

Árvízi vízhozammérési szelvények pontosítása a Szentendrei-sziget környezetében

Takács Attila

Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság, Vízirajzi és Adattári Osztály, Vízirajzi Csoport
(E-mail: takacs.attila@kdvvizig.hu)

Kivonat

2013. május 30. és június 3. között a Duna vízgyűjtőjének bajor és osztrák területein egy több hullámban érkező ciklon okozott nagymértékű csapadéktevékenységet, amely a Duna felső szakaszán régóta nem tapasztalt áradást indított el. A Duna magyarországi szakaszán levonuló árhullám okozta vízszintek egészen Bajáig meghaladták a korábban előforduló legmagasabb (jégmentes) vízállás értékeket.

A III. fokú árvízvédelmi készültség miatt elrendelt vízhozammérések során, a kivezényelt vízirajzi csoport szakemberei, a Szentendrei-sziget környezetében nehézségekbe ütköztek a feladat végrehajtásakor. A magas vízszint következtében, a Duna főága felől átfolyás alakult ki a Szentendrei-szigeten keresztül, a Kisoroszi alatti mélyebb fekvésű területen. A sziget körüli két Duna-ág között megoszló vízmennyiség mérése nem volt megoldható a szakszon található állandó vízhozammérő szelvények segítségével (Duna – Vác, Szentendrei-Duna – Dunabogdány), ezért három árvízi vízhozammérő hely került kijelölésre (Duna – Verőce, Szentendrei-Duna – Kisoroszi, Szentendrei-Duna – Tahitótfalu).

Dolgozatomban azt a célt tűztem ki, hogy hidrodinamikai modell segítségével, a 2013-as árvízi vízhozammérési helyeket megvizsgálva meghatározom, hogy különböző árvízvédelmi készültségi fokozatok esetén mely szelvényekben érdemes megmérni a pillanatnyi vízhozamot, milyen vízállásnál lép ki a mederből a Duna és kezdi meg az átfolyást a Szentendrei-szigeten.

Kulcsszavak

Szentendrei-sziget, árvíz, Duna, vízhozammérés, hidrodinamikai modell, vízgazdálkodás

BEVEZETÉS

A tanulmány az NKE Víztudományi Karán végzett, BSc szakos szerzőnek az „Árvízi vízhozammérési szelvények pontosítása a Szentendrei-sziget környezetében” című – Lászlóffy Woldemár diplomamunka-pályázaton III. helyezést elért – diplomamunkájának rövidített változata.

Napjainkban egyre sürgetőbb, de már az elmúlt évtizedekben is egyre jobban előtérbe kerülő kérdés a globális éghajlatváltozás problémaköre. Az már elődjeink számára is világos tény volt, hogy a Föld éghajlata nem állandó, periodikusan változik, amely a hidrológiai elemek ciklikus változását is előidézi. Az igazi kérdés az, hogy a jelenleg zajló változások mely periodikus szakaszban történnek, a jelenlegi trend mennyi ideig fog tartani és a jelen folyamatokat mennyire befolyásolja az emberi tevékenység. (Stelczer, 2000)

Egy vízfolyás vízszintje és vízhozama folyamatosan ingadozik, időben nem állandó. A folyók vízjárását sorozatosan egymást követő árhullámokkal lehet jellemezni. Az árhullámok kialakulását rendkívül sok tényező befolyásolja, amelyek főleg meteorológiai jelenségekhez és a vízgyűjtő morfológiai jellemzőkhöz kapcsolódik, de akár antropogén hatások is befolyásolhatják. Mégis felfedezhetünk szabályszerűségeket a tartósabb kisvizek és a nagyobb árhullámok kialakulásában, ha hosszabb időszakokra vonatkozó megfigyeléseket vizsgálunk. (Borsy, 1995)

Az éghajlatváltozás hidrológiai következményei Stelczer (2000) szerint több, egymást kiegészítő módon vizsgálhatók. A paleoklimatológiai szcenáriók hidrológiai alkalmazása nem lehetséges korlátozó tényezői miatt, de az éghajlatváltozással kapcsolatos szemlélet kialakítására jól használhatóak. Az újabb kori klimatológiai analógiák előnye, hogy az emberi tapasztalás eredményeit hasznosítja a modern természettudomány szellemében, ám a

jövőbeli változást kiváltó okok ismeretének hiányában, csak hozzávetőleges számításokat adhat. Az általános cirkulációs modellek az éghajlatváltozás hidrológiai hatásának becslésére használatos legigéretesebb eszközök, amelyek a hidro- és termodinamika alaptörvényeit is figyelembe veszik. A kapott eredményeket, amelyek általános irányzatok jelzésére használhatóak, vízgyűjtő léptékű hidrológiai modellek esetén lehet hasznosítani bemenő adatként. Az autonóm hidrológiai modellek különböző hidrológiai rendszerek érzékenységét vizsgálják az előre jelzett éghajlatváltozásokkal szemben. Az ezzel a módszerrel kapott eredményeket a légkör összetételének állandó változása miatt szintén fenntartásokkal kell kezelni.

A számítások által feltételezett és várható klímaváltozás nem csak a vízkészlet mennyiségi és minőségi értékeire lehet hatással, hanem a jövőbeni vízigényeket is jelentősen megnövelheti. (Stelczer, 2000)

A vízgazdálkodási és a vízepítési gyakorlatban egyaránt elengedhetetlen valamely vízfolyás vizsgálata során annak mennyiségi statisztikai ismerete. Ezért fontos nyomon követni, hogy rendkívüli kisvizes időszakban, vagy egy-egy nagyobb árhullám levonulásakor mekkora vízhozamot szállít az adott vízfolyás és ehhez milyen vízállás értékek párosulnak.

Kezdetben a Duna menti települések csak a szélsőséges vízállások kapcsán tettek megfigyeléseket, amelyeket épületeken, illetve tereptárgyakon rögzítettek. (Bendefy- Csoma, 1971) Azonban a fejlődő társadalom erre növekvő igényt mutatott a folyó vízjárásával kapcsolatos információk iránt. Mára a tudomány és technika fejlődésének köszönhetően, pontos és részletes megfigyeléseket végezhetünk a várhatóan egyre gyakrabban előforduló kisvizes időszakokban, vagy egy-egy levonuló árhullám esetén.

A Dunán 1875 óta levonuló árhullámokat vizsgálva egyértelműen megállapítható, hogy azok tetőző vízszintjei emelkedő tendenciát mutatnak, többször dőltek meg LNV értékek az egyes vízmércéken. Ezen felül a vízszintek emelkedésének intenzitása is megnövekedett. Az árvízszintek emelkedésének okaként Szlávik (2013) szerint egyrészt az éghajlatváltozást jelölhetjük meg, bár annak hatását még nem lehetséges számszerűsíteni. Másrészt az emberi tevékenységet a vízgyűjtőkön, ami eredményeként a felső szakaszon felgyorsul, az alsó kis esésű szakaszon pedig az érdesség növekedése miatt lelassul a lefolyás sebessége. További tetőzési szintnövekedést okozhatnak olyan, a mellékfolyók vízgyűjtő területét érintő, meteorológiai helyzetből származó következmények, amelyek korábban még nem mutatkoztak.

2013. május 30. és június 3. között nagymennyiségű csapadék hullott a Duna vízgyűjtőjének bajor és osztrák területein. Bár a területi átlagok kiugróak voltak, nem haladták meg a 2002-ben mért értékeket, azonban a csapadéktevékenység a négy nap alatt szinte folyamatos volt. A lehullott csapadékmennyiség következtében a Duna felső szakaszán régóta nem tapasztalt áradás indult el. A levonuló árhullám a Duna magyarországi szakaszára belépve, egészen a bajai vízmércéig meghaladta a korábban előforduló legmagasabb jégmentes vízállás értékeket. (Homokiné Ujváry, 2013)

A Szentendrei-sziget körüli két Duna-ág között megoszló vízhozam mérésénél a szakemberek komoly problémába ütköztek. Árvízkor a főágon érkező vízhozam egy része Kisoroszi alatt keresztülvágván a szigeten, a Szentendrei-Dunába csatlakozik. (1. ábra) Az átfolyó vízmennyiség kapcsán nem állt rendelkezésre kellő információ, azt az adott körülmények között, a helyszínen sem lehetett pontosan meghatározni.



