

BELVÍZCSATORNA HIDRAULIKAI MODELLEZÉSE

Maizl Gábor – Koch Gábor – Király Zsolt

Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság

KIVONAT

A tanulmány kitűzött célja, hogy az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság vagyongazdálkodásában lévő Duna-völgyi-főcsatorna szakaszának egy részén elősegítse a vízszint előrejelzési munkák előkészítését. A közeljövőben az öntözési gazdálkodás elterjedése miatt a vízügyi igazgatóságoknak egyre nagyobb figyelemmel kell lenniük a kialakuló vízszintekre. Az 1D hidrodinamikai modellt a vízszint előrejelzéséhez került vizsgálat alá, hogy hasznos eszköze lehet-e a jövőben az üzemirányításnak. Az eredményekből látszik, hogy két üzemi állapotot vizsgálva a belvízi időszak állapotai generálhatók nagyobb biztonsággal. A nyári időszak - amely a vegetáció és a mezőgazdaság szempontjából meghatározó időszakra - során feltételezhetően a csatornában kialakuló növényzet hatására nehezebben végezhető el. Az eredményekből az a konklúzió vonható le, hogy amennyiben az üzemirányításhoz HEC-RAS modellt kívánunk felhasználni, úgy a későbbiekben valamilyen súllyal figyelembe kell venni a növényzet eltávolításának, valamint annak újra megjelenésének hatását és időbeli megjelenését. Ezen további finomítások elengedhetetlenek, annak érdekében, hogy a pontosabb képet kaphassunk egy-egy vízhozam bevezetését követően kialakuló vízszintekről.

BEVEZETÉS

A 2000-es évek elején, illetve az azokat megelőző évtizedben is számos nagy volumenű ár- és belvíz veszélyeztette a Duna menti településeket. A régebben belvízcsatornákként ismert vonalas létesítmények azonban napjainkra több funkciót is ellátnak. A jelenleg megfigyelhető kormányzati törekvés egyértelműsíti az öntözési gazdálkodás kulcsszerepét is. Így a belvízi üzem mellett egy újabb fontos funkciót is el kell látnia a csatornahálózatnak. Ennek megfelelően a vízszolgáltatásért felelős szervezetekre és a mezőgazdasági vízszolgáltatásban résztvevő vízszolgáltató művekre jelentős feladat hárul. E feladatok körében a biztonságos üzemelés, fenntartás mellett az előremutató vizsgálatok, tanulmányok megírása is szükségszerű, melyek a jövőbeli fejlesztések alapját képezhetik. Jelen tanulmányban az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság gazdálkodásában lévő, a vízszolgáltatásban és belvízvezetésben is szerepet játszó Duna-völgyi-főcsatorna (DVCS) szakasz vizsgálatára kerül sor. Az elmúlt évek tapasztalatai alapján a DVCS egyes szakaszain rendkívül fontos, hogy gyorsan, megbízhatóan és pontosan be tudjuk állítani az üzemi vízszinteket. A 21. században segítségünkre van több, különböző számítási és modellezési lehetőség is, amelyekkel könnyedén hidrodinamikai vizsgálatokat végezhetünk. A belvízi és a nyári (öntözési) üzem alatt is tisztában kell lenniük a vízkormányzásért felelős vízügyi szakembereknek, hogy a kívánatos vízszint beállításához, milyen zsilipnyitásokat, illetve zárásokat kell végrehajtaniuk. Tisztában kell lenniük azzal, hogy mekkora vízhozamot kell szállítani az adott csatornának az üzemi vízszintek kialakulásához. Egy számítási sorozat, modell készítése az adott döntéseket nagyban elő tudja segíteni.

Egy jól felépített modellt azonban az ismert feladat megoldásán túl alkalmas lehet további üzemi állapotok elemzésére, egyes beavatkozások hatásainak nyomon követésére, valamint segítséget nyújthat az adott létesítmény üzemirányításában.

A vizsgálat során egy csatornaszakasz hidrodinamikai vizsgálata kerül végrehajtásra, két különböző üzemi állapot kalibrálása és validálása készül el a hozzájuk tartozó eredmények kiértékelésével.

