

Jelenkori tektonizmus hatása a Hernád kanyarulatfejlődésére¹

Blanka Viktória

Bevezetés

A Hernád völgyének fejlődését a tektonikus hatások jelentős mértékben befolyásolják. A bemutatásra kerülő kutatás célja ezeknek a hatásoknak kimutatása és értékelése a folyó kanyarulatfejlődése (kanyarulatfejlődés típusa és mértéke) és kanyarulatainak paraméterei (kanyargósság, meanderezési övezet szélessége) alapján.

A kanyarulatfejlődés tér- és időbeli változásainak vizsgálatára a Hernád különösen jó lehetőséget nyújt, mivel kanyarulatának fejlődése gyors, így néhány évtized alatt jelentős változások figyelhetők meg a kanyarulatok alakjában és a meder helyzetében. Ráadásul a Hernádon a szabályozások csak rövidebb szakaszokon, helyi jelleggel történtek, ezért alkalmas arra, hogy a kanyarulatfejlődés természetes folyamatait rajta tanulmányozhassuk.

A tektonikus mozgások – törésvonalak menti elmozdulások – a folyórendszerre jelentős hatást gyakorolhatnak (Watson et al. 1983, Smith et al. 1997). Hatásukra megváltozhat a vízgyűjtőterület vízhálózatának alakrajza, a meder feltöltődhet vagy bevágódhat, megváltozhat a medermintázat vagy a kanyargósság (szinuszitás), de mederáthelyeződést és a meder eltérítését is okozhatja. Watson et al. (1983) Mississippin végzett vizsgálatai alapján 3 mm/év függőleges elmozdulás már lényeges változásokat okozott a kanyargósság mértékében, ami leginkább annak a következménye volt, hogy mederesés a kiemelkedés középpontjától folyásirányban felfelé csökkent, attól lefelé pedig nőtt. Russ (1982) megállapította, hogy a tektonizmus hatására lecsökkent mederesés ellensúlyozása érdekében vízfolyások csökkentik kanyargósságukat. A kiemelkedés középpontjától folyásirányban lefele, ahol megnövekedett az esés, a folyó bevágódott, vagy nőtt a meanderezési hajlama. Tímár (2003) a Tisza mentén a negyedidőszaki üledékek vastagságát, mint a terület süllyedésének mértékét mutató paramétert és a folyó kanyargósságának mértékét vizsgálva megállapította, hogy ahol a legvékonyabb az üledék vastagsága, azaz legkisebb mértékű a süllyedés (a környezetéhez viszonyítva relatív emelkedést jelent), ott tapasztalható a legnagyobb kanyargósság.

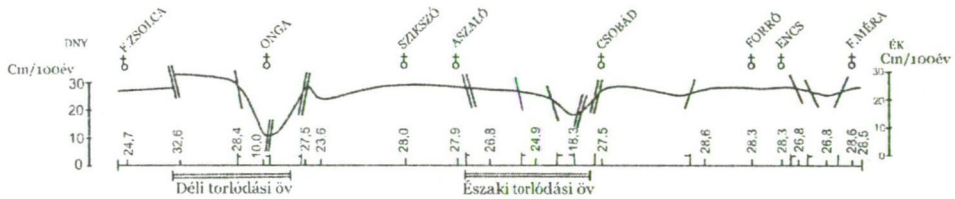
¹ A kutatást az OTKA 68897 és 62200 sz. pályázatai támogatták.

A folyó meanderezésének változása tehát jól mutatja a törésvonalak helyét és a függőleges elmozdulás mértékének különbségét a tektonikailag aktív területeken.

Watson et al. (1983) figyelmeztetett azonban, hogy az alluviális vízfolyások a hidrológiai és hordalék-szállítási paraméterek változására is érzékenyen reagálnak, ezért nehéz meghatározni, hogy mely vízfolyások állnak ténylegesen tektonikus hatás alatt. A tektonikus hatások következményeinek felismerését tovább nehezíti, hogy az emberi beavatkozások akár teljesen el is fedhetik.