1. ábra A Szentendrei sziget északi részének látképe a 2013-as árvíz során (forrás: Interspect)

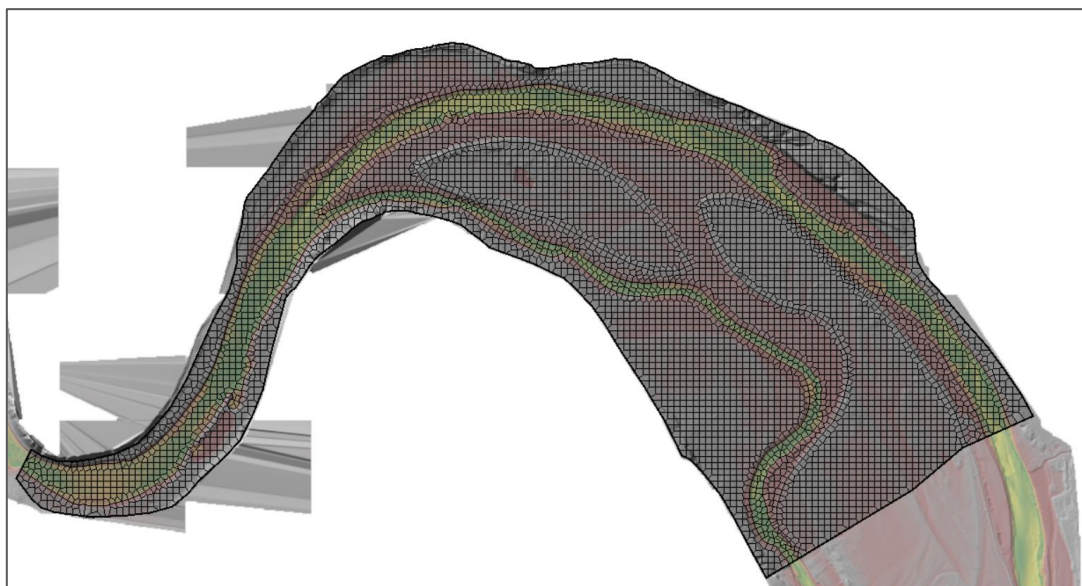
A VIZSGÁLATHOZ HASZNÁLT HIDRODINAMIKAI MODELL BEMUTATÁSA

A geometria felépítése

A modell geometriai felépítésének alapját az Országos Vízügyi Főigazgatóság által, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kara számára rendelkezésre bocsátott (1 x 1m) digitális domborzatmodell adta, amely a Duna Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság területét érintő szakaszának terepadatait tartalmazta.

A vizsgálat a Szentendrei-sziget északi részét érinti, de a hidrodinamikai modell geometriájának definiálása, a modell megfelelő futása érdekében, a dömösi szűkülettől egészen az Újpesti vasúti hídig megtörtént, ahol az Óbudai vízmerce található. Az árvízi vízhozammérési helyek megvizsgálására a Szentendrei-szigeten a Kisoroszi szigetcsúcs és a Tahitótfalunál található Tildy Zoltán híd közötti szakaszon volt szükség, így a dömösi szűkület és a tahitótfalui híd között 2D modell felépítésére, míg az alatta lévő szakaszon 1D geometria létrehozására került sor.

A 2D terület lehatárolását a HEC-RAS szoftver RAS Mapper alkalmazásában végeztem el. A számítási rácshálózat generálására a viszonylag nagy terület miatt, 100 x 100 m-es cellaméreteket adtam meg, ezekkel a beállításokkal összesen 5852 db cella jött létre. (2. ábra)



2. ábra HEC-RAS 2D területszámítási rácsháló

Az 1D geometria esetében a vízfolyás vonalvezetés megrajzolásához a KDVVIZIG által meghatározott hivatalos tengelyvonalat használtam. A partvonalakat a digitális domborzatmodellen kijelölt középvízi meder alapján húztam meg. A számítási keresztmetsvényeket egymástól átlagosan 100 m-es távolságban vettem fel. A Szentendrei-sziget déli csúcsa alatt, a Duna és a Szentendrei-Duna összefolyásánál csomópontot definiáltam. A modell megfelelő futásának érdekében az 1D és 2D területek összekapcsolása is szükséges volt.

A felépített geometriát megvizsgáltam a nempermanens áramláselemzés geometriai előfeldolgozásával, ami alapján nem találtam hibát benne.

Peremfeltételek megadása

A felső peremfeltétel magadása érdekében, első lépésben a 2D terület határán létre kellett hozni egy peremfeltételi vonalat. A felső peremfeltételnek vízhozam értékeket adtam meg. Mivel a modellt később kisvízes és nagyvízes állapotra is kalibráltam, így először a 2021. október 27. 00:00 és október 30. 23:00 közötti időszak, legkisebb hajózási vízszinthez (LKHV) közeli nagymarosi vízállásokhoz tartozó óras vízhozamokat vettem fel. Bár a modell a dömösi szűkületnél kezdődik, a hozzá legközelebb eső vízmérce Nagymarosnál van, ahol rendszeres vízhozammérés is történik, valamint vízhozamgörbével is rendelkezik a vízrajzi állomás. A dömösi szűkület és Nagymaros között csak a Lepence-patak és az Apát-kúti-patak torkollik a Dunába, amelyek vízhozama elenyésző a Duna vízhozamához képest, így a vizsgálat szempontjából nem jelent számottevő torzítást, hogy Dömösnél a Nagymaroshoz tartozó vízhozam értékeket használtam peremfeltételként.

A nagyvízes kalibráláshoz, egyben a szakdolgozatomban felvetett probléma vizsgálatához a 2013. június 04. 01:00 és június 14. 23:00 közötti időszak nagymarosi vízálláshoz tartozó óras vízhozam értékeket adtam meg felső peremfeltételnek, amely időszak magába foglalja a nagymarosi vízmércén észlelt LNV értékekhez tartozó vízhozamokat is.

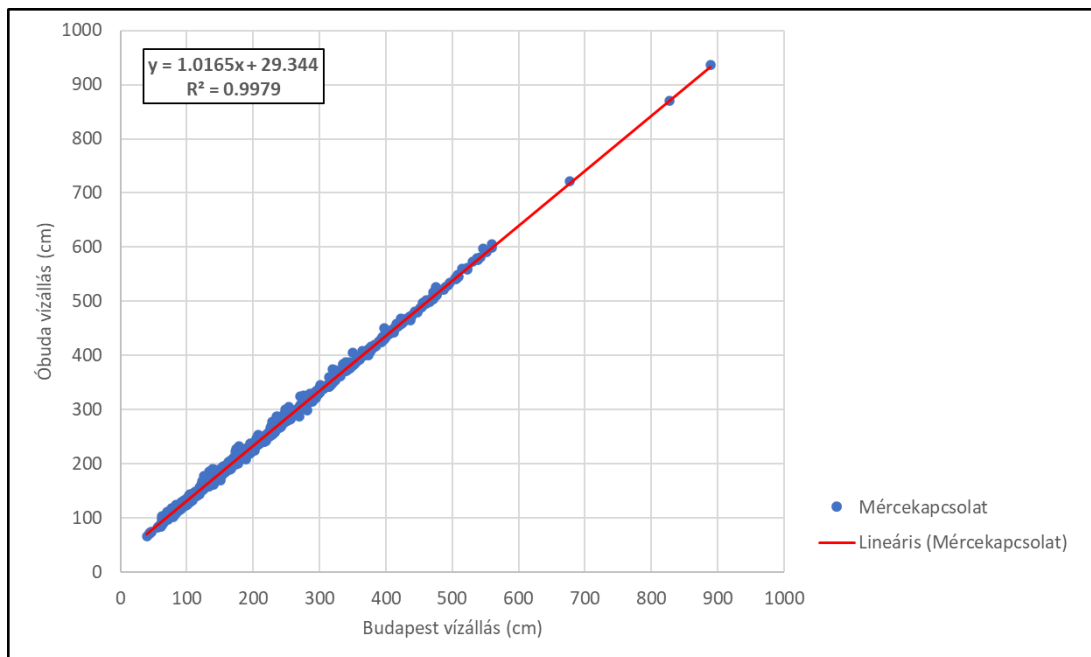
Az alsó peremfeltétel megadásához vízhozamgörbét szerkesztettem az Újpesti vasúti híd lábánál lévő óbudai vízmércéhez. A vízhozamgörbe segítségével megadhatóak a vízfolyás egy adott szelvényére vonatkozóan a vízállás függvényében átfolyó vízhozamok. A vízhozamgörbét nagyszámú, különböző időszakokban mért vízhozam adatok segítségével célszerű szerkeszteni,

ugyanis áradáskor és apadáskor a vízfelszínesítés változása miatt, különbözőek lehetnek az azonos vízállásnál mért vízhozam értékek. Az áradáskor jellemző kiegészítő felszíni-esés magasabb vízsebességet, ezáltal nagyobb vízhozamot eredményez, mint ami apadás idején tapasztalható, ezt a jelenséget az árvízi hurokgörbével lehet szemléltetni.

A Duna – Óbuda vízmércéhez létrehozott vízhozamgörbét a 2010 – 2021 között mért vízhozamokból szerkesztettem meg. A felhasznált vízhozam adatok a Duna – Budapest Vigadó téri vízmércéhez tartoznak. A Budapest Vigadó téri vízmérce vízhozammérési szempontból speciális helyzetben van (ahogy a korábban hagyományos forgószárnyas vízhozammérésre kijelölt szelvény is, a Rákóczi híd és a Petőfi híd között), egyrészt az áruszállító és városnéző hajók forgalma is zavarja a vízhozammérést, ahogyan ez fordítva is igaz. Másrészt a kikötő úszóművek és állóhajók miatt a part közelében olyan áramlási viszonyok alakulnak ki, amely miatt a teljes szelvényben történő mérés is problémába ütközik. Mindezek miatt, az ADCP műszerek magyarországi elterjedésével a 2010-es években a vízhozammérések az ideálisabb viszonyokkal rendelkező óbudai vízmérce feletti szelvényre (1656+400 fkm) kerültek át, így a felhasznált vízhozam adatok döntő többsége is ott keletkezett.

