

A Mura előrejelző és riasztó rendszer továbbfejlesztése (ForMURA project eredményeinek bemutatása)

Juhász István¹, Kapolcsi Éva Fruzsina¹

¹Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság

Absztrakt

A ForMURA project keretében a 2010-ben, a Mura teljes vízgyűjtőjére kiterjedően kifejlesztett árvízi riasztó és előrejelző modell továbbfejlesztése, modernizálása történt meg. Az 1D hidraulikai modell és az összevont paraméterű hidrológiai modellek a korábbi MIKE11-es platformról a korszerű MIKE HYDRO River platformra lettek átültetve, a geometriai és a hidrológiai alapadatok frissítése mellett. A korábbi egységes osztrák-szlovén-magyar-horvát modellt felváltották a különálló, de egymással a határfeltételek mentén együttműködő, a további dinamikus frissítést jobban támogató, magyar-horvát, szlovén és osztrák modellek. Az előrejelző modellhez új, korszerű több szintű eléréssel rendelkező webes megjelenítő felületet lett kifejlesztve, mely támogatja a hidrológia modellekből származó részvízgyűjtő szintű hidrológia adatok, valamint az 1D hidraulikai modellből származó vízszint, vízhozam adatok megjelenítését. A modellek futtatását és az előrejelző honlap működtetését egy korszerű MIKE Operation alapú előrejelző szoftver végzi. Újdonság a projektben, hogy a korábbi óránként futtatott egy scenárió helyett, az új keretrendszer óránként 9 scenáriót futtat. Készül scenárió adatasszimilációval és adatasszimiláció nélkül. A keretrendszer külön számol scenáriókat téli, nyári és általános érdeklődéssel, valamint a meteorológiai előrejelzések ensemble változataira is készít scenáriókat. Az új előrejelző keretrendszer által szolgáltatott előrejelzés változatok segítik az előrejelzés bizonytalanságának megállapítását, valamint a legkisebb valószínűséggel, de hidrodinamikailag leírható scenáriók előrejelzését, melyek növelik az előrejelzés hatékonyságát.

Kulcsszavak: Árvízi előrejelzés, 1D hidraulikus modell, hidrológiai modellek

BEVEZETÉS

A Mura árvízi riasztó és előrejelző rendszert 2011-ben fejlesztette ki az érintett 4 ország (Magyarország, Horvátország, Ausztria és Szlovénia). Az azóta is működő rendszer fenntartásában minden érintett ország részt vett a saját valós idejű adatainak biztosításával, illetve a teljes rendszer folyamatos felügyeletével, kiértékelésével.

2021-ben lehetőségünk nyílt a ForMURA projekt keretén belül ezt a rendszert megújítani, illetve tovább fejleszteni úgy, hogy a magyar-horvát közös érdekeltségű Mura szakaszon az 1D előrejelző modellt a legfrissebb geodéziai adatokkal aktualizáltuk és kiegészítettük a meteorológiai ensemble számításokon alapuló előrejelzésekkel. Továbbá az új, ártérre telepített ultrahangos vízszintregisztrálók adatainak adatasszimilációjával (a Mura folyó mentén 7 új ultrahangos vízszintmérő lett telepítve). Az így továbbfejlesztett modellt beintegráltuk egy modern előrejelzési keretrendszerbe, továbbá több új hullámtéri ponton biztosítottuk a távmért vízállás adatokat, az előrejelző modell eredményének pontosítása érdekében. Megtörtént az 1D modell frissítése is, amelynek érdekében beszerzésre került a MIKE HYDRO River szoftver, illetve egy új, modern többfunkciós előrejelző keretrendszer is kifejlesztésre került a megvásárolt MIKE OPERATIONS szoftver segítségével. Az adatok biztonságos tárolása, valamint az adatok megfelelő áramlása miatt szükséges volt beszerezni egy új penge szervert is. Ezzel az új hardverrel sikerült kiszolgálni a továbbfejlesztett előrejelző rendszer kapacitás

igényeit. A modell által előállított eredményeket egy többszintű elérési jogosultságokkal rendelkező magyar, horvát és angol nyelvű weboldalon publikáltuk.

A projekt futamideje 2021.01.01 – 2022.08.31-ig tartott. A projekt alatt több online, illetve személyes projekt és szakértői találkozó zajlott le. Történt két terepbejárás, valamint a projekt utolsó negyedében tartottunk egy közös előrejelzési szimulációs gyakorlatot is.

Az illetékes magyar és horvát intézmények közös, határon átnyúló együttműködése révén az árvízből származó kockázatok lényegesen jobban megítélhetők, mivel a határon átnyúló árvízi előrejelző modell a releváns információk gyors hozzáférhetőségét teszi lehetővé a teljes Mura szakaszon.

A projekt keretében fejlesztett előrejelző modell segítségével az árvízvédelemért felelős szervezetek számára lehetőség nyílik, hogy árvízi esemény bekövetkezése esetén a védekező személyzetet hatékonyan koordinálják és a védelmi intézkedéseket megfelelően összehangolják.

AZ ELŐREJELZŐ RENDSZER FELÉPÍTÉSE

Az új előrejelző rendszer a korábbi előrejelző elemekre épült azokat továbbfejlesztette és új adatkapcsolatokat hozott létre. Az rendszer főbb elemei a következők (Juhász, 2022a):

1. Előrejelző modellek
 - a) Összevont paraméterű (0D) hidrológiai modellek
 - b) 1D hidrodinamikai modell
2. Előrejelző keretrendszer
 - a) Adatgyűjtő rendszer
 - b) Futtató környezet
 - c) Előrejelzések eredményét megjelenítő webszolgáltatás
3. Az előrejelző honlap

A következőkben ezeket az elemeket fogjuk egyesével, részletesen bemutatni és kitérünk az újdonságokra, melyek a korábbi rendszerhez képest előrelépést jelentenek.

