279-297.
96. **Szabó J. (1993):** Vergleichende Untersuchungen der Rutschungsprozesse in Ungarn. Berliner Geographische Arbeiten. Heft. 79. Berlin, pp. 133-161.
97. **Szabó J. (1995):** A felszínmozgások (csuszamlások) elterjedése Magyarországon – a kataszteri felvételek tükrében. - ACTA GEOGRAPHICA DEBRECINA, 33. köt., pp.77-91.
98. **Szabó J. (1995):** Stellenwert der Rutschungsprozesse bei der morphologischen Entwicklung der Hochuferstrecken von Flüssen - dargelegt am Beispiel des Hernad-Tales in Ungarn. - Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft. 137. Jg. Wien, pp. 141-160.
99. **Szabó J. (1996):** Csuszamlásos folyamatok szerepe a magyarországi tájak geomorfológiai fejlődésében. Habilitációs értekezések. Kossuth Egyetemi Kiadó Debrecen, p. 223.
100. **Szabó J. (1997):** Magaspartok csuszamlásos lejtőfejlődése a Hernád-völgyben. Földr. Közl. CXXI.(XLV.) kötet / 1. sz., pp.17-46.
101. **Szabó J. (1998):** A vízfolyások földrajza – In: Borsy Z. (szerk.) Általános természetföldrajz. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt. Bp., pp.160-174.

102. **Szabó J. (1999):** Landslide activity and land utilisation at the high river bank zones. In: Landslides. Eds. J. S. Griffiths & M. R. Stokes, R. G. Thomas A. A. Balkema / Rotterdam / Broekfield, pp. 147-154.
103. **Szabó J. (2003):** A Hernád-völgy felszínalakotana, értékelése, javaslatok a szükséges védelmi intézkedésekre. In: Hernád Kezelési Terv. Kézirat, Debrecen, 2003., p.20.
104. **Szabó J. (2007):** A Hernád-völgy felszínalakotani jellemzése különös tekintettel a geomorfológiai természetvédelemre. In: Peja Győző emlékkönyv. Szerk: Frisnyák S.-Gál A., Nyíregyháza-Szerencs, pp. 101-116.
105. **Szabó J. (2008):** Természeti értékek és veszélyek morfológiai példákkal. Földrajzi Értesítő 57. évf. 1-2., pp. 125-134.
106. **Szabó J., Kozma K., Lóki J. (2011):** Újabb adalékok a Hernád partfejlődéséhez. In: A magyarországi Hernád-völgy. Földrajzi Tanulmányok. Nyíregyháza-Szerencs, pp. 21-42.
107. **Szász G. (1994):** Magyarország éghajlata és annak változékonysága. In: Cselőtei-Harnos (szerk.) Éghajlat, időjárás, aszály. Az időjárás változékonysága és hidrológiai vonatkozásai. Budapest, 1994., pp. 59-103.
108. **Sziebert J., Zellei L. (2009):** Hernád nagyvízi állapotainak vizsgálata ID hidraulikai modell alkalmazásával. MHT XXVI. Országos Vándorgyűlés. Baja (CD, ISBN 978-963-8172-23-5)
109. **Szlabóczky P. (1986):** A Hernád magaspartai csúszások Pere-Felsődobsza közötti szakaszának bemutatása. Mérnökgeológiai Szemle, 35. sz., pp.1-16.
110. **Szlávik L. (2002):** Árvízvédelem. In: Somlyódi L. (szerk.) A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. MTA Budapest, pp. 205-243.
111. **Sun, T.; Meakin, P.; Jossang, T.; Sczwarz, K. (1996):** A simulation model for meandering river. Water Res. Research 32., pp. 2937-2954.
112. **Thorne, C. R. (1982):** Processes and mechanism of river bank erosion. In: Thomas, C.R.; Bathurst, J.C.; Hey, R.D. - Gravel bed rivers, Chichester: Wiley, pp. 227-271.
113. **Tímár G. (2003):** Controls on channel sinuosity changes: a case study of the Tisza River, the Great Hungarian Plain, G., Quaternary Science Reviews 22., pp. 2199–2207.
114. **Tímár G. (2005):** Az alluviális folyók alakotípusai és a típusok kialakulásának feltételei. Hidrológiai Közölny 85.évf./1., pp. 1-10.
115. **Trummer Á. (1933):** A Hernád mellékvizeinek rendezése. In: Vízügyi Közlemények XV. évf./ január-június, Budapest, pp. 111-166.
116. **VITUKI (1998):** Regionális Vízgazdálkodási Terv a Hernád magyarországi vízgyűjtőjére. p.82.
117. **Ward, R. (1978):** Floods – a geographical perspective. Macmillan, London, p. 244.
118. **Wolmann, M.G. (1959):** Factors influencing erosion and cohesive river bank. American Journal of Science 257., pp. 204-216.
119. **Wolmann, M.G.; Miller, J.P. (1960):** Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. Journal of Geol. 68., pp. 54–74.

