

# DINAMIKUS VÍZKÉSZLET-GAZDÁLKODÁSI MODELLEK A VÍZÜGY SZOLGÁLATÁBAN

Horváth Kamilla

kiemelt műszaki referens

Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság



## KIVONAT

Az ADUVIZIG-en 2021 óta zajlik havi szinten a dinamikus vízkészlet-gazdálkodási modellek futtatása és az eredmények kiértékelése. Jelenleg három modell működtetése történik: ezek a Csorna–Foktői-csatorna, a Sárközi vízrendszer és a Ferenc-tápcsatorna modelljei. A kalibrálást az érdességi tényező és a zsiliptényező módosításával végezzük. Megállapítható, hogy a modellek bizonyos szelvényekben és időszakokban nem számolnak kielégítő pontossággal, ez a Csorna–Foktői-csatorna esetében a pontos geometriai és hidraulikai leképezés ellenére történik, míg a Sárközi modellnél a csatornák felmérése szükséges. Utóbbi esetében olyan egyedi körülmények is közrejátszanak az eltérések kialakulásában, amelyeket a HEC-RAS nem tud megfelelően kezelni (pl. a visszaduzzasztás vagy a változó folyásirányú Homoródi-összekötőcsatorna hatása). A Ferenc-tápcsatorna modelljének futtatása csak a 2023. évtől kezdődött meg, ezért még nem áll rendelkezésünkre elég adat különböző üzemállapotok és vegetációs körülmények esetében. A Csorna–Foktői-csatorna esetében kísérletet végeztünk az érdességi tényező részletesebb megismerése érdekében: légi fotózással felmérésre került a csatorna partján húzódó nádsáv szélessége, így a szelvények part menti részén nagyobb érdességet lehet megadni. Az eredmények egyelőre nem szignifikánsak, azonban biztatóak, ezért érdemes a továbbiakban folytatni a felméréseket.

**KULCSSZAVAK:** 1D modellezés, dinamikus vízkészlet-gazdálkodás, vízügy, légi fotózás

## 1. BEVEZETÉS

2021-ben az Országos Vízügyi Főigazgatóság utasítására ágazati szinten megkezdődött a dinamikus vízkészlet-gazdálkodási modellek használata. 2023-ban az ADUVIZIG kezelésében már három modell rendszeres futtatása történik havi szinten: ezek a Csorna–Foktői-csatorna, a Sárközi vízrendszer és a Ferenc-tápcsatorna modelljei. A feladat célja a modellek operatív üzemeltetéséhez szükséges tapasztalat elsajátítása, a felmerülő problémák azonosítása és megoldása, valamint hosszútávon az üzemirányítás operatív segítése.

A modellek futtatása havi szinten történik. A futtatások (a Ferenc-tápcsatorna modelljének kivételével) az egy hónapos modellezési időszakon kívül egy 14-15 napos, ún. „ráfutási időszakkal” kerültek kijelölésre. Ez arra hivatott, hogy a modellezési időszak kezdetének (a hónap első napjának) hidrológiai viszonyait meghatározó, korábbi napok hidrológiai és hidrometeorológiai tényezői is be legyenek építve a modellfuttatásokba.

## 2. TERÜLETBEMUTATÁS

### 2.1 Domborzat

A Csorna–Foktői-csatorna és a Sárközi vízrendszer nagyrészt a Kalocsai-Sárköz kistáj területén helyezkedik el. A kistáj ártéri szintű síkság, tengerszint feletti magassága 89,4 és 125,6 m közötti. Északi része 96-98 m átlagmagasságú magasártér (kalocsai terasz), déli része pedig 91 m átlagmagasságú összefüggő alacsonyártér. A magasártér főként északkeleten szikes laposokkal, középső része morotvákkkal, alacsonyártéri laposokkal tagolt. A Vörös-mocsár mentén, a Kecel-Bajai-magaspart közvetlen tövében hosszan elnyúló tőzegterület a kistáj legalacsonyabb része. Az enyhén dél felé lejtő felszín átlagos relatív reliefe 1 m/km<sup>2</sup>. A Duna jobb partján a részben futóhomokkal fedett magasártér (madocsai terasz) széles, ovális földnyelvként emelkedik környezetére föl. (Dövényi Z. 1990.)

A Ferenc-tápcsatorna a Mohácsi-sziget kistáj része. A kistáj ártéri síkság, tengerszint feletti magassága 84 és 142 m közötti, nyugatról (Dunaszekcső, Bár) a löszös hordalékkúpsíkság meredek, 15-20 m-es parttal szakad le. Keleti határa a Baracsikai-Dunaág, ill. a bácskai II/a sz. terasz. A felszín relatív reliefe rendkívül alacsony, mindenütt 2 m/km<sup>2</sup> alatti. A terület döntő többsége ártéri szintű síkság, árvíz- és belvízveszélyes alacsonyártér, amelyet kisebb, mozaikszerűen elhelyezkedő, magasártéri ármentes felületek tagolnak. Jellemző felszíni formái a Duna eróziójának és akkumulációjának emlékét őrzik; fiatalosak a morotvák, morotvaroncok, amelyek a rossz lefolyás miatt gyakran elmocsarasodtak. (Dövényi Z. 1990.)

### 2.2 Éghajlat

Az ADUVIZIG teljes területe az ország meleg-száraz éghajlati körzeteihez tartozik. ([www.met.hu](http://www.met.hu))

A térség mérsékelt csapadékos terület. Az évi csapadékösszeg átlagértéke 550-600 mm körüli. A csapadékmennyiség évenkénti, valamint éven belüli eloszlása változékony. Az átlagos évi középhőmérséklet 11,6 °C. Az évi középhőmérsékletek tekintetében folyamatos emelkedés tapasztalható. A térségben az uralkodó szélirány az északnyugati.

Az egyes modellek futtatásakor figyelembe vesszük a modellezett csatornákhöz legközelebb elhelyezkedő hidrometeorológiai állomások adatsorait: a hőmérsékletek alakulását és a lehullott csapadékmennyiséget. Az ADUVIZIG területe sík, kis esésű, ezért például a csapadékból

származó hozzáfolyás hatása a csatornában csekély. Azonban a szélsőséges időjárási körülmények képesek befolyásolni a csatornák vízszállítását: 2022 júniusában Dusnok térségében lokális nagycsapadék (két nap alatt mintegy 150 mm) okozott szokatlanul nagy intenzitású vízszintemelkedést a Sárközi-I. és Sárközi-II. főcsatornában, amely a modell eredményeinek torzulását vonta maga után. A Csorna–Foktői-csatorna és a Sárközi modellek esetében a keceli hidrometeorológiai állomás, a Ferenc-tápcsatorna esetében pedig a karapancai állomás adatait használjuk fel. Mindkét állomáson több évtizedes idősorok állnak a rendelkezésünkre.

### **2.3 Hidrológia, vízjárás**

Az ADUVIZIG által futtatott modellek csatornai vízkormányzás hatására állandó vízszállításúak. A csatornák fő funkciói a belvizek elvezetése, valamint az áprilistól szeptemberig terjedő időszakban az öntözővíz-ellátás biztosítása.

