

A DRÁVA ANTROPOGÉN ÉS TERMÉSZETES HATÁSOKRA BEKÖVETKEZŐ MEDERSÜLLYEDÉSÉNEK BECSLÉSE A KISVÍZSZINTEK TRENDELEMZÉSE ALAPJÁN

Pomázi Flóra és Baranya Sándor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar,
Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék

KIVONAT

A Duna-vízgyűjtő magyarországi részének felülvizsgált, 2015. évi vízgyűjtő-gazdálkodási terve („VGT2”) alapján legtöbb folyónkon medermélyülés figyelhető meg, amely magával vonja a vízszintek süllyedését. A legjelentősebb medermélyülés a Dráva folyón tapasztalható (kb. 3-4 cm/év), amit a természetes mederváltozási folyamatok mellett különféle intenzív emberi beavatkozások (hagyományos folyószabályozási beavatkozások, vízlépcsők létesítése, intenzív folyami kotrás) váltottak ki. A folyó különböző hatásokra adott válaszait azonban meglehetősen nehéz elkülöníteni. Vizsgálataink során a kisvízszintekben bekövetkezett változások elemzésén keresztül tetünk becslést az egyes hatások arányára, felhasználva a rendelkezésre álló folyószabályozási, kotrási és hordalék adatokat is. A vízállás-idősorokon keresztül a különféle beavatkozások érvényesülési ideje is tetten érhető – törvényszerűen előbb-utóbb a folyómeder elér egy új egyensúlyi állapotot. A fő kiváltó okok megszűnése óta – az utóbbi évtized kisvízszintjei alapján – a Dráva medre stabilizálódni látszik.

KULCSSZAVAK: Dráva, egyensúlyi állapot, folyami kotrás, folyószabályozás, kisvízszint, medersüllyedés, tektonika, trendelemzés, vízlépcső

BEVEZETÉS

A folyók morfológiai változásai bekövetkezhetnek természetes vagy mesterséges hatások következtében, amelyek az esés, vagy a víz- és hordalékhozam módosításán keresztül hatnak a meder morfológiájára (Schumm 1977). Schumm (1977) alapján medersüllyedés következik be, ha i) változatlan vízjárás mellett csökken a hordalékhozam, ii) változatlan hordalékhozam mellett nő a vízhozam, iii) növekvő vízhozam mellett csökken a hordalékhozam – vagyis valamilyen módon a medersüllyedést megelőző állapothoz képest hordalékszegénnyé válik a víz. A folyók egyensúlyuk megzavarásakor természetes módon törekednek egy új egyensúlyi állapot elérésére, melynek legegyszerűbb módja saját medrük esésének, illetve alakjának változtatása (Galay 1983, Surian és Rinaldi 2003). Lane (1955) alapján az esés egyenesen arányos a hordalékhozammal és a mederanyag méretével, s fordítottan arányos a vízhozammal. Amennyiben (adott vízhozam mellett) megindul a medersüllyedési, bevágódási folyamat, az új egyensúlyi folyamat a mederanyag durvulásával vagy a folyó alakjának változásával alakul ki.

A medersüllyedés okai

A medersüllyedés okai között egyaránt szerepelnek antropogén és természetes hatások is, melyek egyaránt lehetnek közvetlenek és közvetettek is (Kiss 2014). Az egyes hatások azonban általában egymásra tevődnek, így igen nehéz elkülöníteni a rájuk adott válaszokat (Galay 1983, Rumsby és Macklin 1994, Liébault et al. 2005). Az indirekt természetes hatások (pl. klímaváltozás, tektonikai mozgások a vízgyűjtőn) leginkább a vízgyűjtőterületet érintik és a lefolyás módosítása révén megváltoztatják a víz- és hordalékhozamot (Kondolf et al. 2002) – amelyre a folyó morfológiai válasszal reagál. A direkt természetes hatások (pl. tektonikai mozgások a folyó hossz-szelvénye mentén, oldalirányú vándorlás) a mederesést és a meder morfológiáját alakítják (Galay 1983). A természetes hatásokra a folyó válaszája jóval lassabb, mint az antropogén hatások esetében (Kiss 2014).

Az antropogén hatások lehetnek direkt, azonnali és indirekt, elhúzódó hatások is. A lokális, direkt hatások közé tartoznak a folyószabályozási beavatkozások (pl. kanyarulat-átvágások és sarkantyúk), a folyami kotrás (folyószabályozási célú mederkotrás, illetve ipari homok- és kavicskitermelés), valamint a vízlépcsők építése. A folyószabályozási művek jellemzően a mederesés növelésén, illetve a meder szűkítésén keresztül okozzák a meder süllyedését, míg a kotrás és a vízlépcsők létesítése esetében a hordalékszállításban keletkező hiány pótlására következik be a meder eróziója. Az antropogén hatások közé sorolt területhasználat azonban szintén egy nagyobb területet, teljes vízgyűjtőt érintő, indirekt hatás, amely a lefolyási viszonyok módosításán keresztül hat a folyó mechanizmusaira (Gregory 2006). Ezekre a közvetlen hatásokra a folyó válaszája is elhúzódó jellegű.