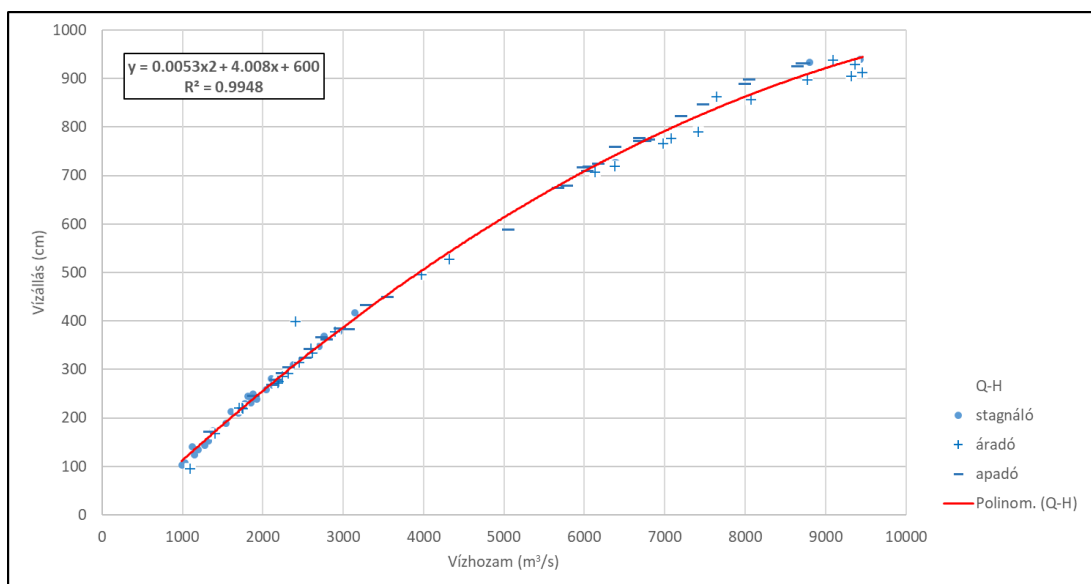
A vízhozammérések időpontjához összegyűjtöttem az óbudai vízmércére vonatkozó vízállás adatokat, viszont annak idősorában előfordultak hiányzó értékek, ezeknek a pótlására mércekapcsolati vonal szerkesztésére volt szükség a Duna – Óbuda és Duna – Budapest Vigadó tér vízmércék között. A mércekapcsolati vonal két szomszédos, vagy nagyobb távolságra lévő vízmérce adatainak összehasonlítására alkalmazható. Egy vízmérce hiányzó adatainak pótlása a hozzá legközelebbi teljes adatsorú állomás völgyelő és tetőző vízállásainak felhasználásával létesített mércekapcsolati vonal alkalmazásával valósítható meg. Alkalmazásának feltétele, hogy a két állomás között megfelelő korrelációs kapcsolat legyen ($r > 0,8$), a felhasznált vízmércék keresztshelvényeinek stabilnak kell lenniük, ellenkező esetben a mederváltozást is figyelembe kell venni. A két állomás közötti lefolyási időt is számításba kell venni, megfelelő adatmennyiség esetén csak a völgyelő és a tetőző vízállás adatokat szabad felhasználni.

A szakdolgozatomban szerkesztett mércekapcsolati vonalat a Duna – Óbuda és a Duna – Budapest Vigadó tér vízmércék 2010 – 2020 közötti időszakban előforduló tetőző és völgyelő vízállás adatai felhasználásával készítettem el. (3. ábra)



3. ábra Mércekapcsolati vonal Budapest - Óbuda (2010 - 2020)

Az így kapott adatpárok felhasználásával el tudtam készíteni a Duna – Óbuda vízmérce vízhozamgörbéjét (4. ábra), aminek a segítségével definiáltam a hidrodinamikai modell alsó peremfeltételét.



4. ábra Duna - Óbuda vízhozamgörbe (2010 - 2021)

Érdességi paraméterek megadása és a hidrodinamikai modell kalibrálása

Egy vízfolyás áramlása nagyon különbözik a mederben, illetve a hullámtéren. A hidrodinamikai modell helyes futása érdekében kiemelt fontosságú, hogy megvizsgáljuk az adott terület felszínborítottságát. A mederből kilépő víz különböző sebességgel áramlik erős aljnövényzettel rendelkező fás vegetáció esetén, mint egy legelőn, vagy szántón. A HEC-RAS szoftver a lefolyási viszonyok vizsgálatára Manning-féle érdességi 'n' értéket használ az 1D és 2D modell esetében is. A 2D területek esetében a CORINE (Coordination of Information on the Environment) fel-

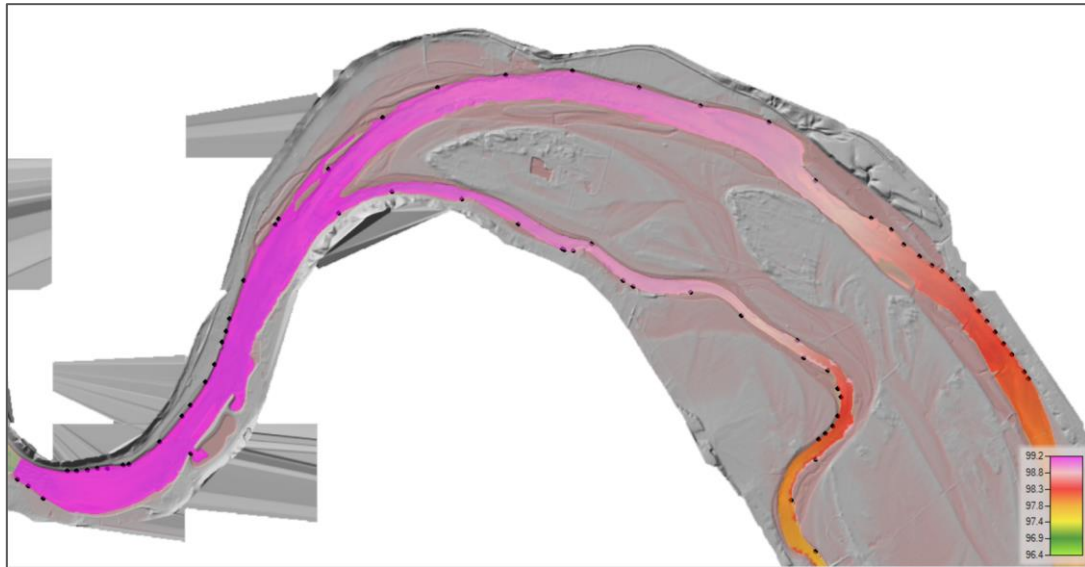
színborítottsági adatokat használtam. A felszínborítási adatbázisok 1990 és 2018 között 5 különböző időszakban készültek el, az Európai Unió támogatásával. A CORINE adatbázisok 44 különböző osztályból állnak. Az árvízi vízhozammérési szelvényeket a 2013-as árvíz vízhozam adataival vizsgálom a szakdolgozatomban, ezért számomra a 2012-ben készült verzió felelt meg a legjobban.

A CORINE felszínborítottság térképet az ArcGIS térinformatikai szoftver segítségével a vizsgálati területhez szükséges méretűvé alakítottam, a HEC-RAS-ból kiexportált 2D terület poligonjának felhasználásával. A 2D modell területre eső CORINE területhasználatokhoz kapcsolódó kezdeti Manning-féle érdességi 'n' értékeket a ResearchGate nevű tudományos közösségi oldalon talált, az 1. mellékleten látható ajánlás alapján állítottam be. A felvett értékeket a modell kalibrációja során felülvizsgáltam, szükség esetén módosítást hajtottam végre.

Az 1D geometriához is hozzárendeltem a Manning 'n' értékeket, amik a meder esetében megegyeznek a 2D-ben megadott értékekkel, a hullámtéri területekre pedig 0,1 értéket rendeltem, mivel jellemzően sűrű aljnövényzettel benőtt fás vegetáció található a vizsgálati területen.

A kalibrációt először a mederben történő lefolyásra végeztem el. 2021. október 28-29. között a legkisebb hajózási vízszinthez közeli vízállás miatt, vízszintrögzítést rendelt el az Országos Vízügyi Főigazgatóság. A vízszintrögzítési munkálatokban személyesen is részt vettem, a rögzítés RTK GNSS műszer segítségével történt, azt egységes módszer alapján kellett végeznie a Duna által érintett vízügyi igazgatóságoknak. A háromfős mérőcsapat, amelynek magam is részese voltam, a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság területének északi határán, Szobtól a Szentendrei-sziget csúcsáig tartó, a dömösi sziklapadot és a visegrádi gázlót is magába foglaló szakaszon végezte el a vízszintrögzítést.