A Sárközi és a Csorna–Foktői-csatorna vízbetáplálása közvetve a Ráckevei-Soroksári-Dunából, a Duna-völgyi-főcsatornán keresztül történik. A vízrendszerekben észlelt vízhozamok a Ráckevei-Soroksári-Duna, illetve a Duna vízszintjétől függenek. A Ráckevei-Soroksári-Duna gravitációs vízpótlásának lehetősége a Duna budapesti vízmércéjén mért 200 cm-es vízállás körül megszűnhet.

A Ferenc-tápcsatorna vízpótlása a Duna vízkészletéből a Kamarás-Duna (Sugovica) közvetítésével történik gravitációs úton, a Deák Ferenc zsilipen keresztül. A csatorna jellemző üzemvízszintjét figyelembe véve a vízpótlás megközelítőleg a Duna bajai vízmércéjén mért 300 cm-es vízállástól lehetséges. Emiatt a Ferenc-tápcsatorna modellje a többivel ellentétben nem futtatható másfél hónapos intervallumokban, hanem néhány napot felölelő periódusokban, amikor a Deák Ferenc zsilipet megnyitják, hiszen a vízbetáplálási időszakon kívül a csatornában nincs vízmozgás.

## **3. A MODELLEK FELÉPÍTÉSE**

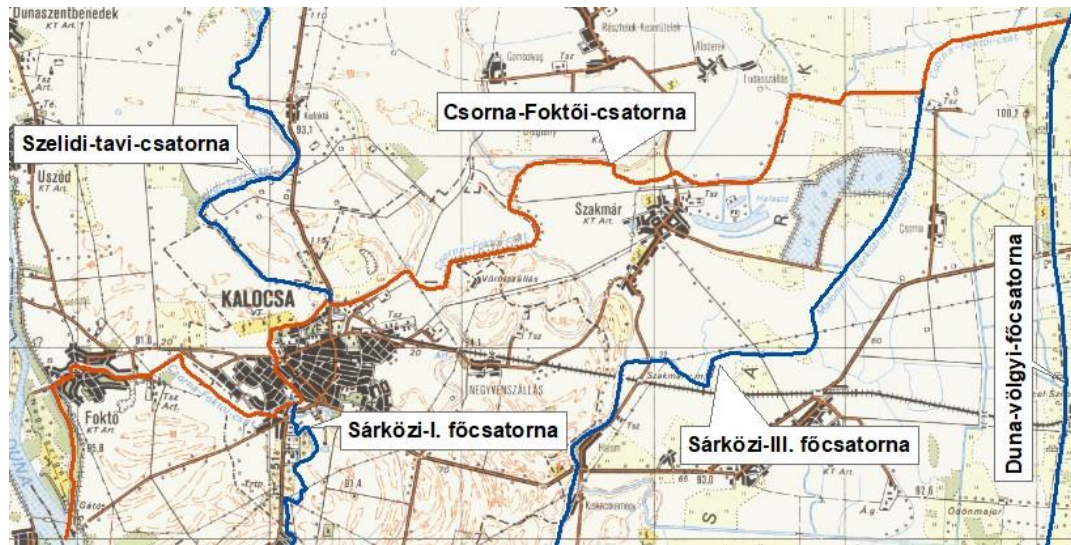
### **3.1 A modellek felépítésének ismertetése**

A modellek HEC-RAS szoftverben készültek el. Egydimenziós, nempermanens (időben változó) állapot számítására szolgálnak.

Általánosságban megállapítható mindhárom ADUVIZIG által futtatott modell esetében, hogy a felső peremfeltételeket egyaránt vízhozam- és vízállásidősorok adják, míg az alsó peremfeltételeket vízállásidősorok. A modellek közbenső peremfeltételekként a kiágazó és a betorkolló vízfolyások vízhozamidősorát, a csatornák közvetlen közelében található talajvízkutak idősorait, a hatályos vízjogi engedélyek alapján a vízkivételeket, valamint az egyes csatornákon található műtárgyak zsilipállásait tartalmazzák.

A csatornák a természetes medrek mesterséges szakaszokkal való összekötése által kerültek kialakításra. Ez azt jelenti, hogy a keresztmetszévényeiket megvizsgálva váltakoznak a szabálytalan, azaz természetes, és mesterséges, trapéz alakú mederszakaszok. Hidraulikai szempontból fontos megemlíteni, hogy a csatornák alacsony lejtésűek (átlagosan 2-10 cm/km), és hogy a vízjárásukat zsilipekkel szabályozzák.

## Csorna–Foktői-csatorna



1. ábra A Csorna–Foktői-csatorna modell vízfolyásai

A modell a Csorna–Foktői-csatornát tartalmazza a kiágazástól a Foktői szivattyútelepig (1. ábra, narancssárga színnel a modellbe beépített csatorna, kékkel a ki- és befolyó csatornák, illetve a Duna-völgyi-főcsatorna, amelyből kiágazik a Csorna–Foktői-csatorna). A geometria alapját a Csorna–Foktői-csatorna 2018. évi geodéziai felmérése adta. A csatornából kiágazó Sárközi-I. és Sárközi-III. főcsatornák, illetve a bevezetett Szelidi-tavi-csatorna vízhozamait idősorosan adjuk meg a modellben. Ezen felül összesen 3 db talajvízfigyelő kút vízállásait építettük be.

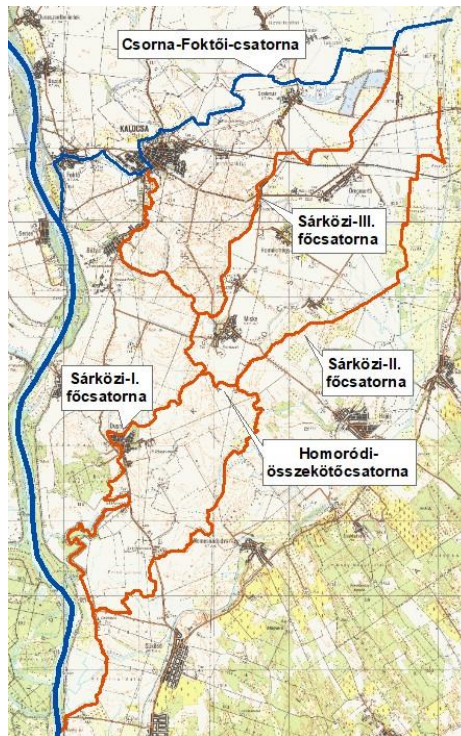
### Sárközi

A modell a Sárközi-I. főcsatornát, a Sárközi-II. főcsatornát, a Sárközi-III. főcsatornát és a Homoródi-összekötőcsatornát tartalmazza (2. ábra, narancssárga színnel a modellbe beépített csatornák, kékkel a felső peremfeltétel vízszintjeit adó Csorna–Foktői-csatorna, valamint a Duna).

