

Kerék Gábor<sup>1</sup>

## Környezetbiztonsági kockázatok csökkentése – árvízi elöntési területek kiterjedésének valós idejű előrejelzése – a Rába-vízgyűjtő magyarországi szakaszán

### Reducing Environmental Risks – Real Time Forecasts of Inundation Areas on the Hungarian Part of the Rába Catchment

Magyarország környezetbiztonsági kockázatai között első helyen szerepel az árvízi – és általában a vizek káros többletéből és hiányából fakadó – veszélyeztetettség. Közleményemben a Rába folyó völgyének környezetbiztonsági kérdéseivel foglalkozom, aminek aktualitását egy jelenleg futó határon átnyúló hidrológiai, árvízvédelmi fejlesztési projekt adja, amelynek keretében a folyó magyarországi szakaszán valós idejű előrejelzéssel kívánják a völgyi elöntések kiterjedését meghatározni. Ennek térképes és numerikus publikálásával támogatható a katasztrófavédelmi veszélyhelyzeti tervezés és a védelmi intézkedések – nyílt ártéri települések védelme, eseti közlekedési korlátozások, általános árvízvédelmi intézkedések – megtétele a Rába mentén.

**Kulcsszavak:** Rába, Raab Flood 4cast, árvíz, hidrológiai előrejelzés, hidrodinamikai modell

Floods – and generally the risk of harmful surplus and lack of water – are among the top environmental safety risks in Hungary. In my paper I deal with the environmental safety issues of the Rába River Valley. Its topicality is provided by a currently running cross-border hydrological-flood protection development project. The project

<sup>1</sup> Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság Vízvédelmi és Vízgyűjtő-gazdálkodási Osztály, osztályvezető-helyettes, szakágazati vezető, e-mail: [kerek.gabor@eduvizig.hu](mailto:kerek.gabor@eduvizig.hu), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5804-3594>

aims at defining the extent of valley inundations with real-time forecasting at the Hungarian section of the river. Model results can provide adequate support for disaster management emergency planning and security measures, such as protection of villages on open floodplain and general flood protection measures.

**Keywords:** Raab, RaabFlood 4 cast, flood, hydrological forecasting, hydrodynamic modelling

## Bevezetés

A Rába folyó és árvizei az elmúlt évszázadok során, és napjainkban is alapjaiban határozzák meg a kisalföldi és általában a nyugat-dunántúli ember életét. A Rába rendezetlen medre és völgye az elmúlt időkben jelentős anyagi károkkal járó elöntéseket okozott az Alpokalján, a Kemenesalján és a Kisalföldön.

A Rába a Duna egyik legjelentősebb magyarországi mellékfolyója. Ausztriában az Alpok keleti lejtőjén, Stájerországban (Steiermark) az úgynevezett fischbachi Alpokban ered 1200 m körüli tengerszint feletti magasságban, két ágból. Alsószölnök térségében lép Magyarország területére, majd Szentgotthárdon felveszi a nála kétszer nagyobb vízhozamú mellékvízfolyását, a Lapincot. Kelet felé haladva Körmend térségében egyesül a szeszélyes vízjárású Pinkával, majd átlagosan 2,5 km széles völgyben éri el Sárvárt. E szakaszon két jelentősebb mellékvízfolyás torkollik bele a balparton, a Sorok-Perint, illetve a Gyöngyös. A Körmend-Sárvár szakaszon útját a völgy jobb szélén a Csörnök-Herpenyő patak kíséri. Sárvárt elhagyva árvízvédelmi töltések [1]<sup>2</sup> között északkeleti irányban halad tovább a Kisalföldön egészen Győrig, ahol a Mosoni-Dunába torkollik. A folyó teljes hossza 283 km, Magyarország területére eső szakasza 211,5 km. Vízyűjtő területe 10 270 km<sup>2</sup>. Vízyűjtőjének egyharmada Ausztria, kétharmada Magyarország területére esik [2].

A magyarországi folyók viszonylatában vízjárása közepesen szélsőségesnek mondható, Árpásnál az  $NQ/KQ^3$  értéke 31,4. A hasonló nagyságrendű vízyűjtőterülettel rendelkező magyarországi folyók esetében ez az arány a következőképpen alakul: Maros–Makó: 14,5; Bodrog–Felsőberekci: 20,3; Hernád–Gesztely: 24,6; Sajó–Sajószentpéter: 33,3; Szamos–Csenger: 39,2; Fekete-Körös–Remete 144,5 [3].

Jelen közleményben a Rába történelmi árvizeit is áttekintve bemutatom a vízyűjtő sajátosságait az árvizek levezetésének tekintetében, valamint az elmúlt évtized és a közeljövő árvízi előrejelzési célú fejlesztéseit, amelyek segítségével a Rába völgyének környezet- és árvízi biztonsága növelhető.