AZ ELŐREJELZŐ MODELLEK

Az előrejelző modellek az előrejelző rendszer legfontosabb elemei, ők a rendszer központi elemei, ők végzik az előrejelzések számításait a mért vízrajzi és az előrejelzett meteorológiai adatokból. A legnagyobb változás a ForMURA projektben, hogy a korábban az egységesen a teljes vízgyűjtőt leíró 1D hidrodinamikai modell és a hozzá tartozó hidrológiai modellek ketté lettek vágva, illetve ketté lettek osztva osztrák-szlovén illetve magyar-horvát részekre. A szétvágást az indokolta, hogy ez által dinamikusabban fejleszthető a magyar-horvát rendszer függetlenül az osztrák-szlovén rendszertől, ami megnöveli a fejlesztés dinamikáját. Azért fontos a dinamikus fejleszthetőségi lehetőség, mivel a vízgyűjtő felső osztrák-szlovén része hegyvidéki jellegű, míg a magyar-horvát része inkább síkvidéki, és mindkettő modell esetében mások a prioritások. A hegyvidéki vízgyűjtőn a meteorológiai előrejelzések és a hidrológiai modellek határozzák meg az előrejelzések jóságát, míg a síkvidéki vízgyűjtőn a hidrodinamikai modellek és az adatasszimiláció, amik jelentősen befolyásolják a modell által előrejelzett vízhozamokat és vízállásokat. Mivel egy teljes vízgyűjtőt leíró modellt nem lehet külön projektekből külön fejlesztőkkel külön fejleszteni, ezért a szétosztott, a határfeltételek mentén kapcsolódó modellek sokkal több fejlesztési lehetőséget adnak az üzemeltetőknek.

Összevont paraméterű (0D) hidrológiai modellek

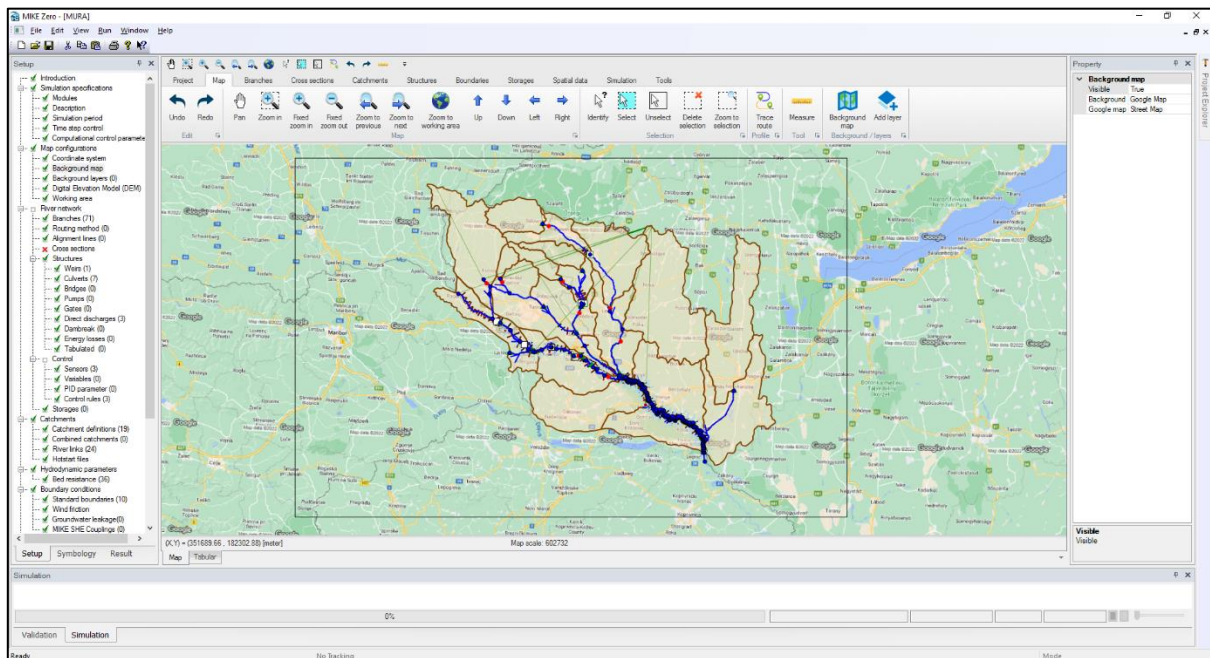
A hidrológiai modellek állítják elő az 1D hidrodinamikai modellek bemeneti, határfeltétel adatait, a vízfolyások felső szakaszain és a vízgyűjtő középső és alsó részein pedig a közvetlen vízgyűjtőről származó hozzáfolyást számolják a hidrodinamikai modellek számára. Ezek összevont paraméterű (0D) hidrológiai modellek, melyek a MIKE modellcsalád modelljei közül NAM modellek. A ForMURA modell összesen 21 db NAM modellt tartalmaz, melyek leírják a vízgyűjtő magyar-horvát és a hidrológiai szempontból oszthatatlan szlovén vízgyűjtő részeket. Ezek a NAM modellek felparaméterezett „tározókkal” írják le a hidrológiai ciklus elemeit: csapadék (eső, hó), párolgás, lefolyás (felszíni, felszín közeli), beszivárgás, talajvíz (telített, telítetlen rétegek). Ezek a modellek a meteorológiai előrejelzések (ECMWF) adataiból (csapadék, hőmérséklet) számítják ki a vízfolyásokban keletkező vízhozam többletet, mely határ- vagy oldalsó, belső peremfeltételei a hidrodinamikai modellnek. Azáltal, hogy a hidrológiai modellekkel lefedett vízgyűjtőterület csökkent, így az OMSZ képes lefedni az egész területet meteorológiai előrejelzésekkel. A fejlesztés közben a meteorológiai adatok köre és elérési módja változott: a korábbihoz képest a szerverről a finomabb térbeli felbontású (0,1/0,1 fok) ECMWF meteorológiai adat-mezőkre kellett átállni. Ezek újonnan lehatárolt hidrológiai modellek újra lettek kalibrálva és validálva az 1D hidrológiai modellekkel együtt (Juhász, 2022b).