A vízszintrögzítés során bemért, a 2D vizsgálati területet érintő pontkoordinátákból az ArcGIS szoftver segítségével vektoros pontszerű réteget készítettem, amit a HEC-RAS szoftver RAS Mapper moduljában megjelenítettem, illetve egy ellenőrző Excel táblázatot is létrehoztam a kalibráltság vizsgálatához. Az LKHV közeli kalibrációs állapot teszteléskor, megvizsgáltam a futtatás eredményét különböző Manning 'n' értékek esetén. (5. ábra) Végül a meder érdességének beállítása után (Duna: 0,027, Szentendre-Duna: 0,021), a modell alapján számított vízszint magasságok átlagosan 7 cm-rel tértek el a bemért magasságoktól. Ezt az eltérést annak tudatában, hogy az RTK GNSS alkalmazása és a digitális domborzatmodell is hordozhat magában hibát, elfogadhatónak találtam. A Duna magasabb érdességi értékének oka lehet, hogy a vizsgált szakaszon több sarkantyú is található, melyek befolyásolják a víz áramlását.



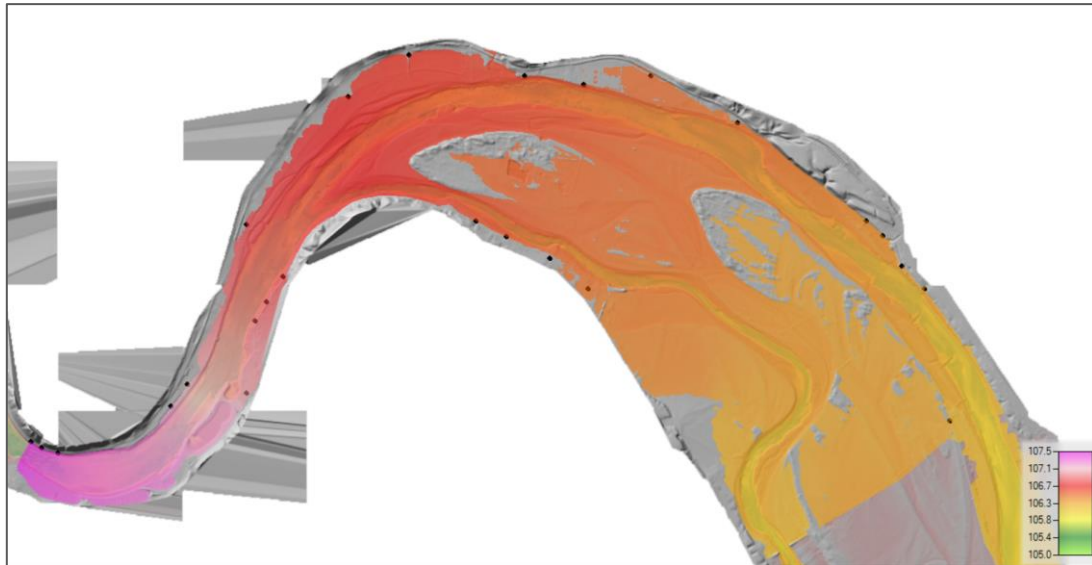
5. ábra HEC-RAS LKHV közeli kalibrációs vízfelszín állapot

Miután a mederben történő lefolyást a modell a beállítások alapján megfelelően tudta kezelni, a 2013-as árvíz során LNV vízszintrögzítés alapján a nagyvízi lefolyást is leellenőriztem, hogy az árvízi vízhozammérő helyeket a valósághoz közeli állapotban tudjam megvizsgálni. A kalibrációt a korábban említett CORINE felszínborítottság alapján ajánlott Manning 'n' értékek módosításával végeztem el, hogy azok a vizsgálati területre leginkább jellemző lefolyási körülményeket idézzék elő. (1. táblázat)

<i>CORINE felszínborítottság</i>	<i>Manning 'n' érték</i>
Vegyes mezőgazdasági terület	0,05
Erdő	0,1
Rét, legelő	0,035
Belterület	0,05
Szántó	0,03
Duna	0,027
Szentendrei-Duna	0,021

1. táblázat A kalibrált állapothoz tartozó Manning 'n' értékek

A nagyvízi modell kalibráció során létrehoztam egy Restart fájlt a futtatáshoz, hogy az érkező vízhozam, ami elöntést okoz, ne száraz mederre érkezzon, ezzel kiküszöböltem az abból adódó esetleges torzításokat. Az LNV vízszintrögzítés koordinátái alapján ArcGIS szoftverben létrehoztam a kisvízes kalibrációhoz hasonlóan a pontszerű vektoros réteget, amelyet szintén beimportáltam a HEC-RAS szoftver RAS Mapper felületén, így meg tudtam vizsgálni a bemért pontoknál a modellben kialakult vízszinteket. (6. ábra) A megfelelő paraméterek beállítása után, az átlagos eltérés csupán 5 cm volt a rögzített és a modellről leolvasott vízszintek között. Az árvízes vízszintrögzítés nem közvetlen beméréssel történik, hanem előkarózás után, amikor a víz visszahúzódik, így a levett karók minimális elmozdulása könnyen előfordulhat, illetve a munkakörülmények sem éppen kedvezőek. Ezen információk tükrében az 5 cm-es átlagos eltérés teljességgel elfogadható.



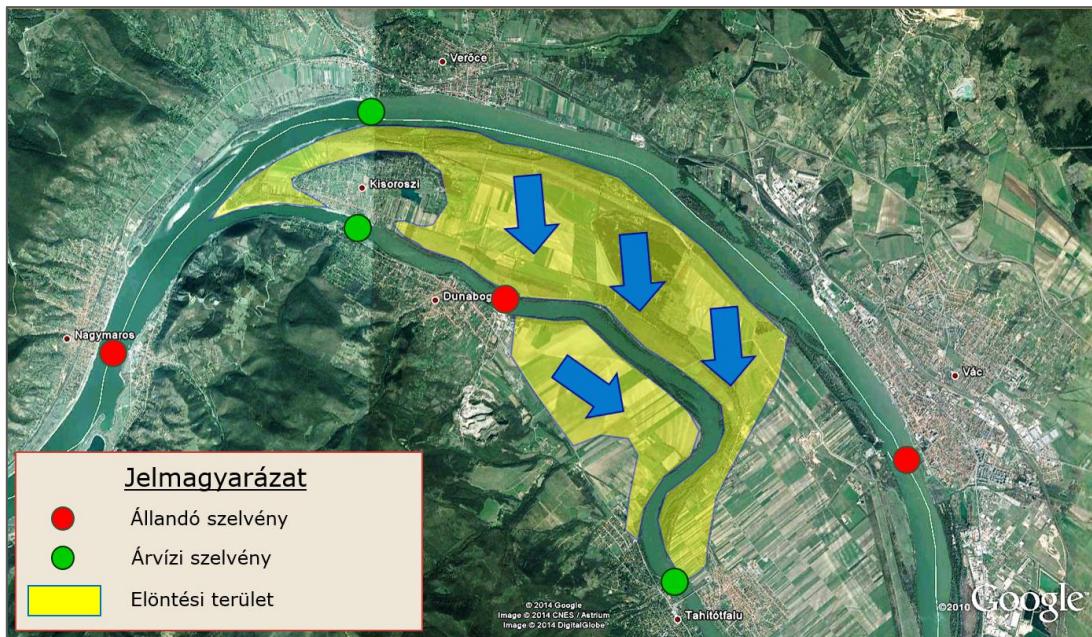
6. ábra HEC-RAS LNV kalibrációs állapot

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A 2013-as árvízi vízhozammérő helyek vizsgálata

Dolgozatomban azt a célt tűztem ki, hogy hidrodinamikai modell segítségével, a 2013-as árvízi vízhozammérési helyeket megvizsgálva meghatározom, hogy különböző árvízvédelmi készültségi fokozatok esetén mely szelvényekben érdemes megmérni a pillanatnyi vízhozamot, milyen vízállásnál lép ki a mederből a Duna és kezdi meg az átfolyást a Szentendrei-szigeten. Továbbá célom volt azt is meghatározni, hogy nagy elöntés esetén, ha a keresztshelvény a vízhozammérésre használt hajóval nem bejárható teljes hosszában, a teljes vízmennyiség mekkora részének megmérése lehetséges.

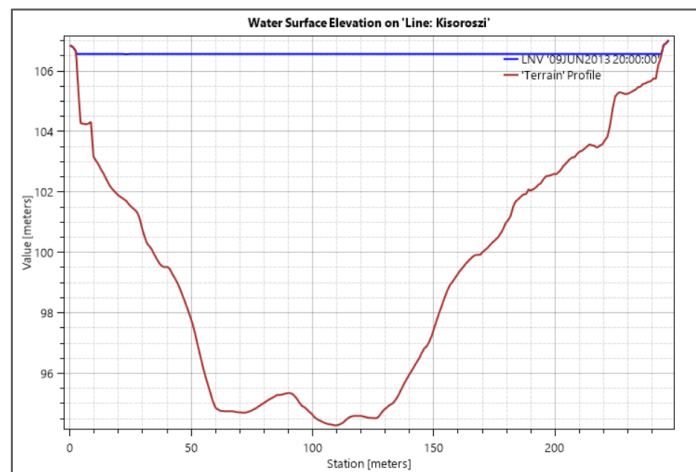
Az eredmény kiértékelését a 2013-as vízhozammérési szelvények (7. ábra) vizsgálatával kezdtem, ezzel megalapozva az árvízvédelmi fokozatok esetére tett megállapításaimat is. A vizsgálati terület környezetében három állandó vízhozammérő szelvény található. Az első a Dunán a Szentendrei-sziget felett, Nagymarosnál van az 1694+800 folyamkilométernél, a másik kettő pedig a váci Duna-ágban Vácnál, az 1679+000, valamint a Szentendrei-Duna-ágban Dunabogdánynál 26+600 folyamkilométernél. Ezek közül a nagymarosi és a váci vízhozammérési hely nem igényel felülvizsgálatot.