<sup>2</sup> Árvédelmi töltés: Olyan víztartásra méretezett földmű, ami a terep fölé emelkedő árvíz szétterülését meghatározott területsávra, a hullámtérre korlátozza. Az árvízvédelmi töltés méreteit, egyéb fizikai paramétereit (magasság, keresztmetszet, tömörség stb.) szigorú műszaki előírások határozzák meg.

<sup>3</sup> Az éves legnagyobb és legkisebb vízhozamok sokévi átlagának aránya.

## A Rába történelmi árvizei, árvizeinek sajátosságai

### *A Rába történelmi árvizei*

A Rába a 17. századig nagyjából a mai Kis-Rába nyomvonalán, a Hanság-medencén át érte el befogadóját a Mosoni-Dunát. A Hanság árvízmentesítése érdekében már 1650 és 1700 között végeztek folyószabályozási munkákat a Rábán, ebben az időszakban alakították ki a folyó torkolati szakaszának ma is látható nyomvonalát. Az elmosarasodásra hajlamos, árvízi kiöntésekkel gyakran sújtott térségben már ekkor felmerült árvízvédelmi töltések építésének igénye [4].

Ezzel szemben a Rába magyarországi felső szakaszán a folyót a mai napig sem kísérik árvízvédelmi töltések, nyílt ártér jellemző szinte a teljes Sárvár–Szentgotthárd szakaszon. Ebben a térségben a Rába egy 2,5 km körüli szélességű völgyben meanderezik, árvízi hozamainak jelentős hányada a mederből kilépve az ártéren vonul le. E szakasz völgyperemén 10 település található a folyó nyílt ártéren [1].<sup>4</sup>

A 19. századot megelőző időszak árvízi eseményeiről ránk maradt leirat nem áll rendelkezésre, a 19. századból is csak említés szintjén található feljegyzések, miszerint árvizek vonultak le a Rábán 1827-ben, 1833-ban és 1873-ban. A Rába árvizeiről részletes feljegyzések a Rábaszabályozó Társulat megalakulásának időpontjától, 1875-től állnak rendelkezésre. Ekkortájt kezdődnek meg a vízállás-megfigyelések is, elsőként 1873-ban Győrben, majd egy 1882-ben kelt miniszteri rendelet értelmében Szentgotthárdon, Körmenden, Sárváron, Ragyogón, Nicken, Vágon, Marcaltón, Csécsényben és Rábapatonán létesítettek vízállásészlelő [1]<sup>5</sup> állomásokat. Már ekkor felismerték az árvízi előrejelzés [1]<sup>6</sup> fontosságát, a sárvári vízmércén mért vízállások alapján próbáltak következtetéseket levonni a Dunán kialakuló vízszintekkel kapcsolatban. A társulat megalakulását követő években több árhullám is levonult a Rábán, ezek értékelését döntően befolyásolták az akkor folyó töltésépítési munkák. Külön említést érdemel az 1891. évi jeges árvíz, ami Sárvár felett kilépett a mederből, és a Répce-völgyét is elöntve vonult le. A korabeli feljegyzések szerint az árvíz a Sárvár alatti, szabályozott mederszakaszon jelentős károkat okozott hidakban és műtárgyakban. A 19. század végén, illetve a századfordulón két jelentős árvíz vonult végig a folyón, 1895-ben és 1900-ban. Mindkét árvíz rekordvízszintek kialakulásával járt a frissen töltésezett alsó szakaszon, sőt a ragyogói vízmércén a mai napig az 1900. április 9-én mért 450 cm a nyilvántartott LNV-érték<sup>7</sup> [1]. Ez az árvíz rávilágított a Rába-völgy és a Hanság-medence árvízi kitérttségére, és jelentős vízrendezési-árvízvédelmi célú beruházások kezdődtek meg: Sárvár alatt további töltésépítések kezdődtek, átépültek a Rába alsó szakaszának hidjai, valamint a Hanság-medence árvízmentesítése érdekében megépült a Répce-árapasztó, amely a Répce-folyó árvizeit a Rába völgyébe

<sup>4</sup> Ártér: az a terület, amelyet a folyó árvizei az árvízvédelmi művek megléte nélkül elöntetnének. Az ártérnek azt a részét, amelyet az ármentesítő művek védenek, mentesített ártérnek nevezünk. Az árvízvédelmi művekkel védett ártér a nyílt ártér. A töltések előtti nyílt ártér a hullámtér.

<sup>5</sup> Vízmérce: a vízfolyás, az állóvíz vízállásának (vízszintjének) meghatározására szolgáló eszköz.

<sup>6</sup> Előrejelzés: a természeti jelenségek várható helyét, időpontját, jellemző méreteit meghatározó, illetve valószínűsítő tájékoztatás vagy figyelemfelhívás.