Medersüllyedési folyamatok a hazai folyókon

Legtöbb folyónkon medermélyülés figyelhető meg (SOLVEX-BME 2014a-d). A Kárpát-medence tektonikai mozgásainak következtében az Alföld és a Kis-Alföld folyamatosan süllyed, magával vonva a síksági folyók medrének süllyedését is. A kiemelkedő területeken (pl. Dunántúli-középhegység) a teraszképződés mellett szintén a folyók bevágódása jellemző. Az emberi beavatkozások tovább növelték a medermélyülési folyamatok intenzitását. A jelentős folyószabályozási beavatkozások hatására megnövekedett a folyók munkavégző képessége, a vízlépcsők (hazai és határon túli, felvízi) azonban nagymértékben csökkentették az egyes folyókon felülről érkező hordalék mennyiségét. A Duna és a Tisza süllyedése hosszú távon a mellékfolyók fokozódó bevágódását is magával vonja (az erózióbázis süllyedése miatt), a Dunán és a Dráván pedig a mederkotrás is nagymértékben hozzájárult a medersüllyedéshez.

A Duna-vízgyűjtő magyarországi részének felülvizsgált, 2015. évi vízgyűjtő-gazdálkodási terve („VGT2”) alapján a következő víztesteken jelentős: a Dráva teljes magyar szakasza (kb. 3-4 cm/év), a Duna Szob fölötti, illetve Dunaföldvár alatti szakasza (kb. 1 cm/év), a Maros keleti és torkolati szakasza, a Mosoni-Duna alsó, torkolati szakasza, a Rába torkolati szakasza, a Sebes-Körös felső szakasza és a Tisza Kiskörétől a Hármas-Körös tartó része. A medermélyülés összesen kb. 670 km hazai folyószakaszt érint (OVF 2015).

A DRÁVA KISVÍZSZINTJEINEK TRENDELEMZÉSE

A Dráva alsó, Őrtilostól torkolatig tartó szakaszán összesen 14 vízmérce található (1. táblázat), melyek közül 10 állomás vízállás-idősort használtuk fel az elemzéshez. Az éves kisvízszint-idősorok előállításához a DDVIZIG állomásokra a napi adatsorok, a Horvát Meteorológiai Intézet (DHMZ) állomásokra pedig a 2019-ig archivált éves adatsorok (napi átlag) alapján történt.

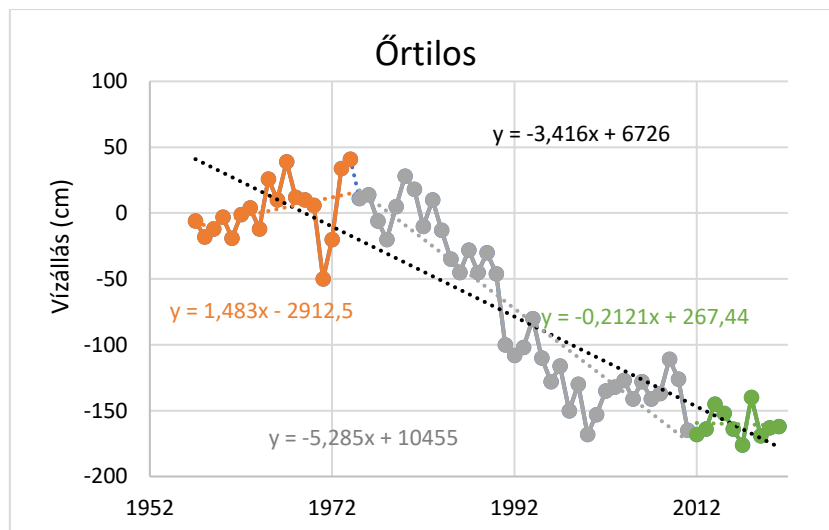
A kisvízi vízszintek alakulásának vizsgálata az antropogén hatásoknak megfelelően több időszakra bontva történt: a horvát vízlépcsők (Varaždin, Čakovec és Donja Dubrava) megépítését megelőző, 1975 előtti I. időszakban csak folyószabályozási beavatkozásokat végeztek; a II. időszakban már a vízlépcsők és a folyami mederkotrás hatásai az elsődlegesek; míg az utóbbi 10-20 évre már lényegében minden antropogén hatás megszűnt (III. időszak).

A vízszint-idősorok alapján kijelenthető, hogy a 20. század eleje óta folyamatosan csökkentek a kisvízi vízszintek, kb. 0.40-3.40 cm/év (átlagosan 1.80 cm/év) ütemben. A Barcs fölötti, természetesebb állapotú szakaszon csak néhány folyószabályozási beavatkozást (főként az érett és túlfejlett kanyarulatok átmetszését) végeztek, így az 1975 előtti időszakban csak enyhe, átlagosan 0.50 cm/év csökkenés következett be. A horvát vízlépcsők (kiváltképp a Donja Dubrava-i) hatása azonban 1975-től jelentősen megnyilvánult a kisvízi vízszintekben – 1975 és

2000 között 20-200 cm-rel (átlagosan 84 cm-rel) szálltak alá a kisvízszintek. Őrtilosnál (1. ábra) a Donja Dubrava-i erőmű üzembe helyezését követően 1989 és 2000 között közel 140 cm-rel csökkent a kisvízszint. A botovoi és a Novo Virje-i idősorokban felismerhető a kanyarulat-átvágások hatására 1980-ban, illetve 1982-ben bekövetkezett vízszintcsökkenés is. A rendelkezésre álló kotrási adatok ismeretében 1982 és 2001 között nagymértékű, ipari célú kavicskotrás gyorsította tovább a medermélyülést, és így a vízszintek csökkenésének folyamatát.