7. ábra Vízhozammérési szelvények és jellemző elöntési területek a vizsgálati terület környezetében, a 2013-as árvíz idején (forrás: KDVVIZIG)

A Dunabogdánynál található állandó vízhozammérő szelvény a Szentendrei-szigeten történő vízátfolyás, valamint az elöntés nagy mértéke miatt, az LNV közeli vízállások esetén, véleményem szerint nem alkalmas a pillanatnyi vízhozam megmérésére.

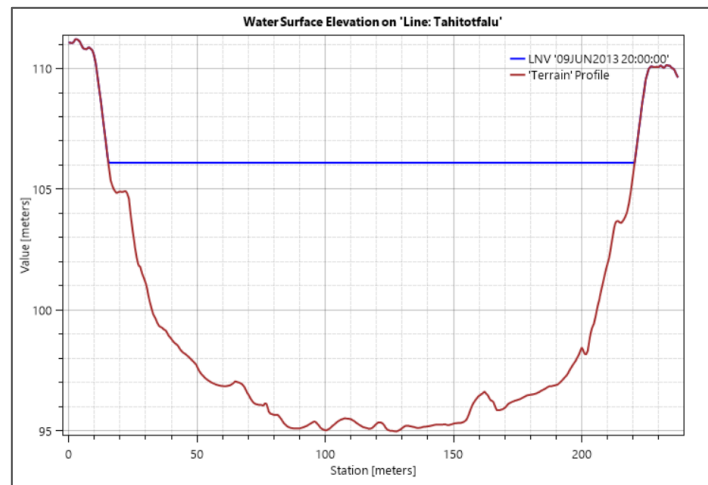
A 2013-as méréssorozat alkalmával további három helyszín bevonása történt meg, hogy a levonuló vízmennyiség eloszlásáról pontosabb képet kaphassanak a vízügyi szakemberek, ezzel a védekezési munkát is segítve. A Szentendrei-Duna-ágon a 30+000 folyamkilométernél (8. ábra) található szűkületi szakaszon került kijelölésre a vízhozammérő szelvény. Ez a szelvény a hidrodinamikai modellel kapott eredmény alapján is ideálisnak bizonyult, alkalmasnak találok a Szentendrei-Dunába érkező vízhozam megmérésére a szigeten történő vízátfolyás feletti szakaszon.



8. ábra HEC-RAS Szentendrei-Duna - Kisoroszi LNV szelvény (30+000 fkm)

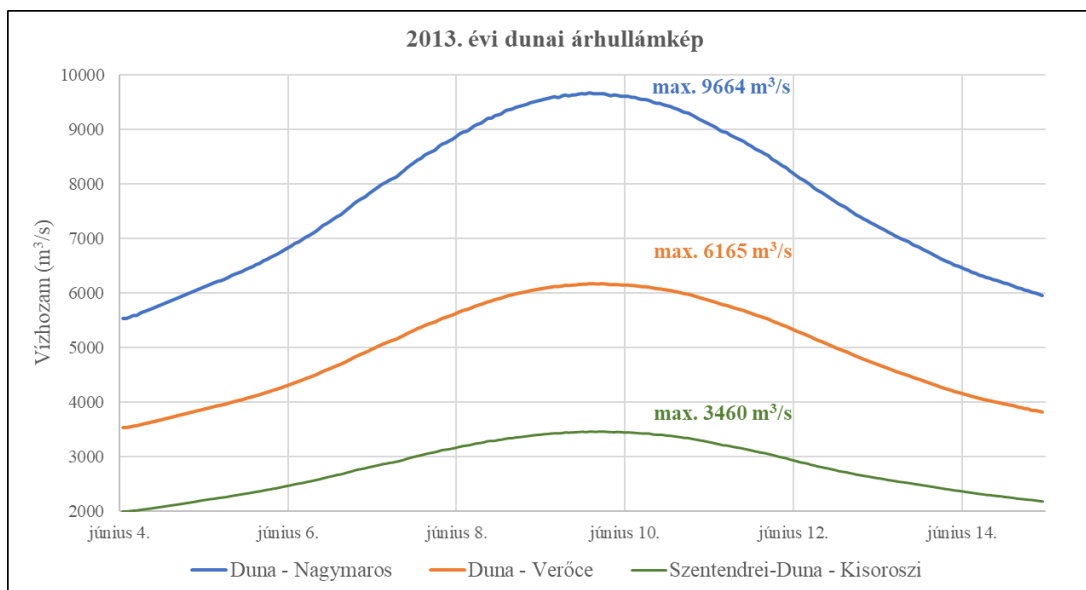
A Szentendrei-Duna-ágban a 19+800 folyamkilométernél (9. ábra) található Tildy Zoltán híd feletti szelvényben további egy mérőhely kijelölése történt meg vízhozammérésre, amely azt a célt szolgálta, hogy az ott kapott adatok alapján, kimutatható legyen, mekkora vízmennyiség

csatlakozik a Szentendrei-ágba érkező, korábban Kisoroszinál megmért vízhozamhoz. Véleményem szerint ez a szelvény is megfelelően lett kiválasztva. A hidrodinamikai modell futtatásával kapott eredmény alapján, feltételezhető, hogy az átfolyó vízhozam bizonyos része nem mérhető meg. A híd feletti szelvényben történő vízhozammérés az összeszűkülő meder miatt lehet alkalmas, még ha emiatt káros vízmozgások, örvények is keletkezhetnek, amelyek ronthatják az ADCP-vel történő mérés minőségét. Másrészt a magas vízszint miatt nem volt lehetőség a vízhozammérésre használt kitűzőhajóval átjutni a híd alatt. Tehát fizikai korlátok miatt sem lehetett megfelelőbb helyet találni.



9. ábra HEC-RAS Szentendrei-Duna - Tahitótfalu LNV szelvény (19+800 fkm)

A legnagyobb nehézséget a váci Duna-ágon Verőce településnél kijelölt vízhozammérő hely okozta a vízrajzi mérőcsoport szakembereinek. Az adott körülmények között nehezen volt megállapítható, hogy a Szentendrei-szigeten történő átfolyás pontosan honnan kezdődik, hiszen a Szigetcsúcs szinte teljes környezete érintett volt az elöntés által. A 7. ábrán látható vízhozammérési hely pontosítása a hidrodinamikai modell eredményének vizsgálata alapján elvégezhető. A modell eredmények segítségével megvizsgáltam, hogy a felső peremfeltételként megadott idősből kivett maximális vízhozam ($9670 \text{ m}^3/\text{s}$), hogy alakul a kijelölt mérési szelvényekben Nagymarosnál, Kisoroszinál a Szentendrei-Duna-ágon, valamint Verőcénél a váci Duna-ágon. Ahogy az a 10. ábrán látszik, Nagymarosnál $9664 \text{ m}^3/\text{s}$ a kialakult tetőző vízhozam, az eltérés elhanyagolható a kiinduló értékhez képest. A kettéágazás után pedig Verőcénél $6165 \text{ m}^3/\text{s}$, míg Kisoroszinál a Szentendrei-ágon $3460 \text{ m}^3/\text{s}$. Tehát összesen $9625 \text{ m}^3/\text{s}$, ami a felső $9670 \text{ m}^3/\text{s}$ -os vízhozamnak a 99,5 %-a.



10. ábra HEC-RAS árhullámkép

A vízhozmmérések végrehajthatósága LNV közeli vízállások előfordulása esetén

A hidrodinamikai modellel kapott eredményt megvizsgáltam olyan szempontból is, hogy a kijelölt helyen a vízhozam mekkora része mérhető meg a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság által vízhozammérésre használt hajók segítségével.

Magas vízállások mellett, a csónakkal történő vízre szállás nem megoldható a vízhozammérésre kijelölt helyek közelében, illetve a szelvények közötti utazással a teljes mérési programot sem lehetne megvalósítani egy nap alatt. Ezért a vízhozamméréseket az igazgatóság tulajdonában lévő, nagyobb méretű hajókkal szükséges végrehajtani.