A Sárközi-I. és a Sárközi-III. főcsatorna teljes hosszban van beépítve a modellgeometriába, a Sárközi-II. főcsatorna felső szakasza nem került beépítésre, az időszakos jellege miatt. A Sárközi-I. főcsatorna és a Sárközi-III. főcsatorna a Csorna–Foktői-csatornából való folyamatos vízbetáplálás hatására állandó vízszállításúak, a Sárközi-II. főcsatorna pedig a Duna-völgyi-főcsatornából való vízbeeresztés hatására válik csak állandó vízszállításúvá.

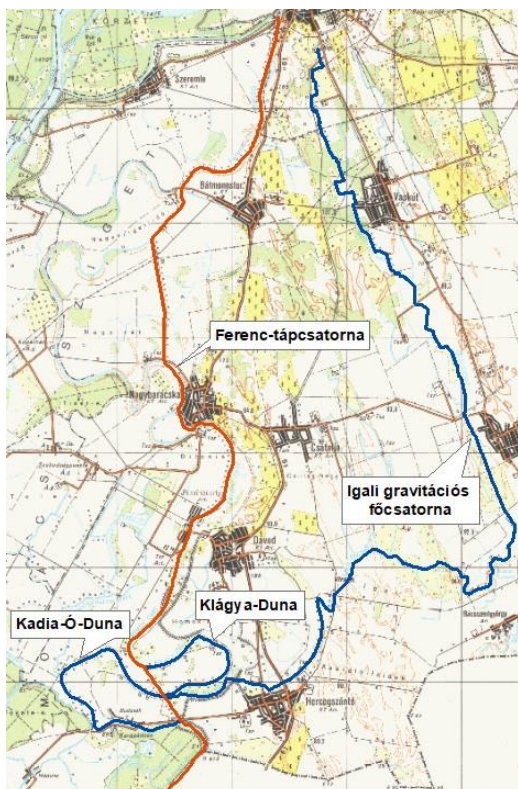
A Sárközi-I. főcsatornából a Vajastoroki-összekötőcsatornán át a Dunába kivezetett vízhozamokat idősorosan adjuk meg a modellben. Ezen felül összesen 5 db talajvízfigyelő kút vízállásait építettük be.

A geometria alapját a 2013-as felmérési, illetve a nyilvántartási adatok képezték.



2. ábra A Sárközi modell vízfolyásai

### Ferenc-tápcsatorna



3. ábra A Ferenc-tápcsatorna modell vízfolyásai

figyelő kút vízállásait építettük be.

A geometria alapját felmért és nyilvántartott keresztmetsvények adták.

A modell Margitta-szigeti vízrendszer csatornáit közül a Ferenc-tápcsatornát tartalmazza a Deák Ferenc zsiliptől a Karapancai főcsatorna torkolata alatti szelvényig (3. ábra, narancssárga színnel a modellbe beépített csatorna, késsel a ki- és befolyó csatornák). A vízrendszer gravitációs és szivattyús öblözetre tagolódik.

Az Igali gravitációs főcsatorna az Igali vízrendszer gravitációs öblözetének vizeit vezeti a Ferenc-tápcsatornába. A szivattyúzott öblözet esetlegesen kialakuló belvizeit a Hercegszántói szivattyútelep emeli át a Ferenc-tápcsatornába. A vízrendszer két öblözete közül a gravitációs öblözet vizeit az Árkosdombi-csatorna vezeti le. A szivattyúzott öblözet belvizeit a Karapancai szivattyútelep emeli a Ferenc-tápcsatornába, valamint az ezt meghaladó vízhozamot az 1980-as évek meliorációs munkái során épített Újfoki szivattyútelep emeli be a Dunába.

A Klágya-Dunán, az Igali gravitációs főcsatornán és a Kadia-Ó-Dunán át bevezetett vízhozamokat idősorosan adjuk meg a modellben. Ezen felül 1 db talajvíz-

### 3.2 Műtárgyak

Általánosságban elmondható az ADUVIZIG kezeléssű csatornákról, hogy sűrűn zsilipezettek, és a csatornák vízszállítása az egyes zsilipek által kormányozott.

A Csorna–Foktői-csatorna és a Sárközi modellek esetében beépítésre kerültek az egyes csatornákon található zsilipek is. A Csorna–Foktői-csatorna esetében ez mindössze 2 db műtárgyat jelent, azonban a Sárközi modell összesen 11 db zsilipet tartalmaz. A zsilipek nyitását idősorosan adjuk meg, és a kalibrálás során a zsiliptényezőket módosítjuk.

A Ferenc-tápcsatorna esetében nem kerültek beépítésre zsilipek. A csatornán mindössze két zsilip található: az egyik a Kamarás-Dunából való bevezetés helyén, a Deák Ferenc zsilip, a másik, a Sebesfoki zsilip, a legalsó szakaszon, amely nem Magyarország területén található, így nincs róla adatunk.

### 3.3 Egyéb peremfeltételek

A modellekbe a vízhasználatok a hatályos vízjogi engedélyek alapján kerültek beépítésre. A vízkivételek éven belüli eloszlásáról, az egyes napokon kivételezett pontos vízmennyiségekről nincs részletes információnk, ezért a mennyiségek állandó jelleggel, közbenső határfeltételként kerültek beépítésre a modellekbe. A Csorna–Foktői-csatorna esetében jelenleg 2, a Sárközi modellben 31, a Ferenc-tápcsatornánál 6 szelvényből történik rendszeres vízkivétel.

Ezen kívül a modellek szintén közbenső peremfeltételként tartalmazzák a csatornák közelében elhelyezkedő talajvízkutak vízszintidősorát is. Mivel a futtatások az előző másfél hónap adatainak felhasználásával történnek, ezért csak a távjelzősített talajvízkutak adatai kerültek beépítésre.

## 4. KALIBRÁLÁS

A modellek első futtatása hossz mentén differenciált Manning-féle érdességi tényezővel történt, figyelembe véve a csatornák szakaszjellegeit. Az érdességi tényezők megállapítása Ven Te Chow *Open-Channel Hydraulics* c. könyvében közölt Manning Roughness Table alapján történik (Chow, 1959). A modellekbe beépített ellenőrző adatsorokat és a futtatás eredményeit összevetve került módosításra az érdességi tényező, a HEC-RAS „Seasonal roughness factors” pontjában. Itt idősorosan lehet megadni az érdességi tényezőt módosító szorzótényezőt. A szorzótényező alakulása leginkább a csatornában található növényzet fejlettségi szintjétől és a meder feliszapolódottságától függ.

A Csorna–Foktői-csatorna esetében a hossz mentén egységesen alkalmazott érdességi tényező 0,025 volt, amely gyér vegetációval borított szakasznak megfeleltethető. A futtatások kezdete óta az érdességi tényező minimuma 0,0125, maximuma 0,0675 volt, ami azt jelenti, hogy egyes időszakokban jelentősen csökken vagy megnövekszik a csatornában a növényzet mennyisége.

A Sárközi modell esetében, és kisebb mértékben a Csorna–Foktői-modellnél is, a csatornában kialakuló vízszinteket a zsilipek nyitásai is befolyásolják. A HEC-RAS-ban adott a lehetőség az egyes műtárgyak zsiliptényezőinek módosítására, amellyel az átfolyó víz mennyiségét lehet kalibrálni.