1. táblázat: A vízmércék adatai

Vízmérce	Helye (fkm)	Nullpont (mBf.)	Idősor	Üzemeltető
Őrtilos	235.90	125.94	1957-	DDVIZIG
Botovo	226.80	120.88	1926-2020	DHMZ
Novo Virje	200.60	108.19	1977-2020	DHMZ
Vízvár-Heresznye	187.59	101.195	2012-	DDVIZIG
Barcs	154.10	98.14	1901-	DDVIZIG
Terezino Polje	152.30	100.00	1925-2020	DHMZ
Szentborbás	133.10	94.74	1934-	DDVIZIG
Vrbovka	127.00	92.54	1997-2019	DHMZ
Moslavina	98.40	90.27	1968-2019	DHMZ
Donji Miholjac	80.50	87.90	1993-2020	DHMZ
Drávaszabolcs	77.70	86.76	1959-	DDVIZIG
Belišće	53.80	83.32	1962-2020	DHMZ
Eszék	18.96	80.81	1900-1912; 1920-2020	DHMZ
Bijelo Brdo	1.00	77.65	1964-1990; 2001-2013	DHMZ

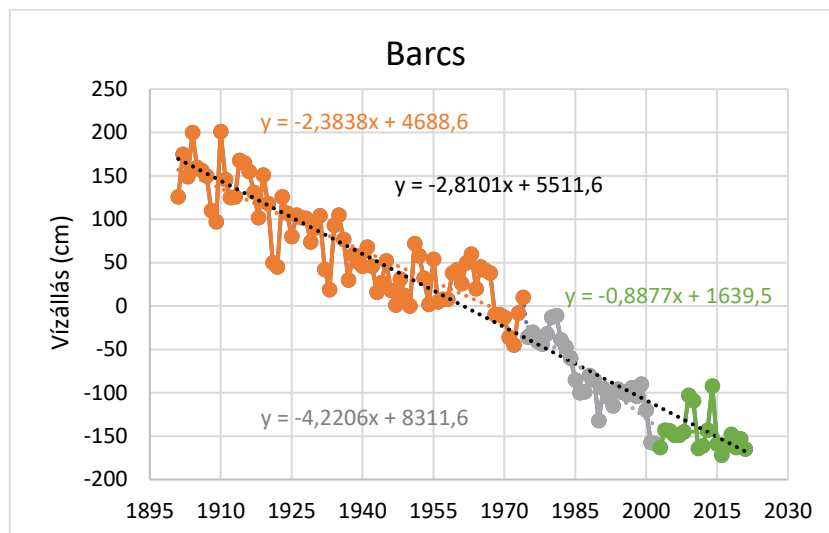


1. ábra: Az őrtilosi állomás kisvízszintjeinek alakulása.

A színek magyarázata: narancs: csak folyószabályozási beavatkozások (1975 előtt), szürke: vízlépcsők és meder-kotrás is (1975-2011), zöld: a kotrási tevékenység megszűnése óta (2012-től napjainkig); fekete: teljes időszak

A Barcs alatti, intenzíven szabályozott szakaszon 1975 előtt gyorsabb ütemben (átlagosan 2.08 cm/év) csökkentek a vízszintek (pl. 2. ábra). Az alsó szakaszon még az 1980-as években is több

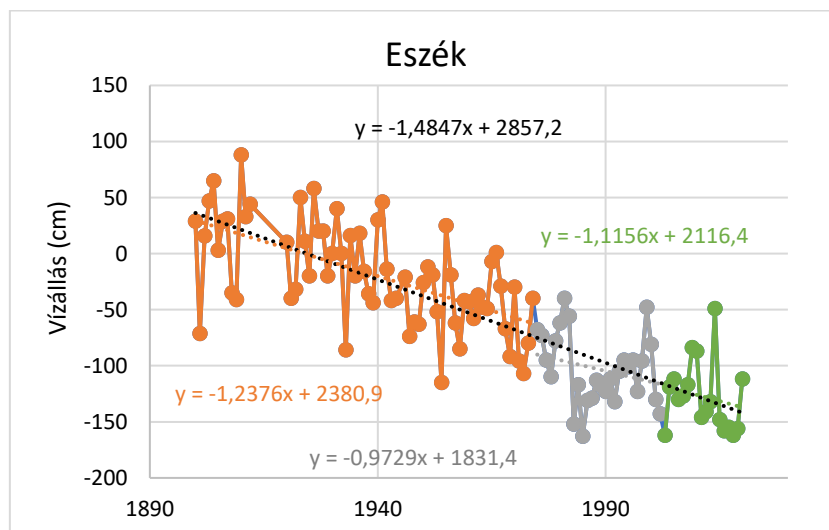
folyószabályozási beavatkozást végeztek, amely Barcs és Drávaszabolcs között időközben jelentős homokkotrásai tevékenységgel is kiegészült, tovább erősítve a vízszintek csökkenését (átlagosan 2.17 cm/év). 1975 és 2002 között az antropogén tényezők együttes hatására mintegy 40-120 cm-rel (átlagosan 83 cm) csökkentek a kisvízi vízszintek. Drávaszabolcs alatt, a torkolati szakaszon már nagymértékben megmutatkozik a Duna hatása, a vízszintek dinamikus alakulását döntően befolyásolja (pl. 3. ábra).