Jelenleg három különböző hajó állhat a vízrajzi szolgálat rendelkezésére, ezek közül a Dr. Csoma János mérőhajó (11. ábra) a Vízrajzi és Adattári osztály kezelésében áll. Ez egy 2006-ban épült, 13,8 méter hosszúságú, 3,9 méter szélességű vízsugarhajtású hajó, legnagyobb merülése 0,82 méter. A Dr. Csoma János mérőhajó rendelkezik egy- és többsugaras mélységmérő berendezéssel is, így árvíz esetén nagy valószínűséggel mederfelmérési munkát lát el, emiatt nem használható vízhozammérések elvégzésére.



11. ábra Dr. Csoma János mérőhajó (forrás: hajoregiszter.hu)

A másik két lehetséges hajó a hajózási szolgálat alkalmazásában áll. A 2020-ban épített Csík nevű gyorsjáratú kishajó 10,6 méter hosszú és 3,0 méter széles. (12. ábra) Bár a hajó vízhozammérésre történő tesztelése sikeresen megtörtént, kabinjának kis mérete miatt, nem alkalmas többnapos munkavégzésre. Véleményem szerint a Csík hajó árvíz idején főleg Budapest környékén lehet a vízrajzi és a hajózási szolgálat segítségére. Ami révén elhagyható lehet az egyébként is nehézségeket okozó, Erzsébet hídról történő vízhozammérés. Ez a szelvény a 2013-as árvíz idején, rendelkezésre álló hajó hiányában, kényszerűségből lett kijelölve.



12. ábra Csík gyorsjáratú kishajó (forrás: hajoregiszter.hu)

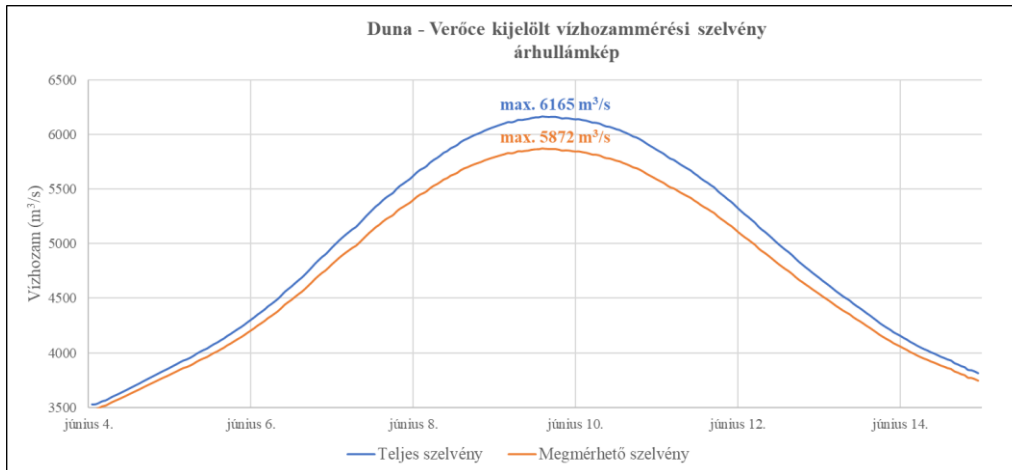
Úgy gondolom, hogy a legnagyobb valószínűséggel a szintén 2020-ban épült Luppa nevű kitűzőhajó (13. ábra) állhat rendelkezésre (a KDVVIZIG két hasonló méretű hajóval rendelkezik még, ezek a Kitűző III. és V., amelyek hosszútávú üzemelése bizonytalan) a Szentendrei-sziget környezetében történő vízhozammérésre. A Luppa hajó 24,9 méter hosszúságával, 7,0 méter szélességével és 1,15 m legnagyobb merülésével nem a legalkalmasabb az efféle munka elvégzésére, de árvíz idején méretei mégis előnyösek lehetnek. A hajón rendelkezésre áll megfelelő mennyiségű ivóvíz, valamint a szükséges illem- és szociális helyiségek is megtalálhatók, ezáltal többnapos munkavégzésre is alkalmas. (Hajóregiszter, 2022)



13. ábra Luppa kitűzőhajó (forrás: hajoregiszter.hu)

A Verőcénél kijelölt helyen, számításba véve a hajóval történő közlekedés korlátait, létrehoztam egy számítási profil vonalat a HEC-RAS szoftver RAS Mapper felületén, amely segítségével

meg tudom mondani az átfolyó vízhozam értékét. Bár a jobb parton, a Szentendrei-szigeten az ártéri erdő szélessége közel 300 méter itt is, ami hajóval nem bejárható, a számítások szerint a vízhozam döntő többsége a mederben folyik le. A hidrodinamikai modell által kapott eredmény alapján (14. ábra), a megmérhető vízhozam: 5872 m³/s. Így a vizsgálatomra alapozva kijelenthető, hogy a váci Duna-ágon érkező vízhozam több mint 95 %-a megmérhető az általam kijelölt szelvényben. Tekintettel arra, hogy a vízrajzi gyakorlatban 5%-os hibahatár a mértékadó, véleményem szerint elfogadható a kapott eredmény.



14. ábra HEC-RAS Duna - Verőce kijelölt vízhozammérési szelvény árhullámkép

Fontosnak tartottam, hogy a megfelelő hely kiválasztása ne csak térképen történjen meg, hanem a gyakorlatban is alkalmazható legyen. Ezért azt is lényeges szempontnak tartottam, hogy lehetőség szerint a terepmunka során alkalmazható viszonyítási pontot is találjak. A kijelölt vízhozammérő hely a Duna 1688+300 folyamkilométernél található szelvényben van, ahol a bal parton található Nyitott Kapu Baptista Gyülekezet épületének tornya megfelelő támpontot biztosíthat. (15. ábra)

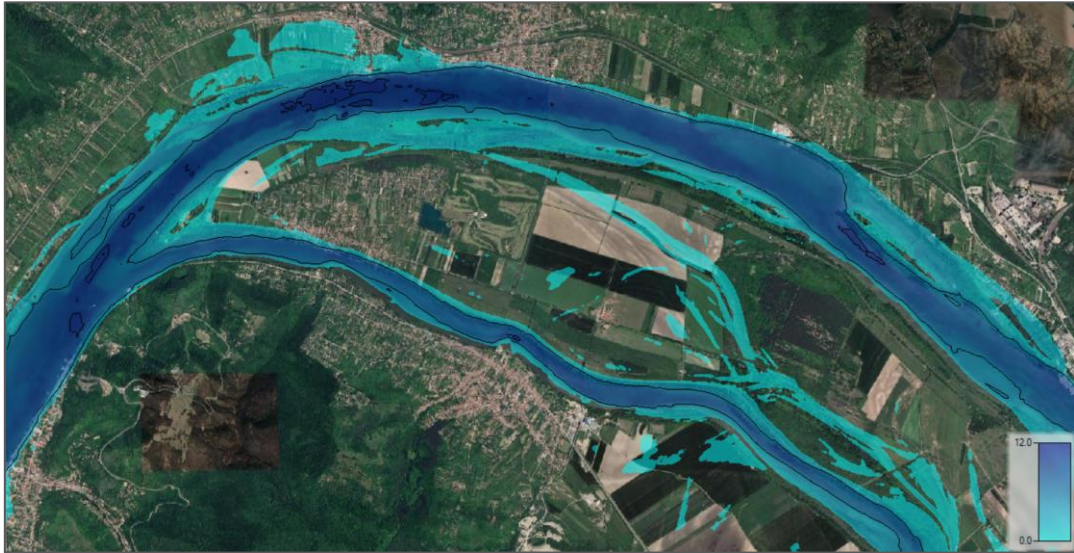


15. ábra HEC-RAS Duna - Verőce kijelölt vízhozammérési szelvény

Az árvízvédelmi fokozatok vizsgálata a vízhozammérés szempontjából

A 2013-ban levonuló dunai árhullám a 02.07. Szentendrei-sziget védelmi szakasz esetében június 4.-én 07:00 órakor érte el és lépte át az I. fokú árvízvédelmi készültséget (471 cm), ekkor

a vízhozamgörbe alapján számított vízhozam 5660 m³/s volt. A futtatási eredményeknél megnéztem, hogy ekkor milyen elöntés alakul ki. Megállapításom szerint, a Duna ekkora vízhozamhoz tartozó vízszint esetén már kilép ugyan a medréből, de a Szentendrei-szigeten történő átfolyás még nem alakul ki, ezért véleményem szerint nem indokolt a rendszeres vízhozammérési helyeken felül újakat bevezetni. (16. ábra)