Mintaterület

A Hernád és a Sajó között egy „V” alakú törésrendszer található, amely a Szepes–Gömöri Érchegység legfiatalabb mozgásai során alakult ki – valószínűleg a miocén kori vulkanizmussal egy időben keletkezett. A déli területen két erősen fejlett és ma is fejlődésben lévő diszlokációs (torlódásos) öv alakult ki (1. ábra). A torlódásos övezetekben felboltozódások jöttek létre, melyek ma is erősen mobilisak (1–3,2 mm/év). Az emelkedés mértéke dél felé egyre nagyobb, mivel a „V” alakú szerkezet déli irányban szűkül, így a vertikális mozgások intenzitása is növekszik (Bendefy 1973).



1. ábra: A Sajó-Hernád közének szintváltozási szelvénye (Bendefy 1973)

Mivel a tektonikai mozgások intenzívek a vizsgált szakaszon, ezért a kanyarulatok jellemzőinek tanulmányozása jó lehetőséget nyújthat a jelenkori tektonizmus hatásainak vizsgálatára. Bendefy (1973) a medervándorlással övezett sáv szélességének vizsgálata alapján megállapította, hogy az 1789 és 1936 közötti időszakban a Hernád szerkezetileg nyugodt szakaszain a medervándorlással, kanyarulatok fejlődésével érintett sáv szélessége átlagosan 280–300 m körül volt, míg a szerkezeti mozgásokkal befolyásolt szakaszokon 400 m-re szélesedett, sőt helyenként elérték a 700–850 m szélességet is.

A Hernád magyarországi szakaszának átlagos esése 55 cm/km (Csoma 1973a). A hordalékszállítás jellemzője a vízhozamhoz viszonyítva aránytalanul sok lebegtetett hordalék és a rendkívül nagy, szélsőséges hordaléktöménység. Igen nagy a görgetett hordalékszállítás volumene is (Csoma 1973b), ezért a Hernád magyarországi szakaszát rendkívül erős kanyargási hajlam jellemzi (Laczay 1973).

A vizsgált folyószakasz Böcs és Felsődobsza között helyezkedik el 15,3 fkm és 54,7 fkm között (2. ábra), a Hernád jelenkori tektonikus hatások által leginkább befolyásolt szakaszán. A folyószakaszt a felsődobszai és a böcsi duzzasztómű határolja. (A böcsi duzzasztómű fölött a visszaduzzasztás hatása majdnem Gesztelyig érezhető, így ezen a szakaszon a vízfelszín esése csökkent.)



2. ábra: A mintaterület elhelyezkedése

A partok anyaga a vizsgált szakaszon nem változik jelentősen, az átlagos szemcseátmérő mindenütt 0,04 és 0,09 mm, a mederanyag pedig a vizsgált szakasz felső végétől, a felsődobszai duzzasztótól folyásirányban lefelé finomodik (Csoma 1973b). A vizsgált szakasz nagy része szabályozatlan, partbiztosítás és vezetőművek csupán Szentistvánbaksa határában a falu védelmére, valamint a szakasz déli részén 21–25 fkm között találhatóak (itt több kanyarulat-átvágás is történt), vagyis a kanyarulatfejlődést szabályozási művek a szakasz nagy részén nem befolyásolják.

Módszerek

A vizsgálatokat a Hernád alsó, a tektonikus mozgások által leginkább érintett Felsődobsza és Böcs közötti szakaszán végeztük. A tektonikus hatások felismerését, értékelését nehezítik az emberi beavatkozások, pl. duzzasztóművek (Felsődobsza és Böcs), mivel a duzzasztás következtében megváltozik a vízszint esése. A tektonikus hatást a folyószakaszok kanyargóssága, a meanderezési övezet szélessége, valamint a völgy esése alapján vizsgáltuk.

A kanyargósság és a meanderezési övezet szélességének vizsgálatához térkép-szelvényeket (1883 és 1985), vízügyi felmérési térképlapokat (1937, 1957 és 1972), valamint műholdfelvételt (2007) használtunk. Az esés vizsgálatát a Vízrajzi Atlasz (1973) hosszmetsete alapján végeztük el. A felvételeket Erdas Imagine szoftverrel korrigáltuk, a méréseket pedig ArcView-ban végeztük.