ELŐZMÉNYEK

A Dél-Duna-völgyi vízrendszer kialakítása az 1900-as évek elején kezdődött a Duna-völgyi-főcsatorna megépítésével. Bár a csatorna megépítését számos tényező befolyásolta, végül 1929-

ben készült el teljes terjedelmében. A kivitelezést a kezdeti időkben kézi erővel (kubikus munkával) végezték, majd 1915-től a gépi földmunkák is megkezdődtek.



1. kép. Kubikus munka (Forrás: Magyar Néprajzi Lexikon)

A vízrendszer fejlesztése kezdetben a területek lecsapolását célozták ám az egyre fokozódó vízigény a vízszolgáltatás lehetőségeinek megteremtése felé mozdította a rendszer üzemeltetéséért felelős vízügyi igazgatóság, illetve vízügyi társulatok figyelmét. Ennek megfelelően a rendszerfejlesztés az 1950-60-as évektől már a mezőgazdasági vízszolgáltatás irányában haladtak tovább. A rendszer kialakítása napjainkban lehetővé teszi, hogy a Duna-völgyi területeken belvízlevezetési üzemet és vízszolgáltatási üzemet is ellássanak.

AZ ÉRINTETT TERÜLET, A CSATORNA BEMUTATÁSA

A tanulmány során alapvető szempont volt egy reprezentatív csatorna kiválasztása, amely az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság üzemeltetése szempontjából meghatározó jellegű. Az öntözési igények, valamint a belvíz levezetés fontosságát figyelembe véve a Duna-völgyi-főcsatornára esett a választás.

A táj leírása

A Duna-völgyi főcsatorna a Dél-Duna-völgyi vízrendszer egyik meghatározó csatornája, az ADUVIZIG működési területét Kunpeszérnél éri el, majd onnan É-D-i irányban tovább haladva Bajánál a torkolati szivattyútelepen keresztül jut el befogadójáig, a Dunáig. A csatorna Kunpeszértől Bajáig tartó 117 km-en keresztül tartó útján számos mellékcsatornának biztosítja ökológiai, vízhasznosítási vagy akár rekreációs vízigényét. Kettősműködésű csatornáról révén szó a 2000-es évek nagy belvíz eseményeinek mentesítésében is jelentős szerepe volt.

A csatorna magassági szempontból két tájegység határán fekszik. Az egyik a Duna és a Duna-völgyi-főcsatorna között elterülő mély fekvésű, csatornákkal szabdaltnál völgyi rész. Területe sík, lejtése déli irányú. A csatornától keletre, magasabb térszínnel jellemezhető terület az ún. hátság. Látképében homokdombok mocsarak jellemzőek. Vízlevezetése a DVCS irányába mutat.

A vízgyűjtőre hulló éves átlagos csapadékmennyiség megközelítőleg 600 mm. A csapadékok éves eloszlásában azonban az elmúlt évtizedekben jelentős különbségek mutatkoznak, egyre

jellemzőbbek a szélsőséges csapadékviszonyok. Az év egy jelentős részében vízhiányos, aszályos állapotok jelentkeznek, míg egyes időszakokban hirtelen lezúduló heves csapadékeseményekkel is találkozhatunk.

A Duna-völgyi-főcsatorna legfőbb jellemzői

A csatorna vízgyűjtő területe meghaladja a 3000 km²-t, több mellékcsatornával és kiágazással is rendelkezik.

A területet 8 öblözetre lehet felosztani, melyek a következők:

1. XXX. csatorna	196 km ²
2. Solti árapasztó	160 km ²
3. V. csatorna	184 km ²
4. Csorna-Foktői csatorna	421 km ²
5. I. övcsatorna	480 km ²
6. III. övcsatorna	385 km ²
7. VII. csatorna	274 km ²
8. DVCS közvetlen	1109 km ²

A DVCS torkolatánál a gravitációs mértékadó vízhozam 16 m³/s, míg a szivattyús kapacitása 11 m³/s. A csatorna medermorfológiája változatos képet mutat, jól elkülönülnek a természetes medervonulatok az ásott mederszakaszoktól. Fenékszélessége ennek megfelelően nem egységes, 2 és 10 m között változik. A meder átlagos esése 0,06 ‰. A lejtési viszonyok a síkvidéki jellegből adódnak, amely vízszállítás szempontjából nem kedvezők, ezért a nagy víztömegek elvezetése érdekében a torkolat felé haladva egyre nagyobb szelvényterülettel rendelkezik. A Bajai torkolati szivattyútelepet követően, folyásiránnyal szemben haladva 4 db duzzasztó található meg a csatorna ADUVIZIG vagyonekezelésében lévő szakaszán.