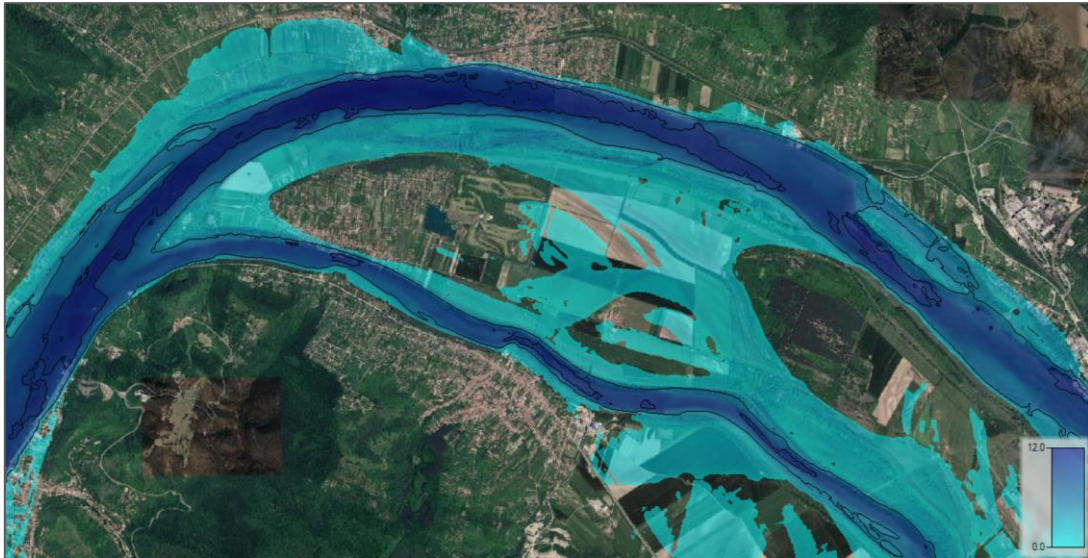
16. ábra HEC-RAS modelleredmény
Az I. fokú árvízvédelmi készültségi szinthez tartozó vízhozam esetén

A vízállás 2013. június 6.-án 03:00 órakor érte el és haladta meg a II. fokú árvízvédelmi készültség szintjét (571 cm), a számított vízhozam ekkor 6930 m³/s. A hidrodinamikai modell eredménye alapján, ekkor már megindul a Szentendrei-szigeten történő átfolyás, de annak mértéke az 5%-os hibahatáron belül esik és a valóságban nem bizonyos, hogy eléri az átfolyó víz a Szentendrei-Duna-ágot. Mivel a dunabogdányi vízhozammérő helynél sem alakul még ki ekkora vízállásnál olyan elöntés, amely ellehetetlenítené a vízhozammérést annak szelvényében, még II. fokú árvízvédelmi készültség esetén sem indokolt a plusz szelvények bevezetése. (17. ábra)



17. ábra HEC-RAS modelleredmény
A II. fokú árvízvédelmi készültségi szinthez tartozó vízhozam esetén

A felhasznált vízállás idősor alapján, a III. fokú árvízvédelmi készültségi szintet (650 cm) 2013. június 07.-én 05:00-kor érte el a Duna a nagymarosi vízmérce szelvényében, ekkor a vízhozamgörbe szerinti vízhozam 8080 m³/s volt. Az ekkor kialakult vízszintek már komoly elöntést okoznak a Duna mindkét ágán a Szentendrei-sziget körül. (18. ábra)



18. ábra HEC-RAS modelleredmény
A III. fokú árvízvédelmi készültségi szinthez tartozó vízhozam esetén

Mivel az átfolyt vízmennyiség is jelentősnek mondható, illetve a dunabogdányi vízhozammérés is komoly nehézséget okozhat, ezért a III. fokú árvízvédelmi készültség elérésétől javaslom a korábban pontosított, az alábbiakban felsorolt vízhozammérő szelvények használatát:

- Duna – Nagymaros (1694+800 fkm)
- Duna – Verőce (1688+300 fkm)
- Duna – Vác (1679+000 fkm)
- Szentendrei-Duna – Kisoroszi (30+000 fkm)
- Szentendrei-Duna – Tahitótfalu (19+800 fkm)

KÖVETKEZTETÉSEK, MEGOLDÁSI JAVASLATOK

A dolgozatomban felvetett problémakör, vagyis a Szentendrei-sziget környéki árvízi vízhozammérő szelvények pontosítása, egy már régóta fennálló megoldandó feladat. Olyan kutatási elemeket tartalmazó tevékenység, amely a mindennapi munkavégzés mellett, idő és energia hiányában nehezen megvalósítható.

A dolgozatom megírásához szükséges munka kapcsán, alkalmaztam az építőmérnöki képzés keretein belül oktatott hidrológia tantárgy eljárásait, ilyen volt a mércekapcsolati vonal szerkesztése, valamint a vízhozam görbe előállítás is. Az egyetemi tanulmányaim alatt ismertem meg a probléma feltárásához használt HEC-RAS hidrodinamikai modellező szoftvert, melynek alkalmazásában is mélyebben sikerült belemerülnöm a dolgozat megírása közben.

A statisztikai vizsgálatok elvégzésénél törekedtem az elegendően hosszú adatsorok használatára. Tizenkét éves idősort használtam a vízhozamgörbe előállításához (2010-2021) és tizenegy éves idősort a mércekapcsolati vonal szerkesztéséhez (2010-2020).

A hidrodinamikai modell kalibrálásához használt vízhozam és vízszint adatokat a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság biztosította számomra, melyek közül több vízhozammérés, valamint a 2021. évi legkisebb hajózási vízszinthez közeli vízszint bemérés terepi munkálataiban magam is tevékenyen részt vettem. A vízszintrögzítések során bemért koordináta adatokból ArcGIS térinformatikai szoftver alkalmazásával, pontszerű vektoros állományt készítettem, melyek a HEC-RAS szoftver felületén megjelenítve, kiválóan alkalmasak voltak a felépített hidrodinamikai modell helyességének megvizsgálására.

Véleményem szerint az általam használt módszer jól alkalmazható a felvetett probléma megoldására. A HEC-RAS szoftver segítségével meg lehet vizsgálni különböző kijelölt szelvényeken átáramló vízhozam mennyiségét, elemezni lehet a kritikus területeken történő elöntéseket különböző vízszintek előfordulása esetén. Továbbá alkalmas a szoftver a folyókák közötti víz mennyiség eloszlásának vizsgálatára is. Így elmondható, hogy a vízhozammérési helyek kiválasztására, pontosítására is alkalmas az általam is használt eljárás.

Az árvízi vízhozammérő helyek kiválasztása során hibalehetőséget hordoz magában az a tény, hogy az ideiglenesen kiépített védőművek (pl. nyúlgátak, szentendrei mobilgát stb.) nem kerültek beépítésre a hidrodinamikai modellbe, ezáltal az elöntési képek valamelyest torzultan mutatkoznak meg. Ami miatt mégis elfogadható az ideiglenes védőművek beépítésének hiányával kapott eredmény, az a körülmény, hogy a Közép-Duna-völgyi Vízügyi igazgatóság a Tahitótfalunál található Tildy Zoltán híd vonalában futó közúti útnál épített ki a nyúlgát védvonalat, ezzel megvédve a belső területeket az elöntéstől. Így elmondható, hogy a problémás vizsgálati területen nem okozhatott nagy eltérést a valóságtól a fentebb említett hiányosság.

További hibalehetőséget rejt magában, főleg az árvízvédelmi fokozatokhoz viszonyított vízhozammérő helyek vizsgálata során az, hogy a hidrodinamikai modell bemeneti adataként (felső peremfeltétel) vízhozamgörbe alapján számított vízhozam idősor került beépítésre. Ezáltal a kapott eredmény nem számol a kisesésű folyókon megjelenő árhullámok jellemző tulajdonságával, ami az árvízi hurokgörbe által rendkívül jól szemléltethető, hogy a vízfolyás áradásakor ugyanahhoz a vízálláshoz magasabb vízhozam értékek tartoznak, mint amekkorák apadáskor fordulnak elő. Ugyanakkor az árvízi hurokgörbe vizsgálatok az áradás intenzitása sem elhanyagolható kérdés, hiszen egy erősen intenzív vízszint emelkedés nagyobb eltérést okozhat az árhullám vízfelszínesésében a stagnáló állapothoz képest, amely nagyobb vízhozam értéket eredményezhet. Ezért, ha általánosságban szeretnénk vizsgálni az elöntések által okozott vízhozammérő helyek megfelelőségét, véleményem szerint célszerű lehet a vízszint adatok alkalmazása. Azonban az alábbi, 2. táblázatban összevetettem a 2013. június 4. és június 14. közötti időszakban, az árhullám levonulási ideje alatt, a nagymarosi szelvényben mért vízhozam adatokat, a modell bemeneti paramétereként használt vízhozamgörbe alapján számított vízhozamokkal. Az összehasonlítás alapján kijelenthető, hogy jelen esetben az áradó ágban 5%-os, hibahatár feletti eltérés csak a II. fokú árvízvédelmi készültség elérését követő kezdeti időszakban fordult elő (6,52%). A III. fokú készültség elérését követő első vízhozammérésnél az eltérés 2,88%, ami a vízállás tetőzéséig folyamatosan csökken (legkisebb eltérés 0.82%), amikor -1,87% a különbség. Mivel a korábbi megállapításom alapján, árvízi vízhozammérő szelvények bevezetésére csak a III. fokú árvízvédelmi készültségi vízszint elérése után van szükség, ezért kijelenthetem, hogy a mért és számított vízhozamokban az árvízi hurokgörbe okozta különbségek figyelmen kívül hagyása sem eredményez számottevő eltérést a valóságban és hidrodinamikai modellben kialakult vízszintek között.