A szakaszok lehatárolásakor Laczay (1982) osztályozási rendszerében az érett kanyarok alsó határához (1,42) tarozó értéket, a meanderezési övezet szélességéhez pedig a Bendefy (1973) által megállapított értékeket (300–400 m) vettük figyelembe.

A vizsgált paraméterek (kanyargósság és a meanderezési övezet szélessége) alapján a 42 km-es folyószakaszon 8 eltérő kanyargósságú egységet határoltunk le, amelynek fele (2, 4, 6 és 8) nagyobb kanyargósságú szakasz, ahol a meanderezési övezet szélessége is nagy. Az ezektől északra elhelyezkedő szakaszok (1, 3, 5 és 7 szakasz) kanyargóssága és a meanderezési övezet szélessége lényegesen kisebb.

Eredmények

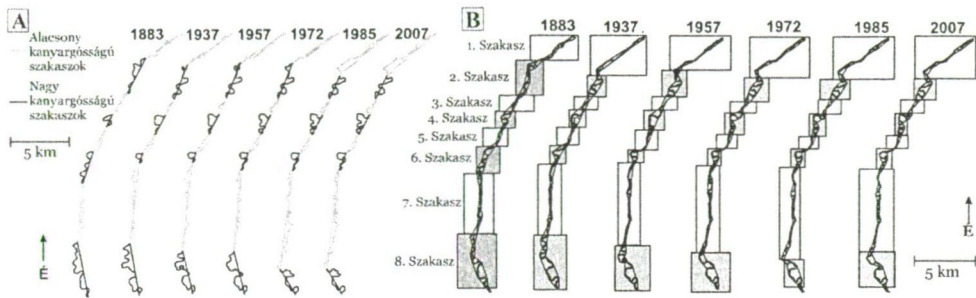
A kanyargósság és a meanderezési övezet szélessége a vizsgált folyószakaszon
A folyószakasz kanyargóssága időben változott. A meder hossza a Felsődobsza és Böcs közötti szakaszon 1883 óta a vizsgált időpontok között folyamatosan növekedett (36,3 km-ről 43,1 km-re), ezzel együtt növekedett a kanyargósság is (1,43-ról 1,69-re) a folyószakaszon (1. táblázat).

1. táblázat: A meder hossza és kanyargóssága a vizsgált szakaszon 1883 és 2007 között

	mederhossz (km)	kanyargósság
1883	36,33	1,43
1937	37,14	1,51
1957	39,25	1,59
1972	39,28	1,59
1985	42,02	1,65
2007	43,12	1,69

A meanderezési övezet szélessége és a kanyargósság alapján mindegyik vizsgált időpontban jól elhatárolhatóak erősen kanyargós és gyengén kanyargós szakaszok (3. ábra). A jelentős mértékben kanyargós szakaszokon a meanderezési övezet szélessége általában 400 m és 900 m között változik. A legnagyobb érték 986 m (8. szakasz 1972), de a legkisebb értékek is ritkán csökkennek 350 m alá (188 m: 8. szakasz 1957). Az erősen kanyargós szakaszok minimum és maximum értékei, a kanyarulatok fejlődésével párhuzamosan az egyes időpontok között jelentősen változhatnak. A legnagyobb változékonyság a 4. szakaszon figyelhető meg, itt a legnagyobb értékek ingadozása meghaladja a 200 m-t (1972-ben 665 m,

ill.1957-ben 869 m). A minimum értékek ingadozása (355 m) is itt a legnagyobb, mivel ezen a szakaszon leggyorsabb a kanyarulatok fejlődési üteme (2. táblázat).