2. ábra: A barcsi állomás kisvízszintjeinek alakulása.

A színek magyarázata: narancs: csak folyószabályozási beavatkozások (1975 előtt), szürke: vízlépcsők és mederkotrás is (1975-2002), zöld: a kotrásai tevékenység megszűnése óta (2003-tól napjainkig); fekete: teljes időszak

A kisvízi vízszintek alakulása alapján elmondható, hogy - a 2014-es nedves év kiugró értékétől eltekintve - a vízszintek állandósulni látszanak, mely arra enged következtetni, hogy a kotrások megszűnése óta ki tudott alakulni egy új egyensúlyi állapot. Azonban fontos megjegyezni, hogy rövid idejű adatsorokról (utóbbi 10-20 év) van szó, amelyek nem feltétlenül tekinthetők reprezentatívnak és mindenképpen arra hívják fel a figyelmet, hogy folyamatos, további vizsgálatok szükségesek annak igazolására, hogy a Dráva medre közelít egy új egyensúlyi állapothoz.



3. ábra: Az eszéki állomás kisvízszintjeinek alakulása.

A színek magyarázata: narancs: csak folyószabályozási beavatkozások (1975 előtt), szürke: vízlépcsők és mederkotrás is (1975-2002), zöld: a kotrásai tevékenység megszűnése óta (2003-tól napjainkig); fekete: teljes időszak

A MEDERSÜLLYEDÉS LEHETSÉGES OKAINAK VIZSGÁLATA

A Dráva intenzív medersüllyedése többféle hatás (természetes és antropogén) következménye, melyek egymásra tevődnek, egyéni hatásuk nehezen különíthető el, mértékük nehezen becsülhető. A medersüllyedést kiváltó hatások feltárásában további nehézséget okoz, hogy kevés információ áll rendelkezésre a különböző tényezők vizsgálatához. Fontos kérdés az is, hogy az egyes tényezőkre milyen hosszú a folyó által adott válasz reakcióideje – a természeti hatásokra a folyó válaszáda például jóval lassabb, mint az antropogén hatások esetében.

Jelen tanulmányban a medersüllyedés értékének becslése a rendelkezésre álló hidrológiai adatok elemzése, valamint az ismert kotrási adatok alapján történt. A barcsi és eszéki vízszintek alapján elmondható, hogy már jóval előbb megindult a medersüllyedési folyamat a Dráván (Bonacci és Oskoruš 2010), azonban a legtöbb vízmércét csak a 20. század második felében telepítették, így csak onnantól vizsgálható részletesebben a medersüllyedési folyamat. A kotrási tevékenység elemzésében szintén bizonytalanság rejlik, hiszen kevés adat ismert a kotrások pontos helyszínéről, az illegális kotrási tevékenység pedig (értelemszerűen) egyáltalán nincs dokumentálva. A mederváltozásokat közvetlenül a mederfelmérések, medertérképek alapján lehetne meghatározni, azonban ilyen jellegű monitoring nem folyik a Dráván, az eseti mederfelmérésekből előállított medertérképek összeegyeztetése komplex feladat, s már a legcsekélyebb transzformálási hibák is ellehetetlenítik az összehasonlító elemzést.

Természetes hatások

Klímaváltozás

A Dráva vízgyűjtőjének felső, alpesi része felelős a vízhozam kétharmadáért, így a felső vízgyűjtőn bekövetkező változások hatásait is figyelembe kell venni (Lóczy 2019). Az alpesi régiókban a klímaváltozás direkt hatásai közé sorolható, a nyári aszályos időszak növekvő gyakorisága, a növekvő árvízveszély, a csökkenő lejtőstabilitás, stb. Lóczy (2019) alapján a klímaváltozás egyelőre nem sorolható a Dráva jelentős medermélyülését kiváltó tényezők közé, azonban a jövőben jelentős változások következhetnek be az éghajlatban, aminek feltehetőleg már kimutatható hidromorfológiai hatásai is lehetnek.

Tektonikus mozgások

A Dráva Mura és Duna-torkolat közötti szakasza mélyszerkezeti árokban halad, amelyben több kisebb részmedence alakult ki a pleisztocén végén, illetve a holocén időszakban (Lovász 1967). A tektonikai mozgások következtében a Dráva-völgy a kora miocén (a Pannon-medence kialakulása) óta folyamatosan süllyed (Burián et al. 2019). Ezek a tektonikai mozgások alakították ki a Dráva hossz-szelvényében az egymástól jelentősen különböző esésű szakaszokat, melyek közül az utolsó markáns eséslépcsőt (Zaláta és Donji Miholjac között) egy igen fiatal süllyedés okozta. Barcs alatt a Dráva a Duna torkolatában lévő hatalmas süllyedékbe ér, ahol az alsószakasz jellegnek megfelelően kiegyenlített mechanizmussal, s természetes állapotban a feltöltődés jellemzi (Lovász 1967). A tektonika süllyedés mértéke mindössze 1-2 mm/év (Joó 1992), vagyis egy nagyságrenddel kisebb a medersüllyedés mértékénél, ezáltal nem tekinthető az intenzív medersüllyedés kiváltó okának.