Szelvényszám (cskm)	Megnevezés	Nyílásméret (m)	Küszöbszint (m B.f.)
16+100	Nemesnádudvari-zsilip	2x4,5	86,32
31+282	Hajósi duzzasztó	2x4,5	87,02
55+090	Keceli duzzasztó	2x2,2; 1x 4,7	88,72
97+048	Kunszentmiklósi duzzasztó	1x6,0	91,36

1. táblázat. A Duna-völgyi-főcsatorna vizsgált szakaszán található duzzasztó műtárgyak

Kialakult vízigények

A Kiskunsági-DVCS öntözővízrendszer meghatározó csatornája a Duna-völgyi-főcsatorna. A csatornából közvetlenül kivett öntözésre, halastavi gazdálkodásra felhasznált vízmennyisége országos szinten nem mondható jelentősnek, viszont a Kiskunsági-főcsatornával közös rendszerükben a kitorkolló csatornába visszaduzzasztott vízmennyiségek segítségével kb. 20 milliárd m³/év vízigényt szolgálnak ki.

Mezőgazdasági vízhasznosítási szempontból a legfontosabb térségnek mondható Kecel és környezete, hiszen az itt üzemelő Keceli-duzzasztó segítségével lehetséges a Kalocsai Sárközbe vizet juttatni, a Sárközi-vízrendszeren pedig meghatározó öntözéses és halastavi gazdálkodások vannak jelen.

Vízlevezetés, belvízi üzemállapotok

Kettősműködésű csatornaként a DVCS rendkívüli szerepet tölt be a káros belvíz levezetésében. A DVCS torkolati szivattyútelepén a 2002-2013-ig 5 évben is szükséges volt a Dunába történő

vízátételésre. A csatorna gravitációs vízlevezetési képességét nem érte el a szivattyútelep szivattyús kapacitása. Vízkormányzási szempontból bevett szokás, hogy addig a mértékadó vízszintig, ameddig gravitációsan képes a csatorna vizet szállítani – míg a befogadó vízszintjével a csatorna vízszintje össze nem színel – nyitva marad egy bizonyos mértékig a gravitációs csatorna zsilipkamrája. Ezt követően azonban csak szivattyús üzemmel lehetséges biztonságosan a befogadóba juttatni a vízgyűjtőről lefolyó vízmennyiséget. A szivattyús üzemet megelőzően az üzemeltető a rendszert próbálja a lehető legnagyobb, még megengedett mértékben leüríteni, úgy, hogy a vízszint csökkenés még ne okozzon a meder morfológiájában, ill. a környező egyéb létesítményekben kárt.

A 2000-es években a DVCS torkolati szivattyútelepén áttemelt összes vízmennyiségek táblázatos formában kerültek bemutatásra.

Vizsgált év	Belvízvédekezés során áttemelt vízmennyiség (ezer m ³)
2002.	7 675
2006.	29 984
2009.	5 053
2010.	12 983
2013.	7 850

2. táblázat: A Duna-völgyi-főcsatorna torkolati szivattyútelepén áttemelt vízmennyiségek

A CSATORNA HIDRAULIKAI VIZSGÁLATA

A DVCS vizsgálata során az egyik leghasznosabb, legfontosabbnak tartott szakasza került kijelölésre, amely az 55+414 cskm-től a 40+340 cskm-ig terjed. A már említett, Sárközi-vízrendszer vízellátásában van jelentős szerepe ennek a szakasznak, az 55+090 cskm szelvényben található Keceli-duzzasztó műtárgy üzemeltetése révén.



2. kép. Duna-völgyi-főcsatorna – Keceli duzzasztó

Modellezés

A csatorna hidraulikai vizsgálata 1D modellezés segítségével valósult meg, a HEC-RAS nevű szoftver alkalmazásával. A modell készítése során felépítésre került a geometria, sikeresen beszerzésre kerültek vízszint, illetve vízhozam adatok, amelyek a felépítést követően a modell-futtatásához, a peremfeltételek definiálásához voltak szükségesek.