3. ábra: Az eltérő kanyargósságú folyószakaszok (A), illetve burkolóterületeik változása (B) 1883 és 2007 között

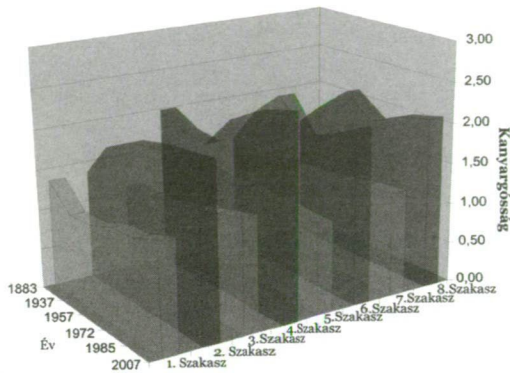
A gyengén kanyargós szakaszokon ezzel szemben a meanderezési övezet átlagos szélessége lényegesen kisebb (100 m és 300 m között ingadozik) és a legnagyobb értékek (451 m) is ritkán haladják meg az erősen kanyargós szakaszoknál megfigyelhető minimum értékeket. A legkisebb érték pedig alig haladja meg az 50 m-t (57 m). A maximum és minimum értékek ingadozása is kisebb a vizsgált időszakban, mint az erősen kanyargós szakaszoknál [a legnagyobb értékek ingadozása 131 m (5. szakasz), a minimum értékek ingadozása 225 m (3. szakasz)].

2. táblázat: A kanyarulatok tágassága az egyes szakaszokon a különböző időpontokban

	Meanderezési övezet szélessége (m)					
	1883	1937	1957	1972	2000	2007
1. szakasz	103–393	57–384	71–284	113–313	78–344	124–311
2. szakasz	291–744	466–765	260–800	449–781	331–779	433–756
3. szakasz	196–332	326–347	276–283	103–273	101–315	119–343
4. szakasz	505–684	619–824	390–869	264–665	318–729	386–774
5. szakasz	156–326	152–348	88–328	68–277	72–280	54–217
6. szakasz	433–618	437–757	514–637	568–671	597–674	627–702
7. szakasz	193–411	126–403	119–420	101–434	78–451	74–426
8. szakasz	315–836	438–898	188–936	354–986	307–985	537–973

A meanderezési övezet szélességével párhuzamosan az egyes szakaszok kanyargóssága is jelentős különbségeket mutatott (4. ábra). (Kizárólag az első időpontban, 1883-ban az 1-es és a 2-es szakasz nem mutatott a jelentős kü-

lönbséget, bár ezek a meanderezési övezet szélessége alapján itt is egyértelműen lehatárolhatók.)



4. ábra: A kanyargósság változása az egyes szakaszokon

Az erősen kanyargós szakaszokon a kanyargósság értéke általában 1,8 és 2,5 közötti. Csupán az 1937-es évet megelőző időpontokban fordult elő 1,8-nál kisebb kanyargósság érték. A gyengén kanyargós szakaszokon ezzel szemben a kanyargósság értékek valamennyi időpontban minden szakaszon lényegesen kisebbek, a legkisebb érték csupán 1,06 és a legnagyobb érték (1,42) sem éri el a nagy kanyargósságú szakaszoknál megfigyelhető legkisebb jellemző értéket (1,44). A szakaszok többségében (1, 2, 3, 6, 7. szakasz) az általános folyamattal megegyezően a kanyargósság folyamatosan növekedett a vizsgált időszakban. A 4. szakaszon a kanyargósság ingadozását kanyarulatlefüződés miatti rövidülések okozták, a 8. szakaszon pedig a 20. századi szabályozások és kanyarulat átvágások gyakoroltak jelentős hatást, míg az 5. szakaszon a kanyargósság közel azonos maradt.

Megfigyelhető, hogy az erősen kanyargós szakaszokon a kanyargósság változékonysága (a meanderezési övezet szélességének ingadozásához hasonlóan) lényegesen nagyobb, mint a gyengén kanyargós szakaszokon. Míg az előbbi szakaszokon a változékonyság mértéke mindenütt meghaladja a 0,5-öt, az utóbbi szakaszok esetében akár 0,05 is lehetett (5.szakasz), ami azt mutatja, hogy az erősen kanyargós szakaszokon a kanyarulatok fejlődésének mértéke is lényegesen gyorsabb, mint a gyengén kanyargós szakaszokon.