A Csorna–Foktői-csatorna modelljébe két zsilipet építettünk be, amelyek közül az egyik folyamatos teljes nyitással üzemel, így annak a zsiliptényezője nem kerül módosításra.

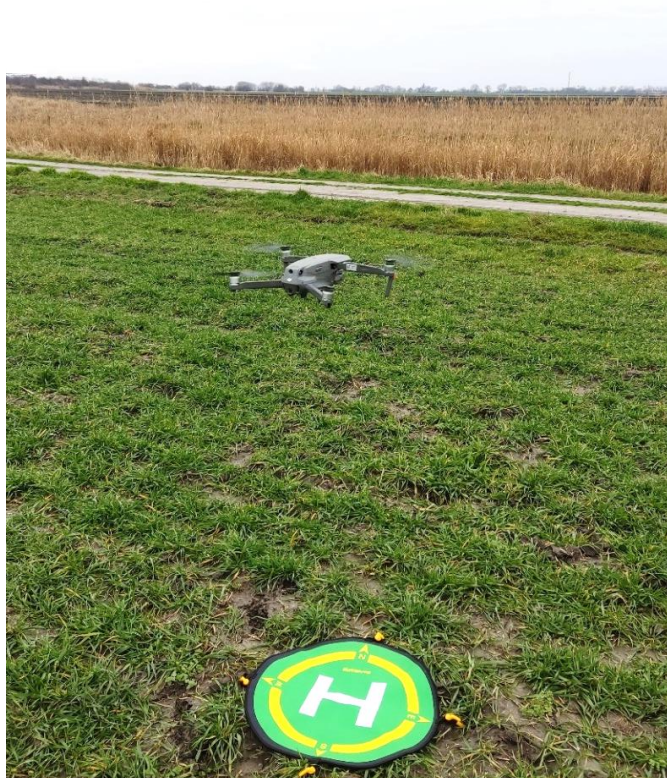
A Sárközi modell esetében az érdességi tényező változtatása jellemzően kisebb mértékben befolyásolta a csatornákon levonuló vízszinteket. Az érdességet itt általában 0,06-0,1 között állítottuk be, de az idősoros módosításra a modell esetében nem volt szükség, elég a havi futtatások alkalmával változtatni. Az egyes csatornaszakaszok vízszintjének beállítására nagyobb hatással van a zsiliptényező módosítása.

A Ferenc-tápcsatorna modell kalibrálása az érdességi tényezővel történik. A 2023. januári-áprilisi futtatások során a tényezőt 0,05-0,08 között vettük fel.

2023-ban az egyik modell érdességi tényezőinek pontosabb meghatározását tűztük ki célul. A három modell közül több tényezőt megvizsgálva esett a választás a Csorna–Foktői-modellre: a Sárközi-moddellel ellentétben a felépítése egyszerű, mindössze egyetlen vízfolyást tartalmaz, elágazások nélkül, és a futtatása hosszabb ideje zajlik, mint a Ferenc-tápcsatorna modellté (a Csorna–Foktői-csatorna modellje 2021-ben került beüzemelésre, míg a Ferenc-tápcsatornáé csak 2023-ban).

2023. január 26-án légi fotózást végeztünk a csatorna Szakmár közeli szakaszán. A fotózás a csatorna medrére és annak közvetlen környezetére korlátozódott. Az ortofotózást egy pilóta nélküli légi járművel (4. ábra) végeztük. A felmérés során alkalmazott technológia a légi fotogrammetria törvényszerűségeit használja fel. A kiértékelés során meghatározhatóvá válnak a felmért objektumok méretei. A létrehozott ortofotók vízszintes értelmű pontosság (mintegy 1 m) javítható azáltal, hogy a mérés előtt a célterületen földi illesztőpontokat helyezünk el, amelyek koordinátáit GNSS vevővel meghatározzuk. Ezek a felmért pontok az ortofotók pontosságának javítására szolgálnak, körülbelül 10 centiméterig tudjuk javítani őket. (Vas László Tamás, 2021). Összesen mintegy 3 km hosszú szakasz felmérésére került sor. A csatorna alsó és felső szakaszán korlátozott légterek miatt nem volt lehetőségünk dolgozni, ezért a felmért szakaszt tekintettük mérvadónak a csatorna egészét tekintve.

Az eredmények alapján meghatároztuk az egyes szelvényekben a nádsáv szélességét. A HEC-RAS-ban lehetőség van az egyes keresztzelvényekben ún. *bank station*öket megadni, amelyek az érdességi tényező sávjainak határát jelentik, és így három részre osztják a keresztzelvényeket. A vizsgálat célja az volt, hogy képet kapjunk a Csorna–Foktői-csatorna parti vegetációs állapotról, illetve kiderítsük, hogy amennyiben az érdességi tényező pontosabban meghatározhatóvá válik, lehetőség nyílik-e a modell kalibrálásának egyszerűsítésére, az eredmények hibáinak csökkentésére.



4. ábra Pilóta nélküli légi jármű

## 5. MODELLEREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

### 5.1 Hagyományos kalibrálással

Az eredmények kiértékelése a modellekbe beépített ellenőrző adatsorok alapján történik. A Ferenc-tápcsatorna esetében csak vízszintek, a Sárközi és a Csorna–Foktői-csatorna esetében ezen felül vízhozamok összehasonlítására is sor kerül. Az utóbbi két modellben a naponta átfolyt vízmennyiségek, valamint a vízhozamok relatív eltérésének ellenőrzése is megtörténik.