1D hidrodinamikai modell

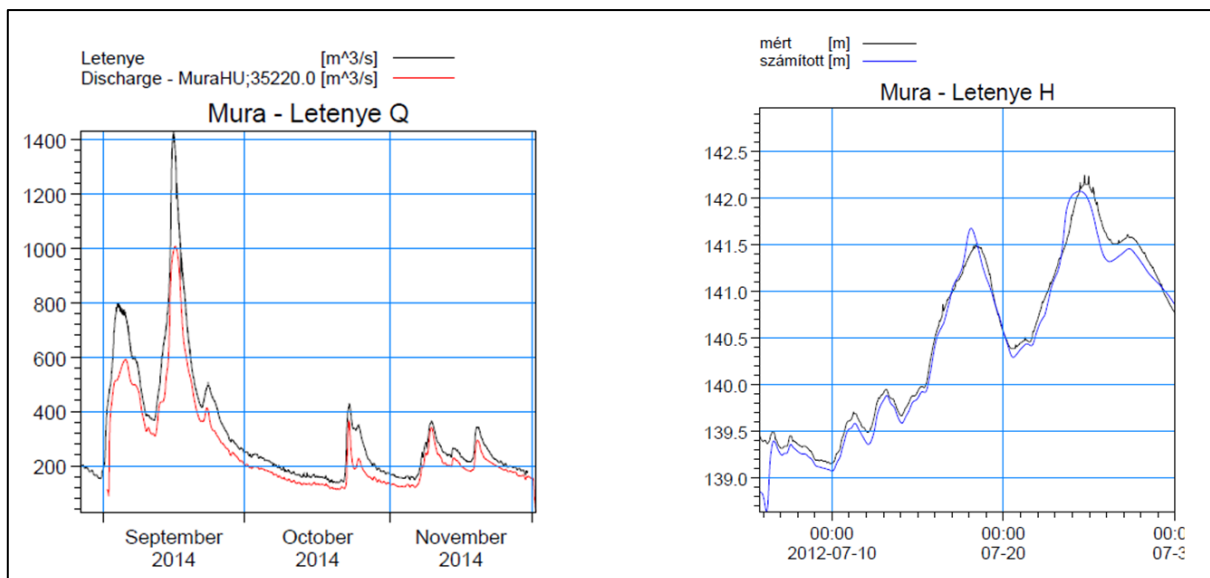
Az 1D hidrodinamikai modell írja le a modellben a vízfolyásban történő vízmozgást, melyhez fizikai alapú parciális differenciálegyenletek (Saint Venant egyenletek) numerikus megoldásait használja. A hidrodinamikai modell számítja ki a tényleges vízállás, vízhozam előrejelzést a meghatározott vízrajzi állomásokra. Az előrejelzések eredményének javítására a vízrajzi állomások regisztrált adatait felhasználva adatasszimilációt alkalmaz (Juhász, 2022b).

Az legnagyobb fejlesztés és változás a hidrodinamikai modellel kapcsolatban, hogy a korábbi 2010-es MIKE11-ről 2020-es MIKE HYDRO River-re lett a modell átváltva, ami megnehezítette a fejlesztést ugyanis a két modell verzió teljesen más számítási metodikát használ, ami miatt a modell egyes részeit újra kellett építeni. A másik jelentős változtatás, hogy a hidrológiai modellekhez hasonlóan a hidrodinamikai modellt is ketté kellett vágni az osztrák-szlovén és a magyar-horvát szakaszok elkülönítéséhez, hogy a ForMURA rendszer önállóan tudja a magyar-horvát modell szakaszt üzemeltetni, és az osztrák-szlovén rendszer ehhez csak a határfeltételt jelentő állomásokon kapcsolódik az új rendszerhez. Ezek mellett a következő fejlesztések történtek meg a hidrológiai modellben. A Lendva-Mura csatorna geometriájának a javítása történt meg. A területen található két árvízcsúcs-csökkentő tározó (Kerkán az Alsószenterzsébeti tározó valamint a Kebele illetve a Szentgyörgyvölgyi-patak összefolyásánál lévő tározó) a modellbe keresztaszvénnyel lettek beépítve, mivel korábban a tározó működését a tározó görbével szimulálta a modell a valós geometria helyett. A Mura teljes hullámtét leíró modellszakasz újra lett szerkesztve az új modellrendszer követelményének megfelelően lett felvéve a modellbe. Illetve egy új mederszakasz lett a modellbe felvéve, ez pedig a Horvátországban található Trnava vízfolyás, mely a vízfolyáson található első vízrajzi állomásig (Donji Hrašćan) lett a modellbe beépítve. Ez jelentős fejlesztés a modellben, hiszen eddig a Trnava vízgyűjtője hidrológiai modellként szerepelt a modellben, ami jelentős

bizonytalanságot jelentett az előrejelzésben. Azzal, hogy az állomásig tartozó modellszakasz beépült a modellbe lehetőség van arra, hogy az állomás mért adata adatasszimilációval javítsa a hidrológiai modelltől származó előrejelzést. Mindezen fejlesztésekhez minden projektpartner a legfrissebb geodéziai felméréseinek az adatait (keresztmetszvények, terepmodellek) bocsátotta a fejlesztő rendelkezésére, így jelentősen nőtt a modell előrejelzésének pontossága. A hidrológiai és a hidrodinamikai modellek alkotják az előrejelző modell szerkezetét, melyet az alábbi ábra (1. ábra) szemléltet (Juhász, 2022a).