A különböző szakaszokra jellemző kanyarulatfejlődési és morfológiai típusok

Az egyes szakaszokra általánosan jellemző kanyargósság és a meanderezési övezet szélesség változás bemutatása után egy-egy jellegzetes szakaszon részletesen

is bemutatjuk milyen kanyarulat fejlődési és morfológiai típusok jellemzik az erősen kanyargó és a gyengén kanyargós szakaszokat.

A kanyarulat fejlődési és morfológiai típusai a gyengén kanyargós szakaszon

A 7. szakasz a gyengén kanyargós szakaszok közé tartozik. Kanyargóssága alacsony, de a vizsgált időszakban folyamatosan növekedett (1,09-ről 1,29-re). A medermintázat jellemzője 1883-ban a rendkívül kicsi kanyargósság (1,09), ennek oka, hogy az általában egyenes folyószakaszon csak álkanyarok voltak jellemzőek. Az azóta eltelt időszakban megfigyelhető a meder hosszának és ezzel együtt kanyargósságának növekedése. Ennek következtében csökkent az egyenes szakaszok hossza és mára az álkanyarulatok jelentős része valódi kanyarulattá alakult, azonban ezeknek a kanyarulatoknak az amplitúdója, és a tágassága jelenleg is kicsi, amit a burkoló vonalak távolsága is mutat (sok esetben nem vagy csak alig haladja meg a 100 métert). A szakaszon a jellemző kanyarulatfejlődési mód az egyszerű, vagyis a folyásirányban lefelé történő vándorlás, miközben a kanyarulatok megőrzik szimmetrikus formájukat, ami Kinoshita (1961) szerint a kis amplitúdójú kanyarulatokra legáltalánosabban jellemző fejlődési típus. A többi gyengén kanyargós szakaszon is leginkább az egyenes szakaszok és az álkanyarulatok jellemzőek, a valódi kanyarulatok pedig kis amplitúdójúak.

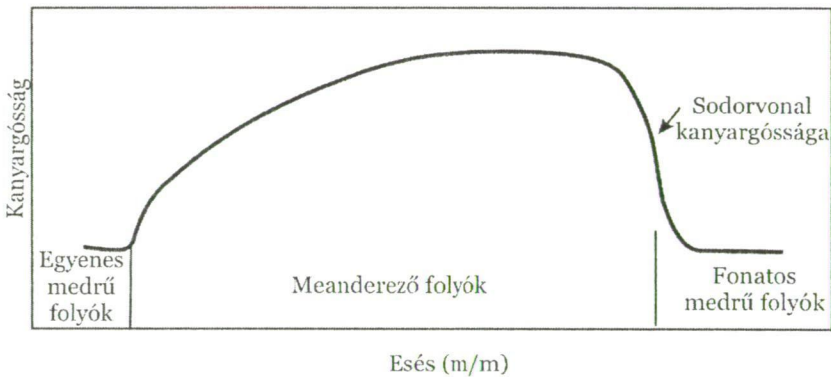
A kanyarulat fejlődési és morfológiai típusai az erősen kanyargós szakaszon