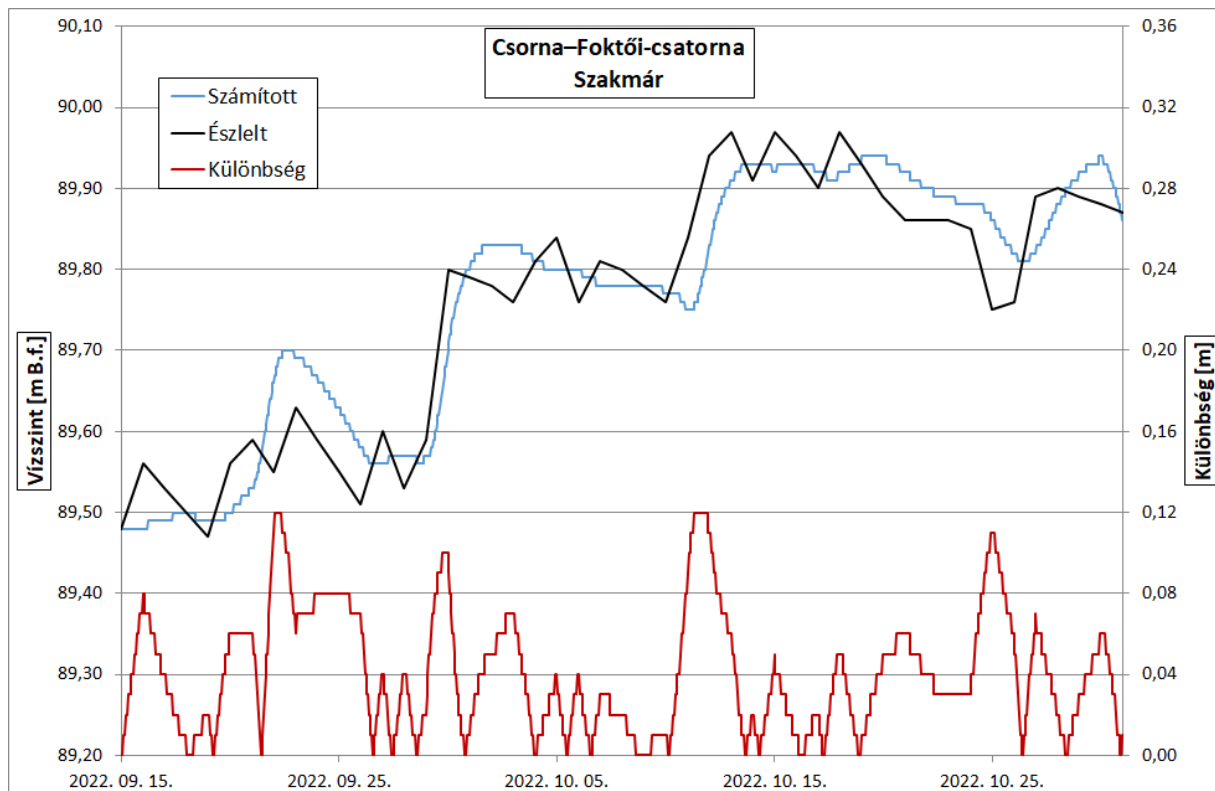
#### *Csorna–Foktői-csatorna*

A Csorna–Foktői-csatorna esetében elmondható, hogy a pontos geometriai és hidraulikai leképezés ellenére az egyes szakaszokon más jellegű, de visszatérő problémák fordulnak elő.

A csatorna felső szakaszán található a Csornai zsilip. A zsilip felvízi vízszintjét a zsiliptényező, alvízi vízszintjét az érdesség módosításával lehet kalibrálni. Időszakosan előfordul, hogy a csatornában kialakult állapotokat a tényezők változtatásával sem lehet reprodukálni. Főként a felvízi oldalon fordulnak elő jelentősebb eltérések, olykor a modellezett és az észlelt vízszintek időszora alakilag sem követik egymást.

A zsilip alvívén, illetve Szakmár térségében a számított és a valós vízszintek között jellemzően csekély az eltérés (5. ábra). A szakmári állomásnál történik a vízhozamok ellenőrzése is, amelyek esetében szintén alacsony különbségek adódnak.





5. ábra A Csorna–Foktői-csatorna modell eredményei Szakmárnál

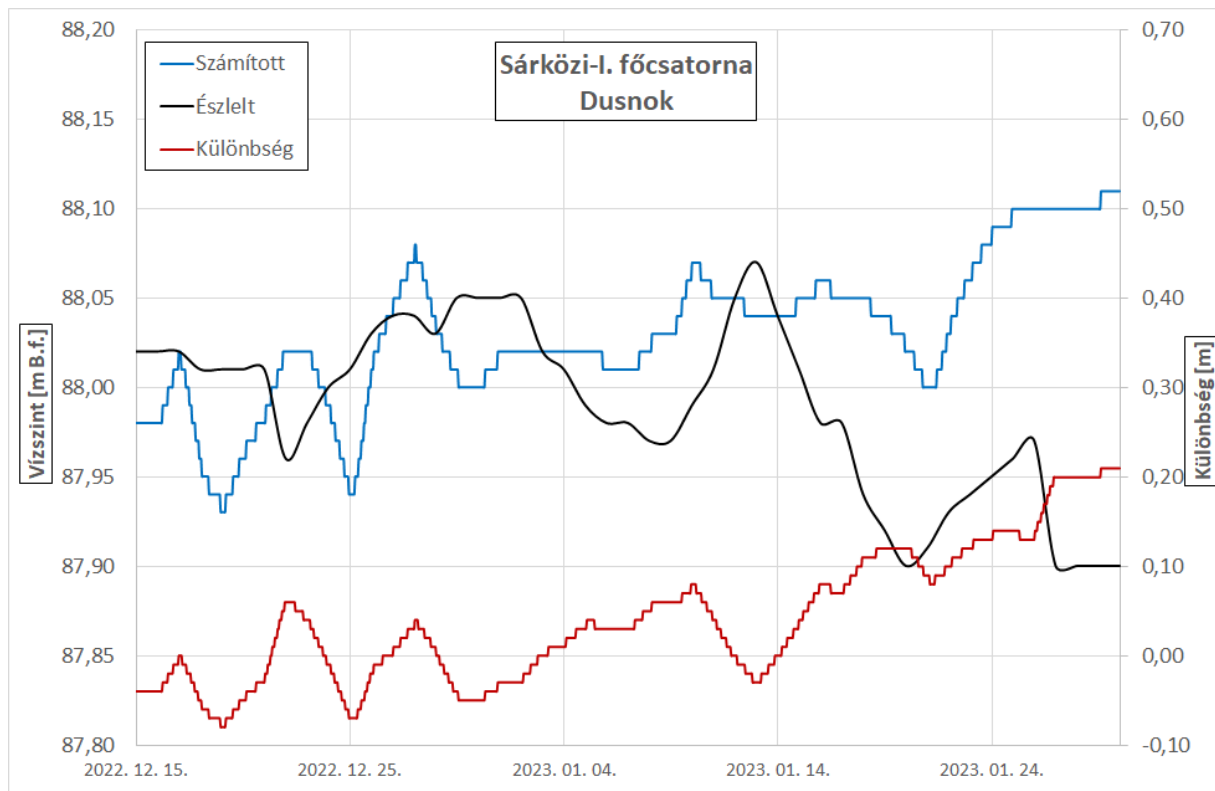
A csatorna alsóbb szakaszán, Kalocsánál megfigyelhető, hogy a számított és az észlelt vízszintek alakilag ugyan követik egymást, de a modellezett értékek konzekvensen alacsonyabbak (mintegy 15 cm-rel). Ezen az érdességi tényező módosításával sem lehet változtatni, így annak az értéke a csatorna alsó szakaszán nem kerül módosításra.

#### Sárközi

A Sárközi modell esetében három állomás adatai alapján történik a vízállás részletes kalibrálása és ellenőrzése, és további 17 állomáson az eltérések minimum-, maximum- és átlagértékének vizsgálatára is sor kerül. A Sárközi-II. főcsatornán, közvetlenül a Sárközi-I. főcsatornába való becsatlakozása előtt végezzük a vízhozamok ellenőrzését, valamint a Sárközi-I. főcsatorna Dunába való kivezetésénél is.