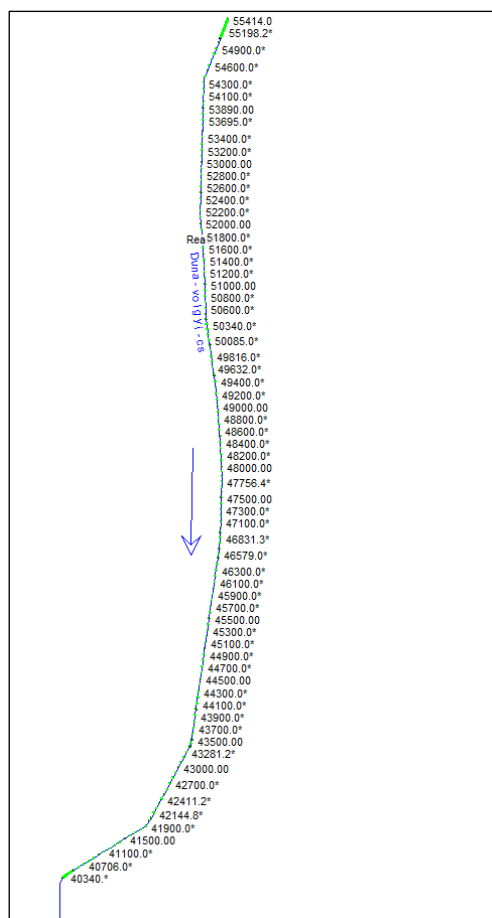
HEC-RAS

A HEC-RAS egy az Egyesült Államok mérnökei, szakértői által fejlesztett szoftver, amely a fejlesztők honlapjáról ingyenesen elérhető. A szoftver működése során a szabadfelszínű, fokozatosan változó nempermanens áramlás fizikai, illetve matematikai szabályszerűségeit az anyag megmaradás törvénye és Newton 2. dinamikai axiómája, azaz az energia megmaradás törvénye alapján tudja leírni. A számítások során a szoftver többek között a folytonossági egyenletet használja fel.

A szoftver használata mellett szólt az ingyenes hozzáférésen túl, annak logikus felépítése, felhasználóbarát kezelőfelülete.

A modell felépítése

A szükséges adatok beszerzését követően az első lépés a geometria felépítése volt. A csatorna vízszintes vonalvezetését megadva, illetve a kereszt-szelvényeket beépítve, a megfelelő abszolút magassági adatokkal került a geometria felépítésre.

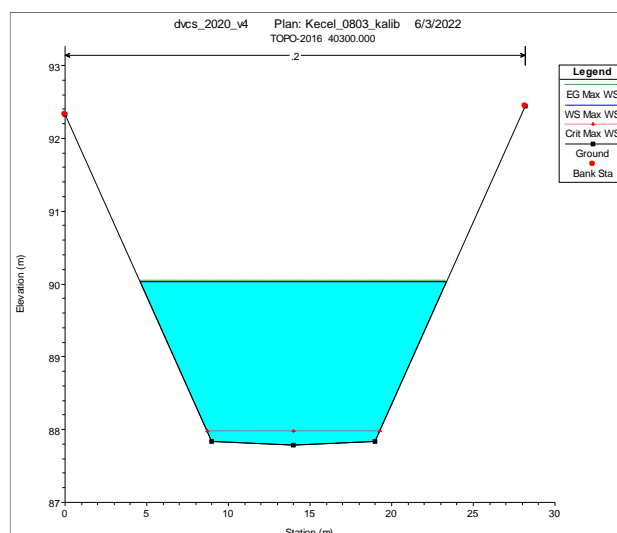
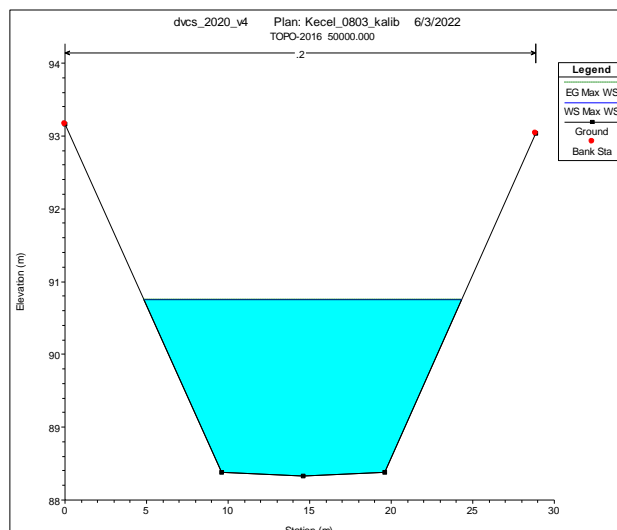