Az erősen kanyargós szakaszok közül a 4. szakaszon a legnagyobb a kanyarulatfejlődés üteme, ezért ennek a típusnak a fejlődését ezen mutatjuk be. A szakasz kanyargóssága nagy, 1,60 és 2,46 között változott. Itt nem figyelhető meg folyamatos növekedés a kanyargósság mértékében, a kanyarulatlefűződése miatt ingadozás tapasztalható. A kanyarulatfejlődés mértékére jellemző, hogy az elmúlt 125 évben (1883 óta) a meder hossza 3,27 km m-ről 5,06 km-re növekedett, ami 1,8 km (54%), 14,5 m/év hossznövekedést jelent, annak ellenére, hogy két kanyarulat lefűződött a vizsgált időszakban. A középvonalak elmozdulása azt mutatja, hogy az inflexiós pontok helyzete nem változott jelentősen, sokkal inkább a kanyarulatok megnyúlása jellemző. A kanyarulatok megnyúlásával és a kanyarulati csúcsok vándorlásával nagyméretű, túlfejlődött kanyarulatok alakultak ki. A túlfejlődött kanyarulatok összetett kanyarulattá fejlődtek, kanyarulati ívükön másodlagos ívek alakultak ki. A másodlagos kanyarulati ívek tovább fejlődtek, melyeknek egy része önálló kanyarulattá alakult. A kanyarulatok hosszának növekedésével Hooke és Harvey (1983) szerint együtt jár a hurokképződés és a két csúcspontú kanyarulatok kialakulása, ugyanis ha a kanyarulati hossz és a maximális görbület meghalad egy határértéket, akkor az „egy kanyarulat – egy gázlőüst rendszer” már nem tartható fenn, és új gázlő képződik. A többi erősen

kanyargós szakaszon a 4. szakaszhoz hasonlóan nagyméretű kanyarulatok jellemzőek, melyek fejlődésük során összetett kanyarulatokká alakulhattak.

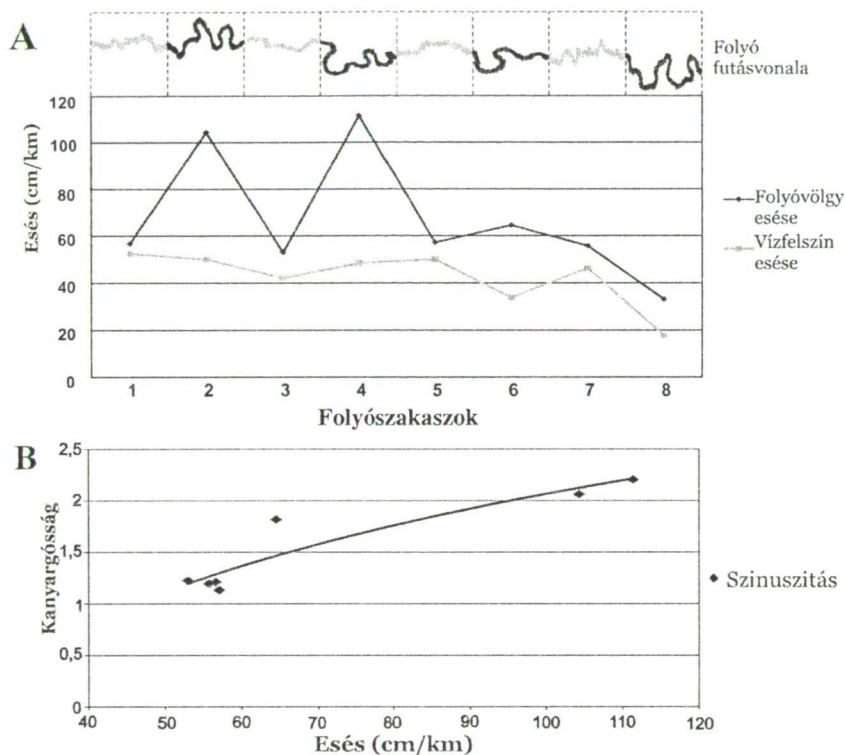
A völgy esése és a szakaszok kanyargóssága közötti kapcsolat

A különböző kanyargósságú szakaszok lehatárolása után vizsgáltuk a szakaszokra jellemző esés viszonyokat, hogy a kanyarulatfejlődés és a tektonizmus közötti kapcsolatrendszer feltárjuk. Az esés és a kanyargósság közti kapcsolatot Schumm és Khan (1972) dolgozta ki. E szerint a felszín esésének növekedésével a kanyargósság mértéke is növekszik egy határig, ami után hirtelen csökken a kanyargósság és az esés további növekedésével a medermintázat fonatossá válik (5. ábra). A Hernád a vizsgált szakaszon az esés sehol sem éri el azt a határt, ahol a kanyargósság hirtelen csökken, ezért a kanyargósság mértékének és a tektonikus hatások következtében megváltozott esés vizsgálatára a Schumm és Khan (1972) által felállított összefüggés alkalmazható.