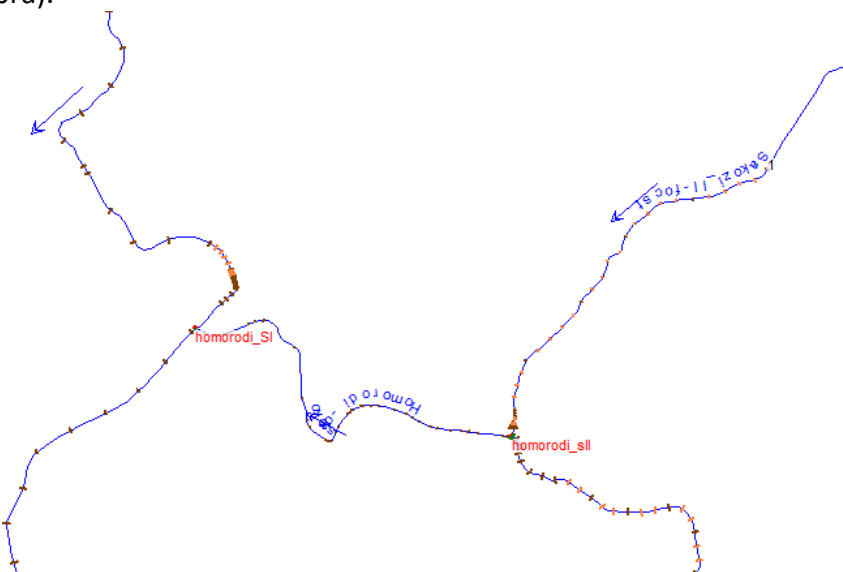
A modellfuttatás eredményeinek kiértékelése alapján megállapítható, hogy a modell bizonyos esetekben nem kielégítő pontossággal számol (6. ábra). Ennek azonban a főbb okai a csatornák olyan jellegében keresendők, amelyeket a HEC-RAS nem képes megfelelő pontossággal leképezni.

Az egyik ilyen tényező a Sárközi-I. főcsatorna visszaduzzasztásának hatása. A Sárközi-II. főcsatorna esetében a becsatlakozáshoz közeli szakaszokon a vízmozgás sokszor szinte megáll, ezzel pedig a HEC-RAS nem képes számolni. A Sárközi-III. főcsatorna esetében az alsó szakaszon kialakuló eltéréseket a Sárközi-I. főcsatorna hibásan számított vízszintjei okozzák, a középső vagy az alsó szakaszokon ezen kívül a geodéziai felmérés hiányának tudható be az eltérés.



6. ábra A Sárközi modell eredményei a Sárközi-I. főcsatorna dusnoki állomásán

További bizonytalanságot jelent a vízhozamok számításában a Homoródi-összekötőcsatorna vízjárása. A csatorna a Sárközi-I. és Sárközi-II. főcsatornákat köti össze, és a folyásiránya a valóságban nem állandó, a főcsatornák aktuális vízszintjének függvényében folyamatosan változik. A modellezési eredmények arra utalnak, hogy ezt a modellt nem tudja lekövetni, és mindig a Sárközi-I. főcsatorna felől „folyatja” a vizet a Sárközi-II. főcsatorna felé. A Sárközi-II. főcsatornán ezért a vízszintnek mindig alacsonyabbnak kell lennie, a modell ennek megfelelően le is csökkenti. Ennek hatására a valóságban nem létező többletvízhozam jut a Sárközi-II. főcsatornába (7. ábra).



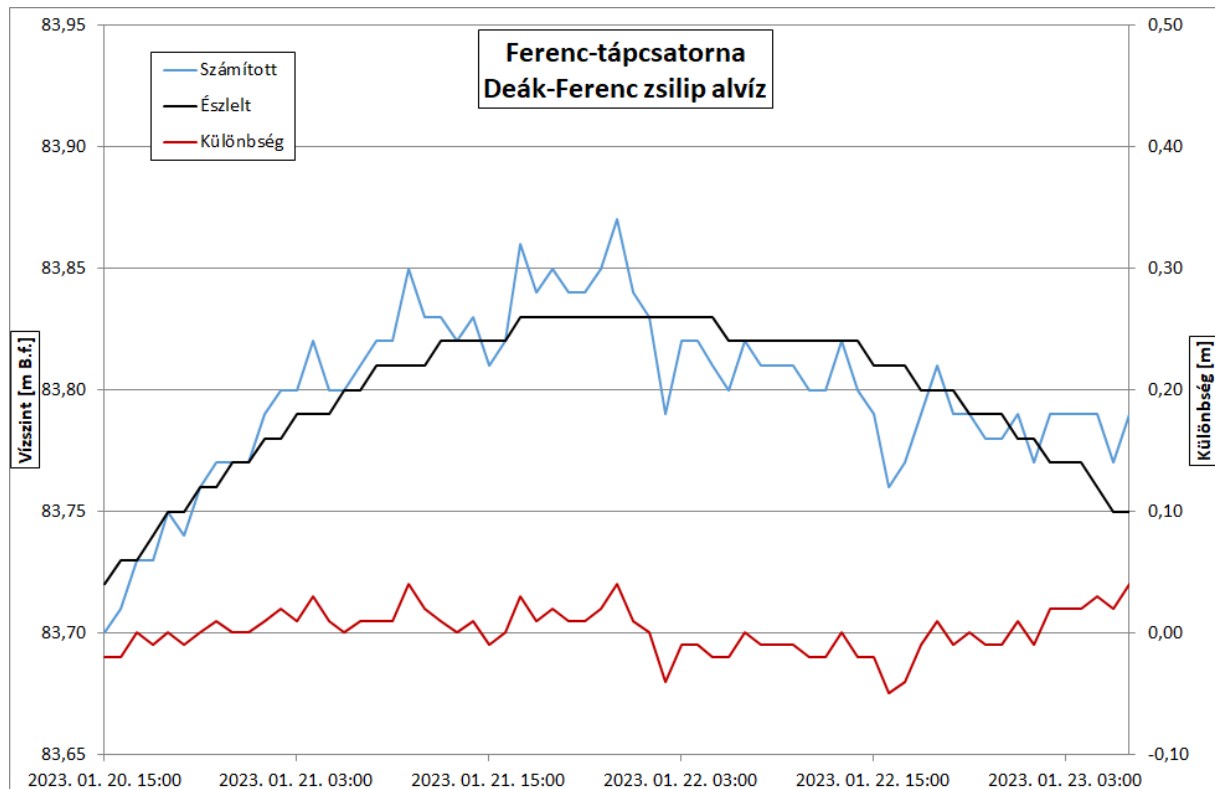
7. ábra A Sárközi-I. és a Sárközi-II. főcsatornák, valamint a Homoródi-összekötőcsatorna

Ezekon felül a geodéziai felmérés hiánya is okozója lehet a kialakult eltéréseknek. A csatornák felmérése, az eredmények feldolgozása és a modellbe való beépítése javíthat a számított vízszintek pontosságán.

#### Ferenc-tápcsatorna

A Ferenc-tápcsatorna futtatása csak 2023-tól kezdődött, így jelenleg az ismereteink korlátozottak a modell működtetéséről a különböző üzemállapotok, valamint vegetációs körülmények esetében. A csatornán csak egy helyen, közvetlenül a bevezetés helyén történik vízhozamszámítás, és az itt előállított idősor adja a modell felső peremfeltételét, ezért a modell esetében a számított vízhozamok ellenőrzésére nincs lehetőség.