3. kép. A Duna-völgyi-főcsatorna modellezett szakasza

Keresztszelvények definiálása

A kereszt-szelvényeket pontpárokkal lehetséges definiálni a szoftverben, amelyekkel jól leírhatóak a magassági viszonyok, valamint a pontok közötti távolságok.

A felvett kereszt-szelvények változó sűrűséggel kerültek definiálásra, követve a felmért szelvényezést, illetve a tervekben rendelkezésre álló mintakereszt-szelvény kiosztásokat. Jellemzően legalább 100-200 m-es szelvény-távolságok kerültek beállításra.



4-5. kép. A modellbe épített mintakeresztmetszelvények

Határfeltételek beállítása

A geometriai adatokat tartalmazó modell futtatásához jól meghatározott peremfeltételek szükségesek. A peremfeltételek mért, illetve észlelt adatokból származnak, minimálisan egy alsó és egy felső határfeltétel szükséges ahhoz, hogy a modellezett vízfolyás vizsgálata elvégezhető legyen. Felső határfeltétel esetében a főcsatorna vízhozam-idősorát, alsó határfeltételénél pedig az azonos időszak vízállás-idősorát használtam.

A modell a Duna-völgyi-főcsatornát a Csorna–Foktői-csatorna kiágazásától a Csillagosi-összekötőcsatorna befolyásáig vizsgálja. Felső peremfeltételként a csatorna Vádéi szelvényében számított vízhozam került megadásra, alsó határfeltételként pedig a Csillagosi hídnál észlelt vízszint. A modell tartalmazza a Csornai (Keceli) duzzasztót is. A futtatásokat permanens (steady-flow) állapotra végeztem el, azaz az idősorok csak egy időpillanatra vonatkoztatva. A modell futtatása ezáltal stabilabb, eredményeinek pontossága pedig a vizsgálat szempontjából elfogadhatóak.

A modell futtatása

A modell futtatása során a program a már bemutatott alapegyenletek segítségével az alsó szelvénytől haladva számításokat végez. Ennek során a megadott érdességi tényező alapján meghatározza az adott vízhozamokhoz tartozó vízállásokat az egyes kereszt-szelvényekben.

A futtatás egy belvízi és egy öntözési időszak adataival történt meg.

Üzemrend	Kalibrálás	Validálás
Belvízi	2021. január 5.	2021. január 12.
Öntözési	2021. július 6.	2021. augusztus 3.

3. táblázat: Kalibrálási és validálási időszakok

A futtatás során alkalmazott érdességi tényezők:

- Belvízi üzemben: 0,06
- Öntözési üzemben: 0,2

AZ EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

Az eredmények kiértékelése során a modellezett szakasz hossz-szelvényét vizsgáltam, a két üzemállapotot külön-külön elemezve. A nyári üzem számítási eredményeit áttekintve észrevehető, hogy annak pontossága előrejelzés szempontjából a későbbiekben nem megfelelő. A mederben a nyári üzemben növekedő vegetáció hatására, valamint annak időszakos eltávolításának hatására nehezebben validálható. A kalibrációs és validációs futtatások között öntözési üzemben nagyobb eltérések tapasztalhatóak, mint a belvizes üzemben. Az eltérés oka főleg abban keresendő, hogy a kalibrációs futtatás során beállított modellparaméter (Manning féle érdességi tényező) nem változtatható meg a validációs futtatás során. Öntözési üzemben azonban a vizsgált csatorna érdessége rövid idő alatt gyorsan változik, ezért a kalibrációs időpillanatra beállított modell a későbbiekben nem adhat megfelelő eredményt. Belvizes üzemállapotban az érdességi tényező gyors változása kevésbé jellemző, ezért ez az üzemállapot megbízhatóbban modellezhető.