1. ábra. A ForMURA árvízi előrejelző modell szerkezete a MIKE HYDRO River programban felépítve (Juhász, 2022a)

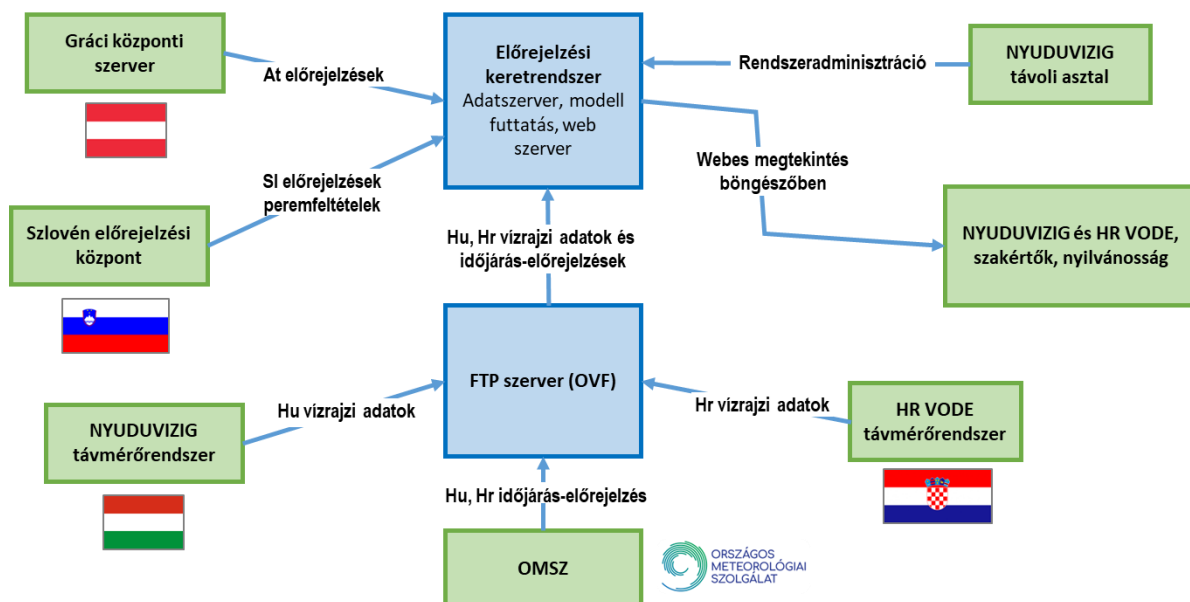


2. ábra. A kalibrálásának (balra) és a validálásának (jobbra) az eredménye (Juhász, 2022a)

A fejlesztett modellt az előrejelző keretrendszerbe történő fejlesztését megelőzően szükség volt a modell újra kalibrálására, majd a kalibrált modell verifikálására független eseményekkel. A hidrológiai modellek és a hidrodinamikai modell újrakalibrálása a 2014-es (2014.09.01 - 11.30.), a validálása a 2012-es (2012.06.15. - 08.15) és a 2018-as (2018.04.15. - 06.15.) árvízi eseményre történt. A fenti ábra (2-es ábra) bemutatja a kalibráció és a verifikáció eredményeit (DHI Hungary Kft., 2022).

ELŐREJELZŐ KERETRENDSZER

Az adatok előkészítését, modell futtatását és az adatok publikálását a teljesen új előrejelző keretrendszer végzi. A feladatai közül a legfontosabb, hogy összegyűjtse mindazokat az adatokat, melyek szükségesek a modell futtatásához illetve az előrejelző honlap működéséhez. Az adatok áramlását az alábbi ábrán (3. ábra) szemléltetjük.



3. ábra. A ForMURA árvízi előrejelző rendszer adatáramlása (Juhász, 2022a)

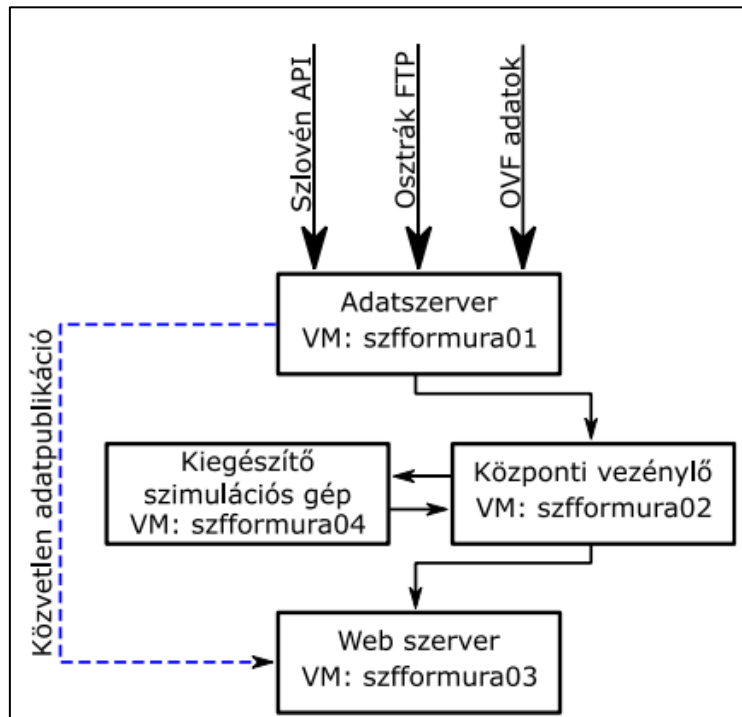
Látható, hogy az ForMURA árvízi előrejelző rendszer adatellátásához hat szervezet (melyek fele külföldi) tökéletesen összehangolt adat szolgáltatása szükséges. Az osztrák hidrológiai és hidrodinamikai előrejelzéseik adatai a korábbi FTP-s kapcsolatot leváltó biztonságosabb SFTP adatprotokollon keresztül jutnak közvetlenül az előrejelző rendszerbe. Ennek az adat kapcsolatnak a kialakítása a fejlesztés közben merült fel az osztrák fél részéről, mind számukra kötelezően használandó adattanszfer protokoll. Mivel ez a fejlesztést megelőzően nem ismert körülmény volt, így rendkívül nehéz volt az árvízi előrejelző rendszer felkészítése az új adatkapcsolatra, mely jelentősen növelte a fejlesztés időigényét.