A Ferenc-tápcsatorna egy viszonylag egyenesnek tekinthető csatorna. Emiatt, és mert jelenleg a mellékágakban nincs jelentős vízhozam, a modell jelenleg jó értékeket számol, az eltérések a számított és az észlelt vízszintek között nem jelentősek (8. ábra). A későbbiekben azonban számos tényező ronthat az eredményeken. Amennyiben elkezdődik az átemelők használata, jelentősebb mennyiségű hozzáfolyás lesz tapasztalható a csatornában, ezen felül az öntözési időnyben a vízhasználatok mértéke is megnő. Így a modellben a számított és a mért értékek közötti eltérések növekedése is előfordulhat.



8. ábra A Ferenc-tápcsatorna modell eredményei a Deák Ferenc zsilip alvázán

## 5.2 Kalibrálás javítása a légi fotózás eredményeivel



9. ábra A Csorna–Foktői-csatorna nyomvonala a létrehozott ortofotón

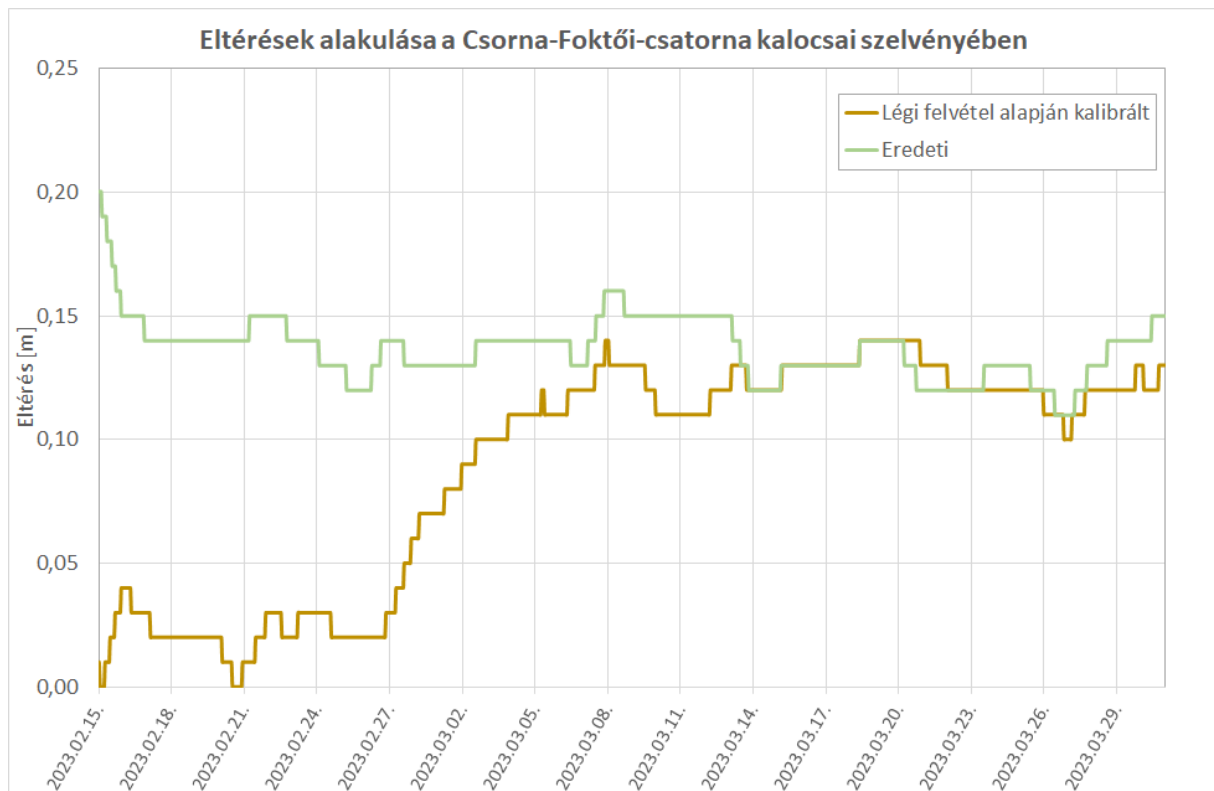
Az elvégzett légi fotózás eredményeit (9. ábra) felhasználva meghatározhatóvá vált a Csorna–Foktői-csatorna egyes szakaszain a nádsáv szélessége a csatorna két partján. A HEC-RAS-ban lehetőség van az érdességet úgy megadni az egyes keresztmetszvényekben, hogy a meder szélein és a középső sávban eltérő az érték. Tehát a felmért nádsávban magasabb érdességet lehet megadni, így a modell ezeken a részeken kisebb vízmozgást fog számolni. Végeredményben pedig a modellekben a valóságnak jobban megfeleltethető körülményeket teremtünk.

A kísérlet célja az volt, hogy meghatározzuk, a légi fotózás eredményeit felhasználva egyszerűsíthető-e a Csorna–Foktői-csatorna modelljének kalibrálása, illetve pontosabb eredményeket kapunk-e ezzel a módszerrel, mint a korábbiakkal.

A modell kalibrálásáról általánosságban elmondható, hogy a zsiliptényező és az érdességi tényező módosításával történik. A Csornai zsilip felvízi vízszintjét legnagyobb mértékben a zsiliptényező befolyásolja, az alvízen és a csatorna többi szakaszán inkább az érdesség hatása érvényesül. Utóbbi nemcsak a hossz, hanem az idő függvényében is módosításra kerül minden futtatás során.

A felmért 3 km-es csatornaszakaszon meghatározásra került a nádsávok szélessége, majd ez alapján egy-egy átlagos szélesség kiszámításával adtuk meg a csatorna egyes keresztmetszvényeiben a Bank Stationök helyét. Ezek a pontok az érdességi tényező szempontjából 3 részre osztják a szelvényeket, így nagyobb részletességgel lehet kalibrálni általuk a modellt.

A csatorna 3+300-as számú szelvényénél, Kalocsa térségében is végzünk vízszint-ellenőrzést, azonban mindeközéig nem sikerült megfelelő mértékben bekalibrálni a modellnek ezt a szakaszát. Ezért a csatorna azon a szakaszán nem kerül módosításra az idő függvényében az érdességi tényező, hiszen a szelvényben annak értékétől függetlenül 15-20 cm-es eltérések alakulnak ki. A nádsávok figyelembe vételével azonban a korábbiaknál jobb eredményeket számolt a modell: ezúttal a számítások kezdetén elenyészőek a hibák. Az idő múlásával azonban visszatér a szokásos mértékű eltérés (10. ábra). Az eredmények alapján indokolt lehet folytatni a vizsgálatot, és a csatorna további részein is elvégezni a légi fotózást.