Folyómeder oldalirányú mozgása

A Dráva-torkolat vándorlásában a tektonikai mozgások mellett a folyó oldalirányú mozgása (kanyargózása) is szerepet játszott. Ez újfent csak közvetett módon okozhat medersüllyedést. A Duna aktívan és jelentősen befolyásolja a torkolati szakasz mederváltozásait, így a Duna - mint erózióbázis - medersüllyedése a Dráván is bevágódási folyamatot indít meg.

Erózióbázis megsüllyedése

A Dráva Drávaszabolcs alatti, torkolati szakaszának folyamatait jelentősen befolyásolja a Duna, miáltal a Duna (mint erózióbázis) mederváltozásai aktívan kihatnak a Dráva medrére is. A Duna érintett szakaszára a dinamikus mederváltozás a jellemző. Magyarország területére fentről hordalékszegény víz érkezik a vízlépcsők miatt, ami medereróziót okoz. A medermélyülési folyamatokat a magyar szakaszon végzett intenzív kotrási tevékenység tovább erősítette. Ezzel szemben az eséscsökkenés következtében természetes feltöltődés jellemző a szakaszra. (DanubeSediment 2019) A Duna magyar-horvát határtól a Vaskapuig tartó szakaszára mindent egybevetve tehát csak enyhe erózió jellemző az utóbbi évszázadban. A Dráva 1.00 fkm-énél (Bijelo Brdo) mért vízállások alapján – noha az idősor helyenként hiányos – szintén dinamikus mederváltozások, s hosszabb távon (1964-2013) pedig medersüllyedés (1.32 cm/év) figyelhető meg.

Antropogén hatások

Területhasználat

A Dráva vízgyűjtőjének alsó részén már évszázadok óta alapvetően mezőgazdálkodással foglalkoznak, nem változott túl jelentősen a beépítettség aránya sem (Lieb és Sulzer, 2019 alapján). A Dráva menti Natura 2000-es élőhelyek védelmére nagy hangsúlyt fektet a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóság, az így megőrzött parti növényborítottság aktívan gátolja az eróziót, lassítja a lefolyást. Így - noha a felszíni lefolyás, illetve a talajveszteség alakulásáról nincs információ - a területhasználat változásai feltehetően nem eredményeznek jelentős mederváltozásokat a Dráván.

Folyószabályozás

Közel 250 éve, természetes állapotában a Dráva alsó szakaszán (Őrtilostól a torkolatig) meanderezve, medrét dinamikusán építve és pusztítva haladt (Mantuánó 1976, Bognar 2008, Schwarz 2019). A 18. század végétől az elsődlegesen a hajózási útvonal javítására irányuló folyószabályozási beavatkozások (kanyarulat-átvágások, mellékágak elzárása, keresztgátak, partbiztosítások) hatására kb. 40%-kal csökkent a folyó hossza, jelentősen egyszerűsödött a medre (csökkent a kanyargóssága, egyszerűsödött a formakincse), s intenzív bevágódási folyamat indult meg a vizsgált szakasz teljes hosszán (Petrić et al. 2019). A kisvízi vízszintekben bekövetkezett változások elemzése alapján az 1975 előtti időszakban (amikor is feltehetőleg csak a folyószabályozási beavatkozások hatásai érvényesültek) a Barcs fölötti szakaszon átlagosan 0.50 cm/év, a Barcs alatti szakaszon 2.08 cm/év medersüllyedés következett be. A vízlépcsők üzembe helyezése és a kotrási tevékenység megkezdése után azonban már nehezen különíthetők el az egyes tényezők hatásai. A folyószabályozások hatásai jellemzően lokális jellegűek, a folyó válaszába a beavatkozást követően azonnal, de időben és térben röviden jelentkezik, az új egyensúlyi állapot hamar (néhány éven belül) kialakul. A Dráva medrében,

jóllehet, korábban folyamatos szabályozási munkálatok folytak, amik így időben elnyúló medermélyülő hatást okoztak. Mivel 1990 óta nem történt jelentős folyószabályozási beavatkozás, s fenntartási munkálatokat se nagyon végeznek (Remenyik 2004, 2006), az elmúlt évtizedekben feltételezhetően már nem okoz jelentős medermélyülést a folyószabályozás.

Folyami kotrás

A Dráva medréből kitermelt homok- és kavics térfogatának (VITUKI 2003) elemzése alapján 1982-től 2011-ig (a kotrási tevékenység megszüntetéséig) becsülhető a pusztán a kotrási tevékenységből származtatható medersüllyedés. A számítások alapján Barcs fölött 1.25 cm/év, Barcs alatt 0.57 cm/év medersüllyedést eredményezett a kavics-, illetve homokkotrás. A kotrás hatására azonban a hordalékháztartásban is deficit keletkezett, amely tovább erősítette a medersüllyedési folyamatokat. A kotrási térfogatok alapján becsült medersüllyedés és az egyes szelvényekben mért görgetett hordalék mennyiségének alakulása alapján becsült mederváltozás összegzése után a Barcs fölötti szakaszon 1.53 cm/év, a Barcs alatti szakaszon 0.94 cm/év ütemű medersüllyedés következett be 1982 és 2011 (Barcs fölött), illetve 1982 és 2002 (Barcs alatt) között. Fontos megjegyezni, hogy csak 1993-tól ismertek részletesebben a kotrási adatok (pl. kotrási helyszínek), valamint az illegálisan kitermelt térfogatokról egyáltalán nem áll rendelkezésre adat. A hordalékmérési adatokban szintén jelentkezhetnek bizonytalanságok.