5. ábra: Az esés és a kanyargósság kapcsolata (Schumm és Khan 1972)

A vízfelszín esését megvizsgálva azt tapasztaljuk, hogy az esés a vizsgált szakaszon hozzávetőleg azonos, kivétel képez az a legalsó (8. szakasz), ahol a duzzasztás hatására az esés nagymértékben lecsökkent. A vízfelszín esése azonban nem ad képet a felszín tényleges esésviszonyairól, ezért a vizsgált folyószakaszokon a felszín esésének vizsgálatához egy módosított esésgörbét használtunk, amely a vízfelszín esése helyett a folyóvölgy esését veszi figyelembe (6. ábra). Ezen a módosított esésgörbén jól látható, hogy a korábban lehatárolt nagy kanyargósságú szakaszokon a völgy esése lényegesen nagyobb a kis kanyargósságú szakaszokon megfigyelhetőnél. Az esés és a kanyargósság kapcsolatát vizsgálva pedig megállapítható, hogy a felszín esésének növekedésével a kanyargósság mértéke növekedett a vizsgált folyószakaszon (6b. ábra).



6. ábra: Az esés és kanyargósság kapcsolata. (A) A vízfelszín és a völgyszakaszok átlagos esése az egyes szakaszokon. (B) A völgyszakasz esése és a kanyargósság kapcsolata a vizsgált Hernád szakaszon

A törésrendszer a lehatárolt folyószakaszok alapján

Látható, hogy a vizsgált 42 km hosszú folyószakaszon kanyarulatfejlődés ütemében, típusában, a kanyarok méretében és a szakaszok kanyargósságában nagymértékben különböző szakaszok határolhatók le. A kanyargó folyómeder geometriai paraméterei Ackers (1982) szerint elsősorban a vízhozamtól és annak változásától, a völgy esésétől, a hordalékszállítás mértékétől, a part és a meder anyagától függenek, a hordalékszállítás mértékét pedig esés is befolyásolja.

A fenti paraméterek közül a vízhozamot, valamint a part- és a mederanyagot vizsgálva megállapítható, hogy a vízhozam nem változik a szakaszon, mivel jelentős mellékfolyó a vizsgált szakaszon nem ömlik a Hernádba, a partanyag és a mederanyag pedig szintén nem mutat a fenti szakaszoknak megfelelő változásokat. Ezekre a jelentős különbségekre nem adnak magyarázatot a szabályozások sem, mivel a folyószakasz legnagyobb részén nem található szabályozási művek.

A lehatárolt szakaszokon a kanyarulatok morfológiai különbségeink oka ezért valószínűleg a szakaszok esésében lévő különbség. Az esés-különbség pedig tektonikus hatásokra utal, azaz az erősen kanyargó szakaszok mutatják a tektonizmus hatására megnövekedett esésű területeket, ahol a mederesés növekedésének kiegyenlítésére a kanyargósság, a kanyarok hossza és a meanderezési öv szélessége is megnövekedett (Russ 1982). Ugyanakkor az intenzíven emelkedő térszínektől folyásirányban felfelé lévő szakaszok kiegyenesedtek, jelezve a felszín esésének csökkenését.

A vizsgált szakaszon megfigyelhető legnagyobb meanderezési övezet szélesség a legdélebbi, 8. szakaszon található, annak ellenére, hogy a bőcsi duzzasztó feletti szakaszon a duzzasztás a tektonizmus ellen hat, mivel a megnövekedett esést a visszaduzzasztás ellensúlyozza. Ennek oka, hogy a „V” alakú szerkezet D-i irányban szűkül, így a vertikális mozgások intenzitása is növekszik dél felé, a legdélebbi egység emelkedik a legintenzívebben, ezért már az emberi beavatkozások előtt is itt volt szélesebb a meanderöv tágassága.