A szlovén adatok meteorológiai és hidrológiai előrejelzések adatai API protokollon keresztül jutnak közvetlenül az árvízi előrejelző rendszerbe, ezek rendkívül fontosak, hiszen ezek nagyrésze az árvízi előrejelző modellek peremfeltételei így a stabil adatkapcsolat elengedhetetlen a modell zavartalan üzemeléséhez. A szlovén és az osztrák adatok és előrejelzések adatai nagyrésze a modell számára közvetlenül felhasználható dsf0 formátumban

érkeznek előzetes adatellenőrzést követően, így a modell és a honlap számára megfelelő formában (DHI Hungary Kft., 2022).

A magyar és a horvát vízgyűjtőkre a meteorológiai előrejelzéseket az Országos Meteorológiai Szolgálat biztosítja. Az általuk szolgáltatott ECMWF meteorológiai előrejelzések adatmezői az OVF szerverfarmjára érkeznek, ahol megtörténik a konverziójuk a modell számára megfelelő formátumra és ezután FTP kapcsolattal jutnak az árvízi előrejelző rendszerbe. Itt is volt a fejlesztés során nehézség, hiszen a fejlesztés ideje alatt történt meg az meteorológiai előrejelzések adatmezőinek térbeli felbontásának a finomítása, hiszen a korábbi 0,125/0,125 fokos térbeli felbontásról kellett áttérni a 0,1/0,1 fokos térbeli felbontásra. Szerencsére ez a fejlesztés korai szakaszában kiderült, ezért a fejlesztő úgy tudta kialakítani a rendszert, hogy a finomabb felbontású adatokkal is tudjon dolgozni.

A magyar és a horvát vízrajzi adatok (vízhozam és vízállás) esetében nem volt szükség jelentős fejlesztésre, hiszen azok folyamatosan érkeztek az OVF FTP szerverére a magyar és a horvát távmérő rendszerekből, az OVF szerverén a konverziójuk automatikusan megtörténik dsf0 formátumba és azt követően kerülnek az előrejelző rendszerbe.



4. ábra. Az előrejelző keretrendszer működésének vázlatja (DHI Hungary Kft., 2022)

Az előrejelző keretrendszer az ütemezett adatgyűjtést, adatkonverziót és adat ellenőrzést követően elvégzi a modell futtatását operatíván és automatikusan az előre beállított futási beállításokkal az előre beállított scenáriókra (ezeket a későbbiekben részletezzük). A modellt összesen 8 napra futtatja, két napra az előrejelzést megelőzően indul a futtatás és hatnapos előrejelzéssel számol, hasonlóan a korábbi rendszerhez. A lefutott modelleredményeket az előrejelző rendszer az előrejelző honlapon (később kerül bemutatásra) publikálja. A modell scenáriókat melegindítással indítja a rendszer, vagyis egy korábbi futtatás adataiból indul a futtatás. A futtatást követően az eredményeket csomagolja és archiválja a rendszer, azok szinte

korlátlan ideig megtekinthetők a honlapon és a szerveren. A modell scenáriók futtatására a MIKE HYDRO River-t hívja meg és használja az előrejelző rendszer, MIKE Operations-t használ az adatok kezeléséhez és MIKE Operations-ön alapuló egyéni fejlesztéseket használ a weblap kezelésére (DHI Hungary Kft., 2022).

Az előrejelző rendszer működtetését az OVF szerverfarmján elhelyezett nagy teljesítményű pengeszerver végzi. A pengeszerveren négy virtuális számítógép lett kialakítva az előrejelző rendszer feladatainak megfelelően, hogy a feladatokat párhuzamosan tudják végezni. A rendszer folyamat ábráját a 4. ábra szemlélteti. A rendszer működésének első lépése a bemeneti adatok betöltése az adatszerverre. Az adatszerver fogadja a szlovén adatokat az API protokoll alkalmazásával, az osztrák adatokat az SFTP protokollon keresztül és az OVF-ből az FTP szerverről. Az adatszeren megtörténik az adatok ellenőrzése és konverziója. Azok az adatok, melyeket a rendszer felhasznál a szimulációkban, azok a központi vezénlyőre kerülnek, míg azok a szlovén és osztrák adatok, melyek csak a web-megjelenítéshez kellene, azok közvetlenül a webszerverre kerülnek. A központi szerveren megtörténik a modell scenáriók futtatása a kiegészítő szimulációs gép segítségével. A két gép megosztja egymás között a párhuzamosan futtatandó szimulációkat, a hatékonyabb és gyorsabb futtatás érdekében. A szimulált adatok a webszerverre kerülnek, ahol megtörténik az adatok publikálása (DHI Hungary Kft., 2022).

Az előrejelző rendszer legnagyobb újdonsága, hogy képes több előrejelzési scenáriót párhuzamosan futtatni óránként, míg a korábbi rendszer óránként csak egy előrejelzést futtatását tudta üzembiztosan biztosítani. A lehetséges scenáriók a következők (Juhász, 2022a):

1. Adatasszimilációval és adatasszimiláció nélküli futtások
2. Külön téli, nyári és általános érdességek alkalmazása
3. Ensemble tagok meteorológiai előrejelzési változatainak alkalmazása
4. Teszt árhullám (2014-es árhullám) futtatása