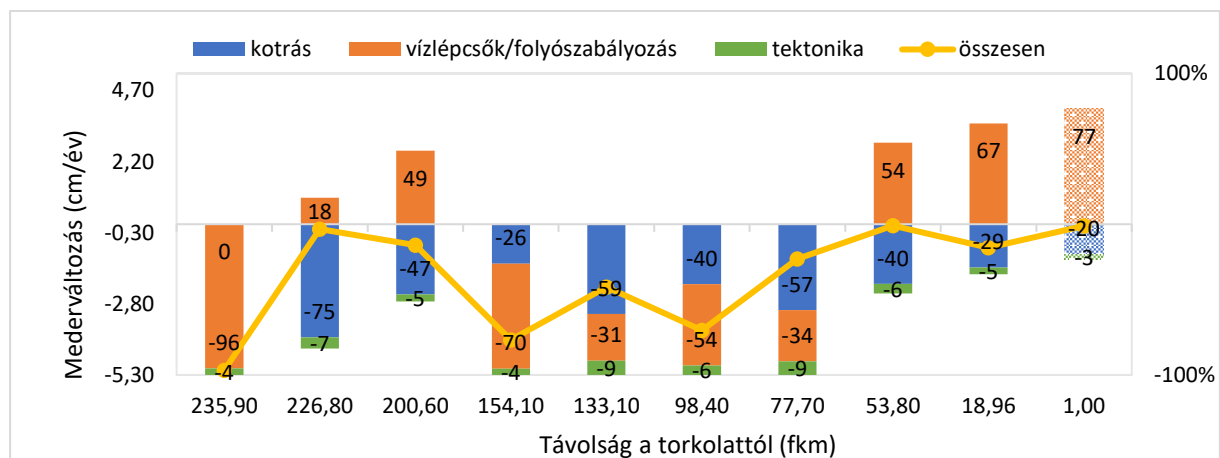
Vízlépcsők

A vizsgált szakasz hidromorfológiájára a legelső horvát vízlépcső (Donja Dubrava-i) van a legjelentősebb hatással (Burián et al. 2019). A vízlépcsők alatt a létesítést követően hirtelen intenzív bevágódás indul meg, amely az első néhány évben a legdinamikusabb, majd a bevágódás hatására fokozatosan csökkenő mederesés a folyó energiájának csökkenését és a hordalékszállítás mérséklődését vonja maga után, s egy új egyensúlyi állapot áll be. A vízlépcsők hatásából eredő medersüllyedés mértékének becslése szintén a kisvízszintek elemzése alapján történt. A horvát vízlépcsőkhöz legközelebb az őrtiloszi vízmérce található, így hatásuk elsődlegesen itt elemezhető. Itt 1975 és 2000 között összesen 209 cm (7.74 cm/év) medersüllyedés következett be a vízlépcsők üzembe helyezésének hatására. A botovoi és Novo Virje-i szelvényekben a vízlépcsők esetleges hatása mellett párhuzamosan már a kanyarulat-átvágások és a kotrás is szerepet játszott. A kisvízszintek csökkenésének üteméből levonva a mederkotrásokból eredeztethető medersüllyedést, 1975-2011 között bekövetkezett mederváltozásra Botovonál 0.21 cm/év, Novo Virjénél 1.45 cm/év feltöltődés adódik. Barcsnál és Drávaszabolcsnál a vízlépcsők és a kotrási tevékenység hatása már nem különíthető el egyértelműen. Az előzőekhez hasonlóan becsülve Barcsnál 2.66 cm/év, Drávaszabolcsnál 0.71 cm/év medersüllyedés adódik. A múlt évtized állandósulni látszó vízszintjei alapján elmondható, hogy a vízlépcsők hatására napjainkban már nem mélyül tovább a Dráva medre. Ennek magyarázata abban keresendő, hogy a vízlépcsők létesítése után megindult hirtelen, gyors vertikális változások egy idő után mérséklődtek, s az új, dinamikus egyensúlyi állapot kialakítása érdekében a folyó partjainak pusztításával igyekszik kompenzálni az esésében bekövetkezett változást. Fontos megemlíteni, hogy a vízlépcsők üzemeltetésének mederalakra kifejtett hatása csak egy, a számos hatásmechanizmus mellett. A folyamatos, akár napi, dinamikus vízszintingadozások az áramlási sebességre, a mederfenéknél fellépő csúsztatófeszültségre és a víz hőmérsékletre is kihatnak, és ezen keresztül csökkenti a minőségét és kiterjedését a folyómenti élőhelyeknek, ami a biodiverzitás csökkenését vonja maga után, továbbá a halak és más élőlények reprodukcióját és túlélését is csökkenthetik (Greimel et al., 2018).