### **Egyéb feldolgozott irodalom:**

1. IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Annex I, p. 941., 2007.
2. <http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/V%C3%8DZTESTEK.pdf>
3. [www.enfo.agt.bme.hu](http://www.enfo.agt.bme.hu)

## **10. Mellékletek**



*1. kép: „A” típusú fejlődési forma - oszlopos leválás (saját felvétel)*



*2. kép: „A” típusú fejlődési forma - bedőlés jelensége a függőleges partfal mentén az óstófalvai kanyarulatban (saját felvétel)*



*3. kép: „A” típusú pusztulási forma - blokkokban pusztuló partszakasz Nagykinizsnél (saját felvétel)*





4. kép: „B” típusú pusztulási forma – több méter hosszan húzódó lépcsős leszakadás a sóstófalvai kanyarulat egy szakaszán (saját felvétel)



5. kép: „B” típusú pusztulási forma – leszakadt tömbök feldarabolódása Alsódobszánál (saját felvétel)



1. táblázat: Havi csapadékösszegek változásai 30 éves időszakra bontva

	mer. mm/év		mer. mm/év		mer. mm/év		mer. mm/év	
	1890- 1920	1890- 1920 [mm]	1921- 1950	1921- 1950 [mm]	1951- 1980	1951- 1980 [mm]	1981- 2013	1981- 2013 [mm]
<b>Jan.</b>	-0,16	-5,03	0,26	7,71	0,06	1,73	0,06	1,97
<b>Feb.</b>	0,36	11,17	0,41	12,27	-0,58	-17,34	0,01	0,48
<b>Mar.</b>	-0,17	-5,42	-1,16	-34,72	0,23	7,01	-0,20	-6,71
<b>Apr.</b>	-1,27	-39,48	0,11	3,25	0,46	13,74	-0,24	-8,08
<b>May</b>	-0,08	-2,53	-1,25	-37,60	-0,26	-7,68	0,76	25,22
<b>June</b>	-2,41	-74,72	1,13	33,81	0,28	8,42	0,70	23,15
<b>July</b>	-0,56	-17,21	0,73	22,04	0,09	2,76	0,88	28,97
<b>Aug.</b>	0,75	23,21	-2,03	-60,86	-0,83	-24,99	-0,42	- 13,95
<b>Sept.</b>	1,31	40,57	-0,93	-27,99	-0,10	-3,04	-0,17	-5,69
<b>Oct.</b>	-1,53	-47,34	-0,81	-24,25	0,29	8,84	-0,31	- 10,37
<b>Nov.</b>	0,05	1,63	1,32	39,61	0,07	1,99	-0,20	-6,53
<b>Dec.</b>	0,14	4,43	1,00	30,10	-0,60	-18,07	0,13	4,43

2. táblázat: 30 éves időszakok meredekségei és csapadékváltozása (éves összes)

Év kezdet	Év vége	meredekség [mm/év]	Csapadékváltozás [mm]
1890	1919	-3,571	-107,139
1891	1920	-4,545	-136,364
1892	1921	-2,959	-88,780
1893	1922	-3,775	-113,260
1894	1923	-1,423	-42,699
1895	1924	-1,467	-44,000
1896	1925	0,718	21,548
1897	1926	2,630	78,897
1898	1927	5,530	165,904
1899	1928	3,274	98,205