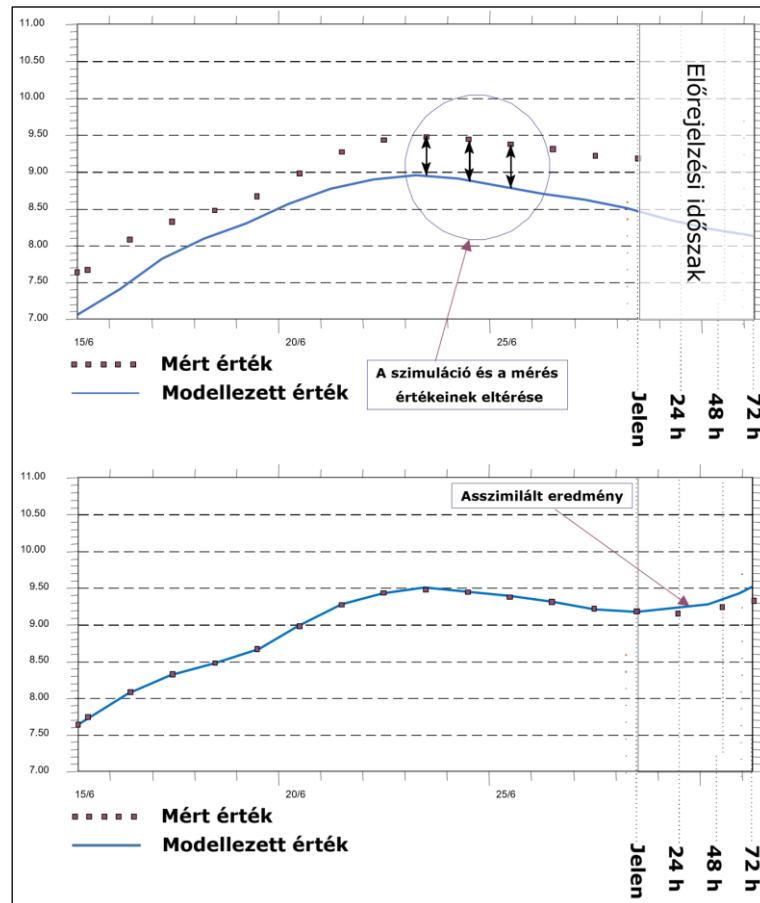
Az előrejelző rendszer által futtatott scenáriókat az alábbi táblázat (1. táblázat) foglalja össze (Juhász, 2022a):

1. táblázat. A ForMURA modell által számított scenáriók jellemzői (Juhász, 2022a)

Változat	Időjárás (ECMWF)	Adatasszimiláció (1D)	Érdesség	Előrejelzési időtáv	Gyakoriság
S1	Determinisztikus (1 db)	AT-SL és HU-CR modellben	Általános	6 nap	1 h
S2	Determinisztikus (1 db)	Nincs	Általános	6 nap	1 h
S3	Determinisztikus (1 db)	Nincs	Téli	6 nap	1 h
S4	Determinisztikus (1 db)	Nincs	Nyári	6 nap	1 h
SM	Ensemble-tagok (5 db)	Nincs	Általános	6 nap	12 h

Az adatasszimilációval történő futtatás lényege, hogy a modell múltban mért adatokra ráhúzza a modell számítási eredményét (5. ábra). Ennek előnye, hogy pontosabb előrejelzést ad a modell és elfedi a modell hibáját. Azonban, ha nagyon nagy az eltérés a mért és a modellezett értékek között, akkor az adatasszimiláció instabilitást okoz a modellben, illetve módosítja az árhullám képét, mely megtevesztő előrejelzéseket fog szolgáltatni. Ha folyamatosan adatasszimilációs modellfuttatásokat használunk, akkor nem fogjuk észrevenni a modell hibáit, ezért érdemes adatasszimiláció nélküli futtatást is végezni, hogy a modell hibáit felderítsük és a fejlesztések

során a feltárt hibákat ki tudjuk javítani. A modellben 23 állomáson működik az adat asszimiláció, melyből 13 vízhozamra és 10 vízállásra asszimilál. Mivel a MIKE HYDRO River máshogyan kezeli az adatasszimilációt, mint a MIKE11, ezért a fejlesztés során újra fel kellett építeni a vízrajzi állomások adataszimilációját (DHI Hungary Kft., 2022).



5. ábra. Az adatasszimiláció működésének vázlatja (DHI Hungary Kft., 2022)

Az érdeségi tényező alkalmazásának nagyon fontos szerepe van az árhullám levonulásában, hiszen meghatározza az árhullám terjedési sebességét és az ellapulás nagyságát, ezáltal ez a legfontosabb tényező a modellek kalibrálásánál. Mivel az ártér érdesége szezonálisan változik, emiatt egy paraméter készlet nem képes megfelelően leírni a téli és a nyári árhullámokat, hanem külön paraméter készletre van szükség a téli és a nyári árhullámok megfelelő szimulációjához. Emiatt a fejlesztő a modell kalibrációja és verifikációja során létrehozott két paraméter készletet a „téli” és a „nyári” árhullámok számítására, melyekre külön szimulációkat futtatunk adatasszimiláció nélkül. Erre amiatt van szükség, hogy folyamatosan tudjuk kontrolálni az aktuális árhullám szélsőértékeit, melyek az eltérő érdeségből származnak. Ahhoz, hogy az aktuális állapotra jellemző érdeséggel tudjon számolni a modell, létre kellett hozni egy általános érdeséget, mely a szezonális két szélsőértékből (nyári és téli), illetve az átmeneti szakaszból áll. Ennek számítására a fejlesztő készített egy képletet és egy táblázatot, a képlet által használt függvény felparaméterezéséhez.

$$M_{\text{általános}} = \alpha * M_{\text{téli}} + (1 - \alpha) * M_{\text{nyári}} \text{ (DHI Hungary Kft., 2022)}$$

$M_{\text{általános}}$ – az általános vagy interpolált érdességi tényező érték

$M_{\text{téli}}$ – a téli érdességi érték

$M_{\text{nyári}}$ – a nyári érdességi érték

α – dátum szerint változó szorzó tényező

Az α szorzótényező az alábbi táblázatban (2. táblázat) található diszkrét értékeket veszi föl, a diszkrét értékek között lineárisan interpolál (DHI Hungary Kft., 2022).