A hatások összegzése

A medersüllyedés egyes antropogén, illetve természetes tényezőinek áttekintése alapján kijelenthető, hogy a Dráva medersüllyedésének legfontosabb kiváltó okainak a mederkotrás, a horvát vízlépcsők és a folyószabályozási beavatkozások tekinthetők. A torkolati szakaszon a Duna (mint erózióbázis) mederváltozási folyamatai jelentősen kihatnak a Dráva medrére. A Dráva-völgy folyamatos tektonikai süllyedéséből adódó bevágódás egy nagyságrenddel kisebb a kimutatott medermélyülésnél, míg a klímaváltozás (és a vele szorosan összefüggő terület-használat) várhatóan csak később okozhat jelentősebb változásokat. A folyómeder oldalirányú mozgása csak a folyószabályozási művekkel együtt okoz medermélyülést.

A kisvízszintek változása, a kotrasi és hordalékadatok, valamint a tektonikai süllyedés alapján az 1975 és 2002/2011 (azaz a kotrasi tevékenység megszűnéséig) közötti időszakban becsülhető az egyes tényezők hatásának aránya is (4. ábra). A becslések alapján a teljes szakaszon a medermélyülés 39%-a ered a kotrasi tevékenységből, 55%-ban az egyéb antropogén hatások (vízlépcsők, folyószabályozás vagy torkolati visszahatás), míg 6%-ban a tektonikai mozgások tehetők felelőssé. A felső szakaszon az Őrtilosi szelvényben feltehetőleg csak a vízlépcsők hatásai jelentkeznek, míg Botovo és Barcs között átlagosan 61%-ban a kotrasi tevékenység, 33%-ban a vízlépcsők és a folyószabályozások okozhatták a medermélyülést. A Barcs-Drávaszabolcs szakaszon a homok kitermeléséből és a vízlépcsők/folyószabályozási beavatkozásokból eredő medersüllyedés aránya közel azonos arányú (46% kotrás, 47% vízlépcsők/folyószabályozás). Drávaszabolcs alatt már fokozatosan csökken a kotrásból feltételezhető (megjegyzés: a Drávaszabolcs alatti szakaszon végzett kotrásokról nincs adat) medermélyülés aránya (átlagosan 29%). A Dráva-völgy tektonikai süllyedése a teljes medersüllyedés 5%-át teszi ki. A vízlépcsők hatása itt már nem érződhet, így a fennmaradó 66% főként a folyószabályozások hatásából, valamint a Duna befolyásából tevődik össze.



4. ábra: A mederváltozás mértéke (sárgával), illetve a kotrás és a vízlépcsők (valamint egyéb hatások) okozta medersüllyedés százalékos aránya a II. időszakban (1975 és 2011 (felső szakasz), illetve 1975 és 2002 (alsó szakasz) között) (megjegyzés: a torkolati állomás külön jelölése az adatok hiányosságára jelöl; adathiányos évek: 1991-2000)