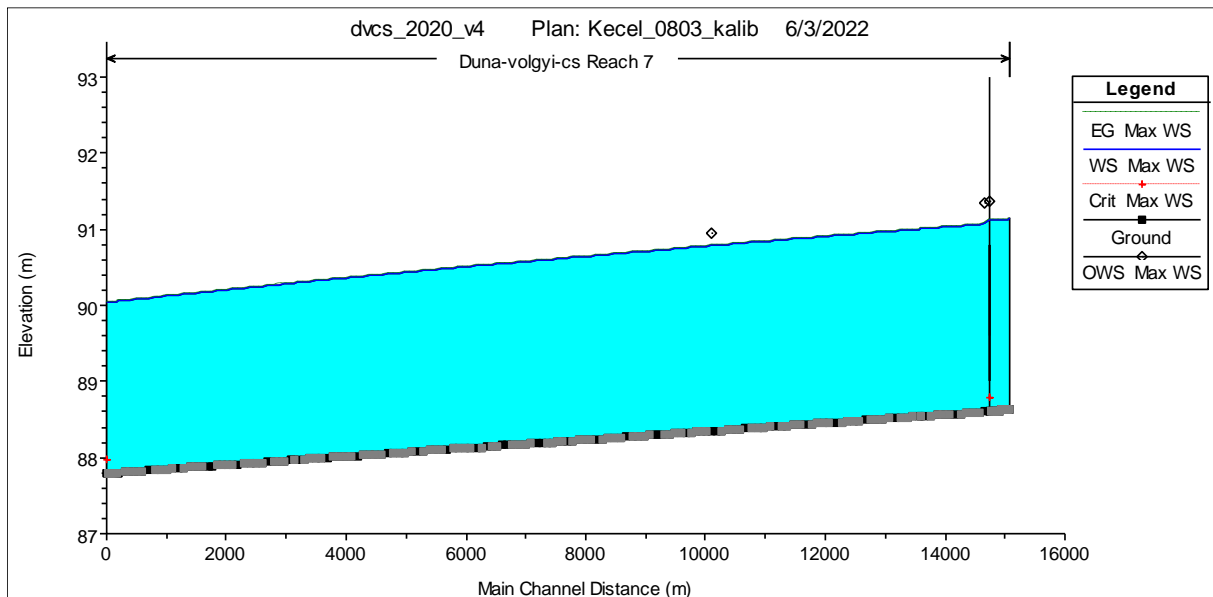
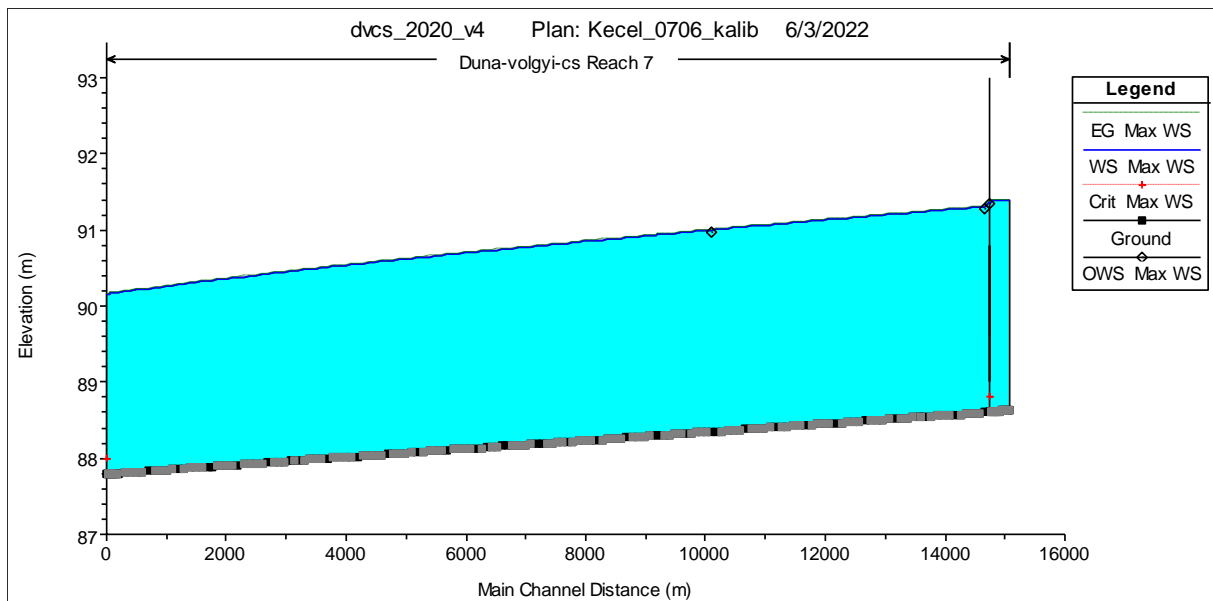
A vizsgálatok későbbi folytatására ajánlott közvetlen hínárvágás előtti és utáni mérésekből származtatott adatokkal is készíteni egy-egy kalibrált, ill. validált modell scenáriót.