A medermintázat ilyen jellegű változásainak tektonikus eredére utal az is, hogy a lehatárolt nagy kanyargósságú és viszonylag egyenes szakaszok a vizsgált térképek mindegyikén (1883 óta) ugyanott helyezkednek el, lefelé történő elmozdulásuk nem figyelhető meg.

A 8. szakasz esetében a szakasz északi határának nagyobb mértékű eltolódását az emberi beavatkozások okozzák, mivel a szakasz északi részén a kanyarulat átmetszések és partbiztosítások csökkentették a kanyargósságot és a meanderezési övezet szélességét.

Összegzés

A vizsgált paraméterek alapján a tanulmányozott 42 km hosszú folyószakaszon 8 egységet határoltunk le, amelynek fele nagyobb kanyargósságú szakasz, ahol a meanderezési övezet szélessége is megnövekedett. Ezek az erősen kanyargó szakaszok mutatják a tektonizmus hatására megnövekedett esésű szakaszokat, ahol a mederesés növekedésének kiegyenlítésére a kanyargósság (1,8–2,5), a kanyarok hossza és a meanderezési öv szélessége is megnövekedett (400–900 m). Ugyanakkor az intenzíven emelkedő térszínektől folyásirányban felfelé lévő szakaszok kiegyenesedtek (kanyargósság 1,06–1,42; meanderöv szélessége 100–300 m), jelezve a felszín esésének csökkenését. A medermintázat ilyen jellegű változásainak tektonikus eredére utal az is, hogy a lehatárolt nagy kanyargósságú és viszonylag egyenes szakaszok a vizsgált térképek mindegyikén (1883 óta) ugyanott helyezkednek el, és esésük is lényegesen különbözik.

Felhasznált irodalom

- Ackers P. 1982: Meandering Channels and the Influence of Bed Material. In: Hey R.D. – Bathurst J.C. – Thorne C.R. (eds): Gravel-bed Rivers. 389–421.
- Bendefy L. 1973: A Hernád Geomorfológiája. in. Vízrajzi Atlasz: Hernád. 16. kötet, VITUKI, 16–19.
- Csoma J. 1973a: A Hernádvölgy általános leírása. in. Vízrajzi Atlasz: Hernád. 16. kötet, VITUKI, 3–6.
- Csoma J. 1973b: A Hernád hidrográfiája. in. Vízrajzi Atlasz: Hernád. 16. kötet, VITUKI, 7–15.
- Hooke J.M. – Harvey A.M. 1983: Meander changes in relation to bend morphology and secondary flows. In: Collison J.D. – Lewin J. (eds.) Modern and Ancient Fluvial Systems. Special Publication of the International Association of Sedimentologists 6, Blackwell, Oxford. 121–132.
- Kinoshita R. 1961: Investigation of channel deformation in Ishikari River. Report for the Bureau of Resources 36. Dep. of Sci. And Technology Japan
- Laczay I. 1973: A Hernád kanyarulati viszonyai. in. Vízrajzi Atlasz: Hernád. 16. kötet, VITUKI, 23–29.
- Laczay I. 1982: A folyószabályozás tervezésének morfológiai alapjai. Vízügyi Közl. 64, 235–254.
- Russ D.P. 1982: Style and significance of surface deformation in the vicinity of New Madrid, Missouri: U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1236. 95–114.
- Schumm S.A. – Khan H.R. 1972: Experimental Study of Channel Pattern. Geol. Soc. of Am. Bull. 83, 1755–1770.
- Smith N.D. – McCarthy T.S. – Ellery W.N. – Merry C.L. – Rütther H. 1997: Avulsion and anastomosis in the panhandle region of the Okavango Fan, Botswana. Geomorphology 20, 49–65.
- Tímár G. 2003: Controls on sinuosity changes: a case study of the Tisza River, the Great Hungarian Plain. Quaternary Science Review 22, 2199–2207.
- Watson C.C. – Schumm S.A. – Harvey M.D. 1983: Neotectonic effects on river pattern. In: Elliott C.M. (ed): River Meandering. Proceedings of the Conference on Rivers, 55–66.