Miután az 1990-es évek óta nem végeztek jelentősebb folyószabályozási beavatkozásokat, a kotrasi tevékenységet 2011-ben beszüntették, s a legutoljára üzembe helyezett Donja Dubrava-i vízlépcső által okozott változásokra is megszűnt már a Dráva válaszdása, a Dráva medrének stabilizálódása várható. Az, hogy a kisvízszintek elemzése alapján a III., antropogén hatások nélküli időszakban az Őrtilos-Drávaszabolcs szakaszon már csak 0.19 cm/év volt a medersüllyedés, alátámasztja ezt a feltételezést, hiszen ez a Joó (1992) által a Dráva-völgy területére meghatározott 1-2 mm/év tektonikai süllyedés értékével egyenlő.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Dráva intenzív medersüllyedése még a 19. században, a folyószabályozások hatására kezdődött meg, amelyet a 2011-ig tartó jelentős kotrási tevékenység, valamint a felső szakaszon épített vízlépcsők tovább erősítettek. A különböző vizsgálatok (közvetett és közvetlen) alapján a Dráva magyarországi szakaszán 1970 óta átlagosan 1-4 cm/év ütemben süllyedt a meder, vagyis az elmúlt 50 évben 0.5-2 m medermélyülés következhetett be. A Barcs fölötti szakaszon intenzívebb a süllyedés (2.00-3.15 cm/év), míg a Barcs alatti szakaszon Drávaszabolcsig jóval mérsékeltebb (0.50-1.08 cm/év) az Eszék alatti, torkolati szakaszon pedig – feltehetőleg a Duna befolyása miatt – kismértékben megnövekszik (0.86-2.19 cm/év). A tektonikus mozgásokból adódó süllyedés mértéke egy nagyságrenddel kisebb a kimutatott medersüllyedés mértékénél (1-2 mm/év). Amikor egy folyó dinamikája külső hatásokra megváltozik, a folyó természetes módon törekszik egy új egyensúlyi állapot elérésére. Vizsgálataink alapján az antropogén hatások megszűnése óta a Dráva medre már stabilizálódni látszik.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bognar, A. (2008) Geomorfološka obilježja korita rijeke Drave i njenog poloja u širem području naselja Križnica. *Hrvatski geografski glasnik*, 70(2), 49-71. *Horvát nyelven*.
- Bonacci, O.; Oskoruš, D. (2010) The changes in the Lower Drava River water level, discharge and suspended sediment regime. *Environ. Earth Sci.*, 59, 1661-1670. DOI: 10.1007/s12665-009-0148-8
- Burián, A.; Horváth, G.; Márk, L. (2019) Channel Incision Along the Lower Drava. In: Lóczy (Ed.) *The Drava River*, Springer Geography, Chapter 10, pp. 139-156. ISBN 978-3-319-92816-6
- Galay, V.J. (1983) Causes of River Bed Degradation. *Water Resour. Res.*, 19(5), 1057-1090. DOI: 10.1029/WR019i005p01057
- Gregory, K.J. (2006) The human role in changing river channels. *Geomorphology*, 79(3-4), 172-191. DOI: 10.1016/j.geomorph.2006.06.018
- Greimel F. et al. (2018) Hydropeaking Impacts and Mitigation. In: Schmutz S., Sendzimir J. (eds) *Riverine Ecosystem Management. Aquatic Ecology Series*, vol 8. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73250-3_5
- Jóó, I. (1992) Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin. *Tectonophysics*, 202(2-4), 129-134. DOI: 10.1016/0040-1951(92)90091-J
- Kiss T. (2014) Fluviális folyamatok antropogén hatásra megváltozó dinamikája: egyensúly és érzékenység vizsgálata folyóvízi környezetben. PhD értekezés. Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- Kondolf, G.M.; Piégay, H.; Landon, N. (2002) Channel response to increased and decreased bedload supply from land use change: contrasts between two catchments. *Geomorphology*, 45(1-2), 35-51. DOI: 10.1016/S0169-555X(01)00188-X
- Lane, E. W. (1955) The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. *Proc. Am. Soc. Civ. Eng.*, 81(7), 1-17.
- Lieb, G.K.; Sulzer, W. (2019) Land Use in the Drava Basin: Past and Present. In: Lóczy (Ed.) *The Drava River*, Springer Geography, Chapter 3, 27-44. ISBN 978-3-319-92816-6
- Liébault, F., Gomez, B., Page, M., Marden, M., Peacock, D., Richard, D., Trotter, C.M. (2005) Land-use change, sediment production and channel response in upland regions. *River Res. Applic.* 21: 739–756. DOI: 10.1002/rra.880
- Lóczy, D. (2019) Climate and Climate Change in the Drava-Mura Catchment In: Lóczy (Ed.) *The Drava River*, Springer Geography, Chapter 4, pp. 45-60. ISBN 978-3-319-92816-6
- Lovász Gy. (1967) A szerkezeti viszonyok hatása a Dráva és a Muravölgy esésgörbéjére, illetve a nagyobb mellékfolyók mechanizmusára. *Hidr. Tájékoztató*, 7(2), 42-47.
- Mantuánó J. (1974) A Dráva vízjárásának vizsgálata. *Vízügyi Közl.*, 56(3), 368-401.
- OVF (2015) A Duna-vízgyűjtő magyarországi része – Vízyűjtő-gazdálkodási Terv – 2015

- Petrić, H.; Tamás, E.A., Lóczy, D. (2019) Flood History and River Regulation. In: Lóczy (Ed.) *The Drava River*, Springer Geography, Chapter 8, pp. 105-124. ISBN 978-3-319-92816-6
- Remenyik B. (2004) A Dráva szabályozása a XVIII.századtól a XX.század végéig. In: *A magyar földrajz kurrens eredményei* (II. Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa. ISBN: 963-482-687-3). 1458-1484.
- Remenyik B. (2006) A Dráva-szabályozás története és a folyó hasznosítási lehetőségei. *PhD értekezés*. Pécsi Tudományegyetem, Pécs.
- Rumsby, B.T.; Macklin, M.G. (1994) Channel and floodplain response to recent abrupt climate change: the Tyne basin, Northern England. *Earth Surf. Proc. Landf.*, 19(6), 499-515. DOI: 10.1002/esp.3290190603
- Schumm (1977) *The Fluvial System*. John Wiley & Sons, New York, 338 p. ISBN-13: 978-1930665798.
- Schwarz, U. (2019) Hydromorphology of the Lower Drava. In: Lóczy (Ed.) *The Drava River*, Springer Geography, Chapter 5, pp. 61-78. ISBN 978-3-319-92816-6
- SOLVEX-BME Konzorcium (2014a) Duna Nagyvízi Mederkezelési Terv (01.NMT.01 Duna államhatár 1850,20 fkm – Ásványráró – Győrzámoly 1809,76 fkm) (Hozzáférs: 2022.05.01.)
- SOLVEX-BME Konzorcium (2014b) Duna Nagyvízi Mederkezelési Terv (01.NMT.02 Duna 1809,76 – 1786,00 fkm) (Hozzáférs: 2022.05.01.)
- SOLVEX-BME Konzorcium (2014c) Duna Nagyvízi Mederkezelési Terv (01.NMT.03 Duna 1786,00 – 1729,35 fkm) (Hozzáférs: 2022.05.01.)
- SOLVEX-BME Konzorcium (2014d) Duna Nagyvízi Mederkezelési Terv (01.NMT.04 Duna 1729,35 -1699,50 fkm) (Hozzáférs: 2022.05.01.)
- Surian, N.; Rinaldi, M. (2003) Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50(4), 307-326. DOI: 10.1016/S0169-555X(02)00219-2
- VITUKI (2003) A Dráva hordalékjárásának vizsgálata a legfrissebb adatok figyelembevételével.
- DHMZ hidrológiai archívum: <https://hidro.dhz.hr/>