A 6. és 7. ábrán a kalibrációs és a validációs futtatások felszín görbéi láthatóak. Megfigyelhető, hogy a július 6-ai kalibrációs futtatásra beállított érdességi tényezővel az augusztus 3-ai validációs futtatás során a szükségesnél magasabb szinten alakul ki a vízfelszín görbe. Ez az eltérés a két időpont között elvégzett fenntartási munkáknak köszönhetően lecsökkent érdességi tényezőre vezethető vissza.

A téli, klasszikus belvizes üzem esetében jól látható, hogy a validálás sikeresebben végrehajtható, feltételezve a vegetáció hiányát. Belvízvédekezés szempontjából ez kedvezőbb körülmény, hiszen a nyári időszak végeztével végrehajtott fenntartási munkák, illetve a természetes gyérülés eredményeként egy jó érdességi állapot alakulhat ki a csatorna medrének felületén, így az azt követő belvizes időszakban valamelyest nagyobb biztonsággal lehet prognosztizálni a kialakuló vízszinteket a vízhozam ismeretében.

ÖSSZEFOGLALÓ

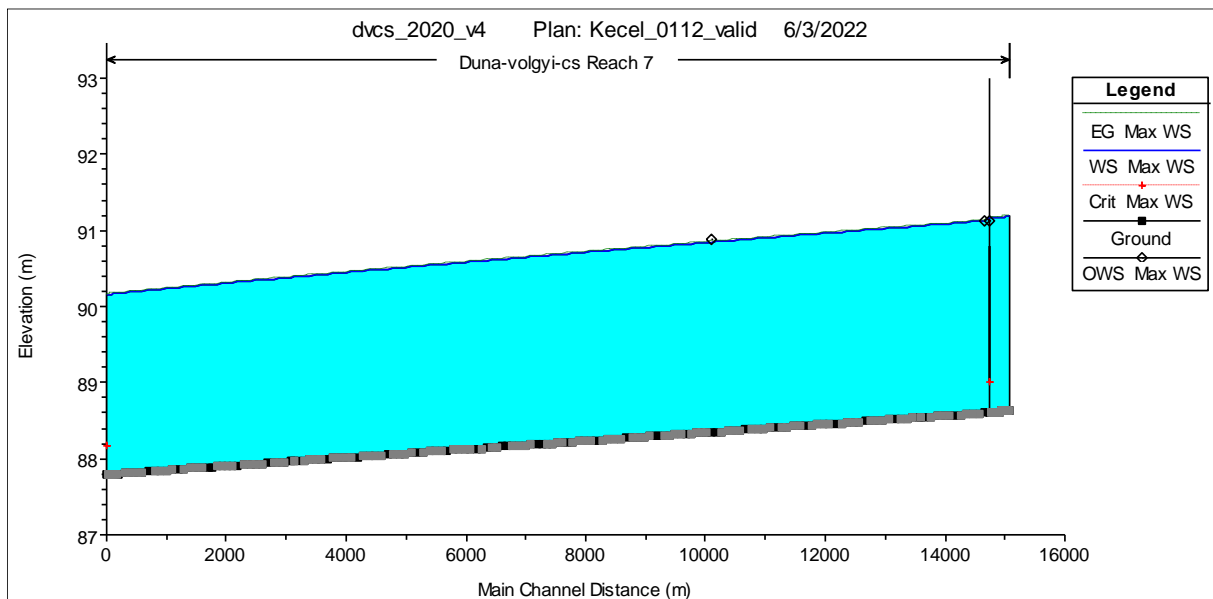
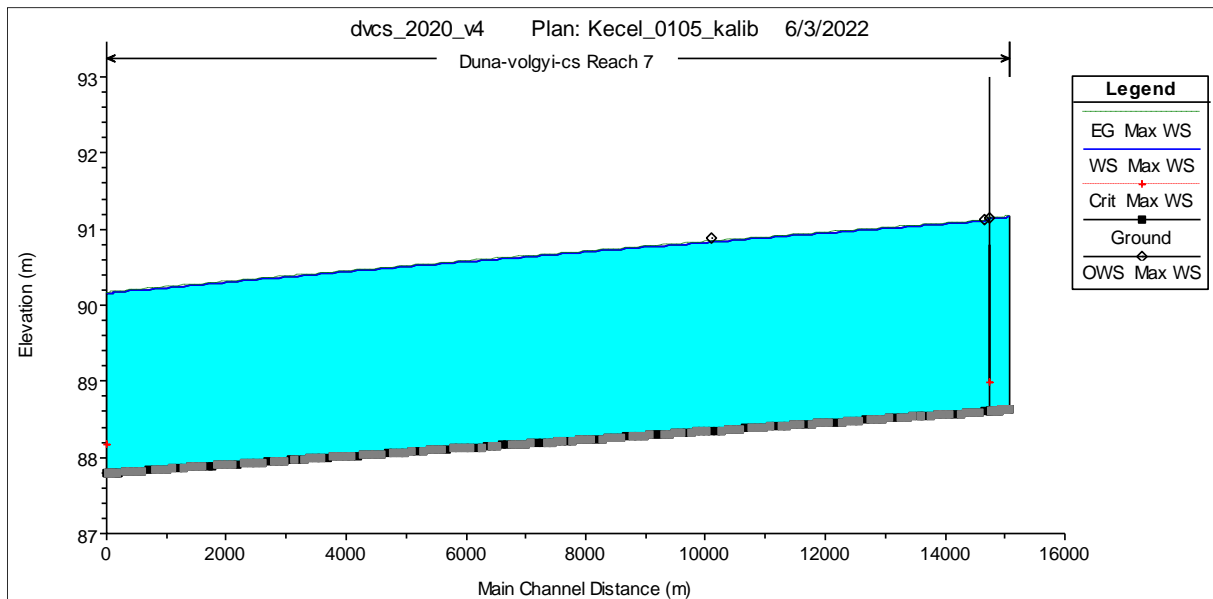
A DVCS vizsgálata során egy 1D hidrodinamikai modell készült el. A modell felépítését követően, a megfelelő peremfeltételek beállításával különböző modell állapotok futtatásával vizsgálhatóvá vált a kérdéses mederszakasz.