<i>Mérés időpontja</i>	<i>Vízállás (cm)</i>	<i>Mért Q (m³/s)</i>	<i>Számított Q (m³/s)</i>	<i>Eltérés (%)</i>	<i>Árvízvédelmi fokozati szint</i>
2013.06.04. 11:35	481	6195	5791	+ 6,52	II. fok
2013.06.06. 09:25	591	7530	7250	+ 3,72	II. fok
2013.06.07. 10:52	668	8605	8357	+ 2,88	III. fok
2013.06.08. 11:50	726	9487	9270	+ 2,29	III. fok
2013.06.08. 17:25	736	9505	9427	+ 0,82	III. fok
2013.06.09. 08:35	749	9504	9630	- 1,33	III. fok
2013.06.09. 13:25	751	9473	9650	- 1,87	III. fok
2013.06.10. 10:10	739	9034	9440	- 4,49	III. fok
2013.06.10. 16:15	730	8748	9300	- 6,31	III. fok
2013.06.11. 10:30	692	8126	8710	- 7,19	III. fok
2013.06.12. 12:10	620	7093	7654	- 7,91	II. fok
2013.06.13. 10:23	566	6605	6845	- 3,63	II. fok
2013.06.14. 10:00	516	6094	6220	- 2,07	II. fok

2. táblázat Mért és számított vízhozamok összehasonlítása a nagymarosi szelvényben (2013)

A vízhozammérő helyek további pontosításának érdekében, a következő lépésben érdemes lenne megvizsgálni az ADCP mérések eredményeként kapott áramlásprofil alapján, a kijelölt szelvényben kialakult sebességvektorok nagyságát és irányát. Az ilyen jellegű vizsgálatok elvégzéséhez, rendelkezésre áll egy a HEC-RAS szoftverhez hasonlóan, az amerikai haditengerészet által fejlesztett és a hydroacoustics.usgs.gov weboldaltól ingyenesen letölthető sebességtérképező alkalmazás (VMT -Velocity Mapping Toolbox). A sebességvektorok vizsgálata főleg a Szentendre-Duna – Tahitótfalu híd feletti szelvény esetében lehet döntő fontosságú. Ha nagyon kedvezőtlen áramlási viszonyok alakulnak ki, érdemes lehet a Szentendrei-Duna-ág híd alatti szakaszán kijelölni vízhozammérő szelvényt. Ebben az esetben alkalmas lehet a Szentendrei-Duna – Szentendre (13+300 fkm) állandó vízhozammérő hely is, amit a Csík gyorsjáratú hajóval lehetne megközelíteni.

Az általam meghatározott eredmények nyomán követése érdekében, szükséges a jövőben előforduló megfelelő méretű ár hullámok alkalmával kontroll vízhozammérések végrehajtása, valamint szükségszerűnek érzem a Szentendrei-sziget területén, az átfolyás által érintett szakaszokon is vízszintet rögzíteni, amivel a modell kalibráltságát lehetne szükség esetén javítani.

ÖSSZEFOGLALÁS

Szakedolgozatom kapcsán, célom volt a Szentendrei-sziget környezetében használt árvízi vízhozammérési szelvények pontosítása.

A felvázolt probléma megvizsgálására HEC-RAS (1D/2D) hidrodinamikai modellt alkalmaztam, amit Dömös és Budapest (Újpesti vasúti híd) között építettem fel. A modell geometriájának elkészítéséhez digitális domborzatmodellt alkalmaztam. Paraméterezésnél a felső peremfeltétel megadásához vízhozam idősort, az érdekességi tényezőkhöz CORINE felszínborítottsági térképet használtam. Az alsó peremfeltétel definiálásához vízhozamgörbét készítettem a Duna –

Óbuda vízmércéhez (amely az Újpesti vasúti híd jobb parti pillérénel található). A vízhozam-görbe készítés során felhasznált vízhozammérések hiányzó vízállás adatainak pótlásához, mércekapcsolati vonalat szerkesztettem a Duna – Budapest Vigadó tér és Duna – Óbuda állomások között.

A kapott eredmények segítségével megvizsgáltam az LNV közeli vízállásoknál alkalmazható vízhozammérési szelvényeket. Megállapítottam, hogy az állandó vízhozammérő helyek közül a Szentendrei-Duna – Dunabogdány (26+600 fkm) szelvény nem alkalmas a nagymértékű előntés miatt a pillanatnyi vízhozam megmérésére. Ennek kiküszöbölésére, véleményem szerint a Szentendrei-Duna – Kisoroszi (30+000 fkm), valamint Szentendrei-Duna – Tahitótfalu (19+800) szelvények megfelelő helyen voltak kijelölve a 2013-as árvíznél. A Szentendrei-szigeten történő átfolyás felett, az 1688+300 folyamkilométernél (Duna – Verőce) jelöltem ki a főágon érkező vízhozam megmérésére alkalmas helyet. Számításaimat figyelembe véve elmondható, hogy a kijelölt szelvényben az érkező vízhozam több mint 95%-a mérhető meg, ami a vízrajzi gyakorlatban használatos 5%-os hibahatáron belül van.

A kijelölt vízhozammérő helyek további pontosítása érdekében, szükségszerűnek érzem a kapott eredmények felülvizsgálatát a jövőben előforduló, III. fokú árvízvédelmi készütséget elérő árhullámok esetén. Véleményem szerint további vízhozamméréseket és vízszintrögzítések kell végezni a problémás területeken, az azokból nyert adatokkal a felépített hidrodinamikai modell pontosítása is lehetséges.

IRODALOMJEGYZÉK

Bendefy L. – Csoma J. (1971): A Duna-medence általános leírása. In: Vízrajzi Atlasz Sorozat (11), Duna(4), Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Budapest, pp. 5.

Borsy Z. (szerk) (1995): Általános természetföldrajz. Harmadik kiadás, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 832 p.

Homokiné Ujváry K. (2013): A 2013. júniusi dunai árvíz időjárási háttere. In: Vízügyi Közlemények. A 2013. évi dunai árvíz, Különszám, Budapest, pp. 21-36.

Stelczer K. (2000): A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 411 p.

Szlávik L. (2013): A 2013. évi árhullám hidrológiai sajátosságai. In: Vízügyi Közlemények. A 2013. évi dunai árvíz, Különszám, Pro Aqua Alapítvány, Budapest, pp. 61-76.

www.hajoregiszter.hu/hajoadatlap

www.researchgate.net/figure

MELLÉKLET

LABEL1	LABEL2	LABEL3	Mannings n
1 Artificial surfaces	1.1 Urban fabric	1.1.1 Continuous urban fabric	0.013
		1.1.2 Discontinuous urban fabric	
	1.2 Industrial, commercial and transport units	1.2.1 Industrial or commercial units	0.013
		1.2.2 Road and rail networks and associated land	
1.2.3 Port areas			
1.2.4 Airports			
1.3 Mine, dump and construction sites	1.3.1 Mineral extraction sites	0.013	
	1.3.2 Dump sites		
	1.3.3 Construction sites		
1.4 Artificial, non-agricultural vegetated areas	1.4.1 Green urban areas	0.025	
	1.4.2 Sport and leisure facilities		
2 Agricultural areas	2.1 Arable land	2.1.1 Non-irrigated arable land	0.03
		2.1.2 Permanently irrigated land	
		2.1.3 Rice fields	
	2.2 Permanent crops	2.2.1 Vineyards	0.08
		2.2.2 Fruit trees and berry plantations	
		2.2.3 Olive groves	
	2.3 Pastures	2.3.1 Pastures	0.035
	2.4 Heterogeneous agricultural areas	2.4.1 Annual crops associated with permanent crops	0.04
2.4.2 Complex cultivation patterns		0.04	
2.4.3 Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation		0.05	
2.4.4 Agro-forestry areas		0.06	
3 Forest and semi natural areas	3.1 Forests	3.1.1 Broad-leaved forest	0.1
		3.1.2 Coniferous forest	
		3.1.3 Mixed forest	
	3.2 Scrub and/or herbaceous vegetation associations	3.2.1 Natural grasslands	0.04
		3.2.2 Moors and heathland	0.05
		3.2.3 Sclerophyllous vegetation	0.05
		3.2.4 Transitional woodland-shrub	0.06
	3.3 Open spaces with little or no vegetation	3.3.1 Beaches, dunes, sands	0.025
		3.3.2 Bare rocks	0.035
		3.3.3 Sparsely vegetated areas	0.027
3.3.4 Burnt areas		0.025	
3.3.5 Glaciers and perpetual snow		0.01	
4 Wetlands	4.1 Inland wetlands	4.1.1 Inland marshes	0.04
		4.1.2 Peat bogs	
	4.2 Maritime wetlands	4.2.1 Salt marshes	0.04
4.2.2 Salines			
4.2.3 Intertidal flats			
5 Water bodies	5.1 Inland waters	5.1.1 Water courses	0.05
		5.1.2 Water bodies	
	5.2 Marine waters	5.2.1 Coastal lagoons	0.07
5.2.2 Estuaries			
5.2.3 Sea and ocean			

1. melléklet CORINE felszínborítottság alapján ajánlott átlagos Manning 'n' tényezők
(Forrás: Papaioannou et al., 2018)