10. ábra *Eltérések alakulása a Csorna–Foktői-csatorna kalocsai szelvényében*

## 6. A MODELLEZÉSI EREDMÉNYEK FELHASZNÁLÁSA A VÍZÜGY SZOLGÁLATÁBAN

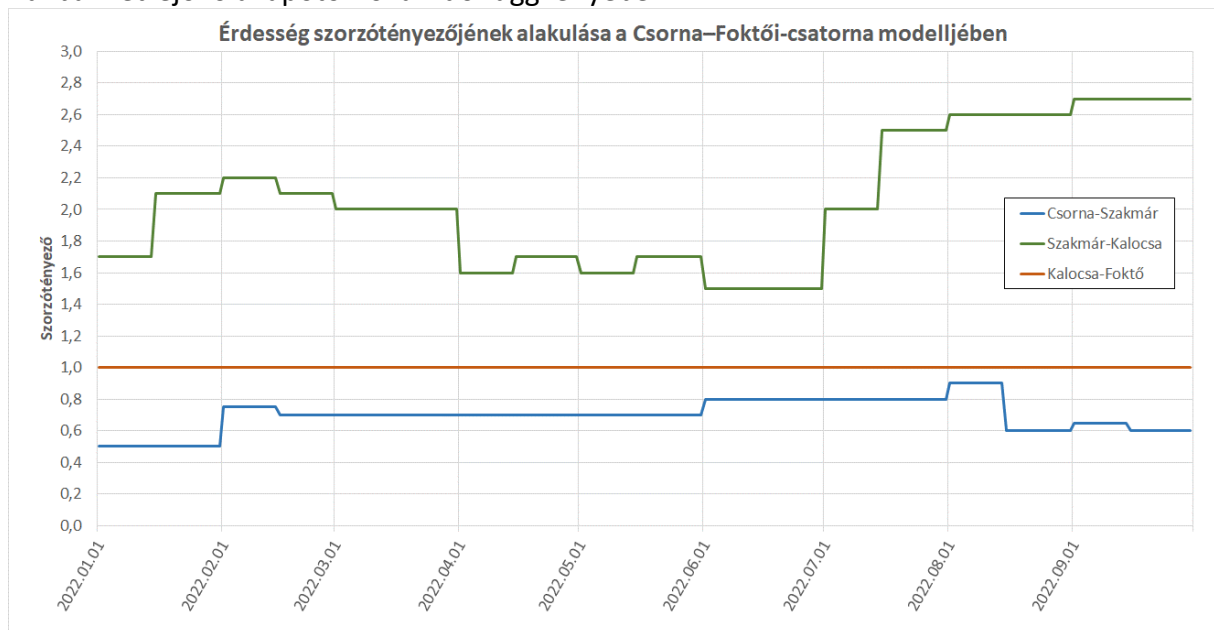
Megállapítható, hogy az egyes modellek időszakosan vagy adott csatornaszakaszokon nem számolnak kielégítő pontossággal. A modellek fejlesztésére, és ezáltal az eltérések csökkentésére minden hónapban, az egyes futtatások alkalmával kiemelt figyelmet fordítunk.

Az ADUVIZIG-en négyhetente (2022 végéig háromhetente) zajlanak belvízhálózati vízhozammérések, amelyek során a vízhozamszámítások összefüggéseinek karbantartása és kalibrálása is megtörténik. 2023-tól 13 olyan új mérőhely került bevezetésre, amelyek műtárgyak közelében találhatóak, így a közeljövőben ezekre zsiliphitelesítési összefüggés szerkeszthető. Az új mérőhelyek megválasztásának egyik szempontja a modellek adatállományának bővítése volt: például a Homoródi-összekötőcsatornán kialakuló viszonyokról a korábbiakban nem volt valós információ, mindössze a Sárközi modell eredményei alapján tudtunk következtetni a csatorna aktuális folyásirányáról és a rajta átfolyt vízmennyiségről.

A Csorna–Foktői-csatorna modelljének esetében bizonytalanságot okoz, hogy csak a csatorna 22+915-ös szelvényszámú, szakmári állomásán áll elő vízhozamidősről, ami a modell felső peremfeltételét adja. A szelvényben  $Q(H)$ -görbe alapján állnak elő a vízhozamok, majd a havi vízhozamméréseket követően a mért vízhozam alapján számított „R” tényezővel kerülnek korrigálásra. Az „R” tényező egy arányszám, ami azt fejezi ki, hogy a csatorna az elméleti maximális vízszállítóképességéhez (vízhozammérési eredmények vízállásfüggvényének burkológörbéje) képest jelenleg mekkora vízhozamot szállít. Ennek a módszernek az a hátránya, hogy mindig csak a vízhozammérések után ismerjük meg az elmúlt 4 hetes időszak pontos vízhozamait, ami bizonytalanságot okozhat a modellezési eredményekben. Az idei évtől a csatorna felső szakaszán, a Csornai zsilipes hídnál (29+190) is történik vízhozammérés, így a későbbiek-

ben, ha a mérési eredmények alapján előállítható lesz vízhozamösszefüggés, a modell eredményei várhatóan a valósághoz közelebbi képet fognak nyújtani. Összességében a modellek hibái és hiányosságai alapján képet kapunk arról, hogy mely területeken érdemes növelni az Igazgatóság adatállományának sűrűségét.

A modellek kalibrálása elsősorban az érdességi tényező változtatásával történik. A tényező értékét leginkább a meder állapota, a feliszapolódás és a növényzet általi benőttség határozzák meg. A Sárközi és a Ferenc-tápcsatorna modelljeinek esetében közvetlenül az érdességi tényezőt, a Csorna–Foktői-csatorna modell kalibrálásakor pedig az állandóként felvett érdesség időben változó szorzótényezőjét módosítjuk (11. ábra). Ezáltal képet kaphatunk a csatornáknak létrejövő állapotokról az idő függvényében.



11. ábra Érdesség szorzótényezőjének alakulása a Csorna–Foktői-csatorna modelljében

## 7. ÖSSZEZÉS

Az eredmények folyamatos kiértékelése alapján megállapítható, hogy a Sárközi és a Csorna–Foktői-csatorna modellek bizonyos esetekben nem számolnak kielégítő pontossággal. Míg a Sárközi modell esetében feltételezhető, hogy az olykor nagymértékű eltérések oka a csatornák jellegéből fakad, addig a Csorna–Foktői-csatorna modelljében a pontos geometriai és hidraulikai leképezés ellenére alakulnak ki egyes szelvényekben jelentős hibák. A havi futtatások alkalmával folyamatosan zajlik a hibák kiküszöbölése, a modellek fejlesztése. Ennek keretében végeztünk 2023 januárjában légi fotózást a Csorna–Foktői-csatornán, hogy meghatározzuk a nádsáv szélességét, és pontosabb értékkel használjuk az érdességi tényezőt. Az eredmények egyelőre nem szignifikánsak, azonban ígéretesek, így érdemes lehet ebben az irányban folytatni a vizsgálatokat.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Vas László Tamás (2021): Légi fotózás a Kiskunsági-főcsatornán. *Dunai Hírfolyam*, 2021. évi 2. szám, 11. o.  
 Dövényi Zoltán (2010): Magyarország kistájainak katasztere II. második szerk. MTA Földrajtudományi Kutatóintézet, Budapest.  
 Ven Te Chow (1959): *Open-Channel Hydraulics*. McGraw-Hill Book Company, New York.  
[www.met.hu](http://www.met.hu)