2. táblázat. Az α szorzótényező éves alakulásának töréspontjai (DHI Hungary Kft., 2022)

Dátum	jan. 01.	ápr. 01.	jún. 01.	okt. 01.	dec. 01.	dec. 31.
α értéke	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	1,0

Az érdességi tényező mellett a legnagyobb bizonytalansági faktor az árvizek előrejelzésében a meteorológiai előrejelzés, elsősorban a csapadék előrejelzés bizonytalansága. Ezt a bizonytalanságot a meteorológusok az előrejelzésekben különböző forgatókönyvi változatokkal (ensemble tagok) mutatják be. A modell számára a determinisztikus forgatókönyvi változat mellett elérhető 51 db ensemble forgatókönyvi változat. Ezekből a rendszer 5 scenáriót generál (3. táblázat) (DHI Hungary Kft., 2022).

3. táblázat. Az ensemble scenáriók jellemzői (DHI Hungary Kft., 2022)

Elnevezés	S Pmin	S P5	S P50	S P95	S Pmax
A növekedési sorrendbe rendezett adat-sorok sorszáma	1.	3.	26.	48.	51.
Meghatározás	Minimum akkumulált csapadék	5. percentilis	Medián (50. percentilis)	95. percentilis	Maximum akkumulált csapadék

A scenáriók generálásához a rendszer kiszámítja minden részvízgyűjtőn, minden ensemble előrejelzési változathoz tartozó csapadék idősort, az így létrehozott idősorokból kiszámítja a csapadék összegeket, és a csapadék összeg alapján sorrendbe állítja az ensemble forgatókönyvi változatokat minden részvízgyűjtő esetében. A sorrendbe állított ensemble forgatókönyvi változatokból minden részvízgyűjtőn kiválasztja a scenáriónak megfelelő sorszámú forgatókönyveket (1., 3., 26., 48. és 51.). A kiválasztott forgatókönyveket futtatja le és ezekből származnak az ensemble scenáriók, így egyetlen determinisztikus előrejelzés helyett egy egész görbesereg mutatja be az előrejelzés bizonytalanságát. Mivel 12 óránként készülnek el a meteorológiai ECMWF ensemble forgatókönyvi változatok, ezért ezek scenáriók naponta csak kétszer futnak le (DHI Hungary Kft., 2022).

Az előrejelzési rendszer az esetek nagy részében kis vagy középvízes állapotban üzemel, emiatt sok beállítás változást, melyek nagyvízes időszakban fontosak, nem lehet napi szinten kipróbálni, tesztelni. Ezért a fejlesztő kidolgozott egy teszt állapotot, mely lehetőséget biztosít az üzemeltetők számára, hogy bármikor nagy vízes állapotban teszteljék a rendszert. Ebben a

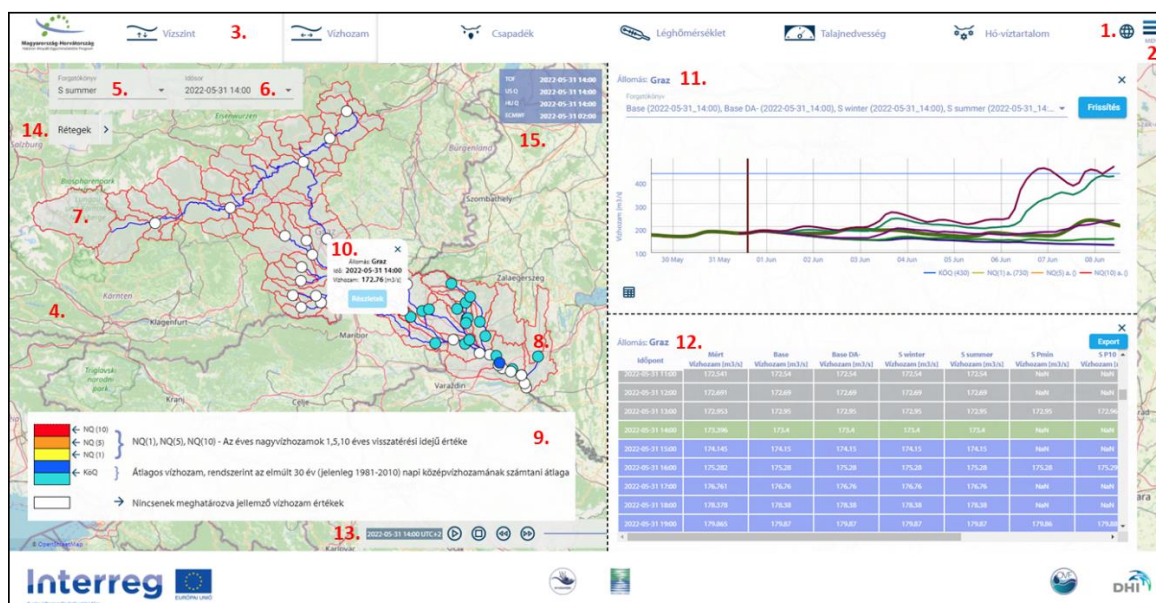
teszt állapotban a rendszer az aktuális hidrológiai helyzet helyett a kalibrációhoz használt 2014-es árhullám bemeneti vízhozamaival számol, de az aktuális meteorológiai állapotra.

ELŐREJELZŐ HONLAP

Az új árvízi előrejelzési rendszerhez új előrejelzési honlap (6. ábra) készült, melyet a webszerver kezel (<https://formura.vizugy.hu/front/#/>). A honlap a korábban elkészült Rába előrejelzési honlap (RF4C) mintájára készült. A honlap a térképes megjelenítő felületén bemutatja a teljes Mura vízgyűjtőt. A honlap három felhasználó szintet kezel. Az alap a publikus felület, mely jelszó nélkül lehet elérni, itt kevés, és csak a főbb, megbízható állomások adatasszimilált, determinisztikus előrejelzései láthatók, és az osztrák, szlovén állomások teljesen le vannak tiltva. A második szint a szakértői szint, itt valamennyi horvát, magyar állomás látszik, ez az árvízi védekezésben érintett szervezetek és önkormányzatok számára készült. A harmadik szint a vízügyi igazgatási szervezetek (NYUDUVIZIG és HR VODE) számára készült szint, ez hozzáférést ad valamennyi állomás valamennyi előrejelzési szimulációjához (Juhász, 2022a).