6-7. kép. A nyári üzemállapot kalibrált és validált hossz-szelvénye

Az eredmények kiértékelése után megállapítható, hogy a modell a belvízi üzemrendben nagyobb pontossággal számol, mint öntözési idényben. A nagyobb eltérés oka lehet többek között a vegetáció fejlődésének mértéke vagy a hajósi duzzasztó működtetésének hatása a csatorna felsőbb szakaszára. Ezen kívül kismértékben torzíthatja az eredményeket, hogy a modell nem tartalmazza az adott csatornaszakaszon bejegyzett vízkivételeket, talajvíz adatokat sem. Az öntözési üzemrend 1 dimenziós modellezése során az érdességi tényező időbeli változására kiemelt figyelmet kell fordítani, hiszen az öntözési idényben az időjárási körülmények és az intenzívebb fenntartási munkák miatt gyorsan változik az érdességi tényező. Míg a természetes módon bekövetkező érdességváltozás évszak szerint periodikus, átlaguk pedig évente növekvő trendet mutat, addig a fenntartási munkák rövid idő alatt jelentősen javítják az érdességi tényezőt. A modell pontossága érdekében ezért kiemelten fontos az érdességi tényező

változását folyamatosan nyomon követni. A belvizes üzemrend modellezési eredményei a kevésbé változó érdességi tényezőnek köszönhetően a modellkalibrálás után pontosabbak.



8-9. kép. A belvizes üzemállapot kalibrált és validált hossz-szelvénye