1900	1929	1,456	43,691
1901	1930	2,919	87,563
1902	1931	4,026	120,770
1903	1932	2,125	63,745
1904	1933	2,460	73,804
1905	1934	0,302	9,058
1906	1935	-0,894	-26,822
1907	1936	0,208	6,251
1908	1937	-0,771	-23,138
1909	1938	-2,071	-62,126
1910	1939	-1,932	-57,952
1911	1940	-1,220	-36,585
1912	1941	-2,862	-85,847
1913	1942	-4,535	-136,059
1914	1943	-0,978	-29,338
1915	1944	2,923	87,678
1916	1945	1,579	47,368
1917	1946	-1,723	-51,677
1918	1947	-3,339	-100,169
1919	1948	-2,189	-65,675
1920	1949	-0,975	-29,259
1921	1950	-1,221	-36,626
1922	1951	1,027	30,808
1923	1952	3,059	91,774
1924	1953	2,997	89,908
1925	1954	2,223	66,691
1926	1955	3,225	96,739
1927	1956	1,850	55,508
1928	1957	2,318	69,537
1929	1958	2,911	87,330
1930	1959	1,543	46,298
1931	1960	3,684	110,516
1932	1961	2,774	83,232
1933	1962	1,163	34,892
1934	1963	1,038	31,128
1935	1964	0,410	12,294
1936	1965	0,848	25,448

1937	1966	1,844	55,315
1938	1967	1,254	37,615
1939	1968	0,256	7,689
1940	1969	-0,193	-5,793
1941	1970	1,462	43,869
1942	1971	0,859	25,769
1943	1972	-0,257	-7,715
1944	1973	-1,748	-52,432
1945	1974	0,529	15,884
1946	1975	0,711	21,330
1947	1976	-0,600	-18,013
1948	1977	-1,640	-49,195
1949	1978	-1,427	-42,821
1950	1979	-1,143	-34,298
1951	1980	-0,888	-26,626
1952	1981	-0,319	-9,577
1953	1982	1,257	37,708
1954	1983	0,491	14,732
1955	1984	-0,051	-1,526
1956	1985	1,348	40,448
1957	1986	-1,383	-41,477
1958	1987	-2,114	-63,414
1959	1988	-1,445	-43,360
1960	1989	-1,476	-44,281
1961	1990	0,242	7,274
1962	1991	-0,759	-22,768
1963	1992	-2,069	-62,084
1964	1993	-3,565	-106,941
1965	1994	-4,058	-121,749
1966	1995	-2,969	-89,060
1967	1996	-1,106	-33,178
1968	1997	-1,971	-59,134
1969	1998	-1,068	-32,045
1970	1999	-1,435	-43,057
1971	2000	-2,072	-62,153
1972	2001	-4,721	-141,635
1973	2002	-4,848	-145,442

1974	2003	-7,248	-217,445
1975	2004	-5,009	-150,276
1976	2005	-4,048	-121,451
1977	2006	-3,804	-114,109
1978	2007	-3,738	-112,131
1979	2008	-3,118	-93,526
1980	2009	-2,304	-69,106
1981	2010	1,245	37,344
1982	2011	0,718	21,554
1983	2012	1,366	40,979
1984	2013	1,093	32,777

3. táblázat: A lehullott legnagyobb napi csapadék értékek 2000-2013 között Hidasnémetinél (az értékek a 30 mm vagy a feletti napi csapadékösszegeket mutatják be)

év	hónap	nap	eső (mm)
2002.	augusztus	9.	59
2003.	szeptember	11.	37
2004.	március	24.	30
	július	26.	45
	július	27.	61
2005.	május	18.	45
	június	9.	46
2006.	június	3.	31
	június	27.	31
2007.	augusztus	7.	56
2008.	augusztus	9.	39
2010.	május	16.	52
	június	1.	42
	június	3.	35
	július	27.	39
2011.	június	23.	30
	július	20.	37
2012.	október	27.	33
2013.	június	04.	33