A honlap négyelvű (magyar, horvát, angol, német) menüvel rendelkezik. Az előrejelzéseket grafikusan és táblázatosan is meg tudja jeleníteni. A grafikus megjelenítés esetében a grafikonokon egyszerre több szimuláció eredménye is megjeleníthető és a grafikon teljes területe szabadon nagyítható. A honlapon lehet választani a megjelenítendő scenáriókat, a vízrajzi (vízállás, vízszint és vízhozam) és a meteorológiai (csapadék, léghőmérséklet, talajnedvesség és hó-víz tartalom) előrejelzések között. Az grafikonon megjelenő előrejelzési pontok a figyelmeztetési szinteknek (készültségi szintek, visszatérési idejű vízhozamok) megfelelően változtatják a színeket és az előrejelzések dinamikusan le tudjuk játszani. A honlap kiegészítő információkat is tartalmaz főmenü panelban a Mura vízgyűjtőjéről, a ForMURA projektről és a projekt során készült képekből még egy galéria is elérhető itt.

A ForMURA új árvízi előrejelzési honlapját és funkcióit az alábbi ábrán (6. ábra) lehet megtekinteni, a honlap részei az ábrán számokkal lettek megjelölve, és az ábra alatt vannak felsorolva és a funkcióik is itt vannak röviden ismertetve



6. ábra. A ForMURA új árvízi előrejelzési honlapja és funkciói (Juhász, 2022a)

Az előrejelző honlap részei és funkciói az ábrán (6. ábra) megjelölt számok sorrendjében (Juhász, 2022a):

1. Nyelvválasztó gomb
2. Belső menü rendszer (felhasználói szintek választása, lekérhető információk, további információk: vízgyűjtő, képek, projekt)
3. Menüsáv (lekérhető információk típusai: vízállás, vízhozam, meteorológiai elemek)
4. Alap térképi háttér (dinamikusan nagyítható)
5. Szcenárióválasztó (asszimiláció választása, érdekességek választása, ensemble tagok)
6. Futtatási időválasztó (a korábbi futtatási eredmények megjelenítéséhez)
7. Részvízgyűjtő terület (meteorológiai előrejelzés választása)
8. Vízrajzi állomás (vízállás, vízhozam előrejelzés választás)
9. Jelmagyarázat a kiválasztott előrejelzéshez
10. Gyorsinformáció a vízrajzi állomás adatáról
11. Az előrejelzés grafikus megjelenítője (átméretezhető, nagyítható)
12. Az előrejelzés táblázatos megjelenítője (átméretezhető, exportálható)
13. A megjelenített előrejelzésen belül az időpontot választó dinamikus megjelenítést is lehetővé tevő csúszka
14. Térképi rétegeket megjelenítő gomb
15. A behívott előrejelzéshez használt adatok dátumai

ÖSSZEFOGLALÁS

Az új előrejelzési keretrendszer fejlesztése nagymértékben támaszkodott a korábbi Mura előrejelzési rendszer tapasztalataira és a korábbi rendszer elemeire, ugyanakkor felhasználta a legfrissebb előrejelzési keretrendszerek vívmányait és a párhuzamos, megelőző projektek tapasztalatait pl. Raab Flood 4cast - A Rába árvízi előrejelző modell továbbfejlesztése, kiterjesztése projekt tapasztalatait. Felhasználta a projekt a korábbi előrejelző rendszerhez kifejlesztett modellt, amit továbbfejlesztett. Használta a projekt a korábbi előrejelző rendszerhez kiépített adatkapcsolatokat, ugyanakkor újakat is létrehozott.

Annak ellenére, hogy sok tapasztalat és korábbi ismeret állt rendelkezésre számtalan nehézség nehezítette az új előrejelzési keretrendszer létrehozását pl. az új adatkapcsolatok létrehozása (SFTP, API) vagy az új, finomabb térbeli felbontási meteorológiai előrejelzések beépítése az új rendszerbe. Szerencsére a fejlesztők mind megbirkóztak fejlesztés során felmerülő problémákkal.

A projekt legnagyobb érdemei, amellet, hogy teljesen új előrejelzési keretrendszer és előrejelzési honlap lett kifejlesztve hozzá, hogy a sikerült az előrejelző modellt fejleszteni több új elemmel és hogy képesek vagyunk egyszerre több előrejelzési scenáriót futtatni. Az új előrejelzési scenáriók hozzásegíthetik a hivatalos árvízi előrejelzéseket készítő kollégákat a megalapozottabb és minden lehetséges kimenetet figyelembe vevő, ezáltal megbízhatóbb előrejelzések készítésére. Reményünk hogy az új előrejelzési keretrendszer megfelelő figyelmeztető és döntéstámogatási rendszerként fogja segíteni a következő árvízi védekezési munkák támogatását a nagy megbízhatóságú és megfelelő időelőnyt biztosító előrejelzésekkel.

IRODALOMJEGYZÉK

- DHI HUNGARY KFT. (2022). ForMURA projekt (HUHR/1901/3.1.1/0001) Árvízi előrejelző keretrendszer kifejlesztése. A keretrendszer felépítése és webes felületének műszaki leírása. Az adatasszimiláció működésének bemutatása. A Keretrendszer szoftvereinek, rendszergazda-szintű karbantartásának ismertetése magyar nyelven. DHI Hungary Kft. 2022. április
- JUHÁSZ, I. (2022a). A Mura árvízi előrejelző modell tovább fejlesztésének és az új árvízi előrejelző keretrendszer felépítésének bemutatása (előadás), HUHR/1901/3.1.1/0001 – ForMURA, Upgrade and development of flood alarm and forecast model of MURA, Closing Conference, 05.07.2021, Dekanovec, Croatia.
- JUHÁSZ, I. (2022b). Establishment of the flood forecasting and warning system for the Drava and Mura Rivers, Thesis, National University of Public Service, Faculty of Water Sciences, Department of Water and Environmental Policy. Budapest, Hungary. 30 April 2022.