<sup>7</sup> Egy vízmércén a valaha mért legmagasabb vízszint nyilvántartott értéke.

vezeti. Az árvízvédelmi fejlesztéseket követően jelentős árvíz 1925. novemberében alakult ki a Rábán, ami a folyó magyarországi felső szakaszán okozott jelentős károkkal is járó elöntéseket. Vasvár felett több falut öntött el a víz, jelentős volt a völgyi elöntés a Pinka völgyében is, csakúgy, mint a Sárvár alatti szakaszon, ahol a nicki gát rongálódott meg [4].

A Rába árvizei között is kiemelt figyelmet igényelnek az 1965-ös év árvizei, amelyek több helyen okoztak jelentős völgyi elöntésekkel járó töltésszakadásokat. Az 1965-ös év rendkívülinek számít a mai napig a nyugat-magyarországi folyók vonatkozásában, mivel több folyón egyidejűleg alakultak ki jelentős árhullámok, jelentős elöntéseket okozva a Rába mentén és a Hanság-medencében [5]. 1965. március és augusztus között Szentgotthárdnál összesen 9 db árhullám indult el a Rábán és mellékvízfolyásain, amelyek a folyó síkvidéki szakaszára érve 6 db azonosítható árhullámmá egyesültek [6]. Áprilisban a Rábán is, és számos mellékvízfolyásán, így a Pinkán, a Sorok-Perinten, a Gyöngyösön és a Répcén is rekordméretű árvíz alakult ki. Jelentős elöntések voltak Szombathely egy részén, Kőszegen, Sárváron és Répcelakon, valamint a Sárvár alatti szakaszon – Sitke és Rábaty térségében – bekövetkezett töltésszakadások hatására az alsó Rába-völgy és a Hanság összesen 55 településén. A Rába síkvidéki szakaszán tovább súlyosbította a helyzetet az egyidejűleg a Dunán is kialakult árhullámok visszaduzzasztó hatása. Kritikus helyzetekkel kellett megküzdeni a Marcal torkolati szakaszán, ahol szintén több töltésszakítás történt [6].

1. táblázat

*LNV-szintek alakulása a Rába alsó szakaszán*  
([2], [6], [7] alapján a szerző szerkesztése)

Vízmerce	Tetőző vízállások			
	1900	1965	1996	2013
<i>Ragyogó</i>	<b>450</b>	440/455*	410	398
<i>Vág</i>	<b>456</b>	435/460*	411	408
<i>Árpás</i>	578	<b>586/605*</b>	512	502
<i>Győr</i>	<b>745**</b>	<b>757**</b>	510	<b>838**</b>

\* – töltésszakadások nélkül becsült

\*\* – Duna-árhullám visszaduzzasztása miatt

Az 1965. évi katasztrófális árvizet követően a Rába-völgy árvízi biztonságát a Sárvár alatti szakaszon a töltések fejlesztésével jelentősen megnövelték [6]. Az azóta eltelt csaknem 55 évben nem alakult ki az 1965-öshöz hasonló kritikus helyzet, azonban ahhoz hasonló, extrém hidrológiai helyzettel sem kellett szembesülnünk.

Ezt követően egy hosszú, nagyobb árvizektől mentes időszak következett a Rábán, egészen 1996 tavaszáig, amikor ismét jelentős árvíz vonult le a folyón. A közelmúltban 2009 nyarán alakult ki a felső-Rábán LNV-t okozó árhullám (Szentgotthárd és Körmen) ami a nyári vegetációs időszak miatt jelentős ellapulással [1]<sup>8</sup> érkezett

<sup>8</sup> Árhullám-ellapulás: a tetőző vízhozamoknak (és azokkal együttesen tetőző vízállásoknak) fokozatos csökkenése, a mellékfolyó vagy vízkifolyások nélküli árhullám levonulásakor a vízfolyás alsóbb szelvényeiben.

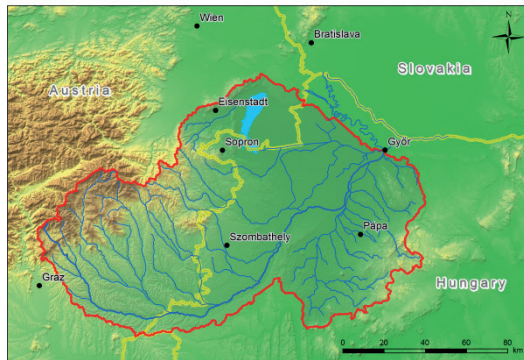
a Kisalföldre. Feltétlenül említést érdemel még a 2013-as év kora tavaszán kialakult heves árhullám, amely Sárvár térségében okozott LNV-t megközelítő vízszinteket.

Az 1. táblázatban a Rába alsó szakaszának néhány kitüntetett árvízi eseményének tetőző vízállásait tüntettem fel, amelyben az is látható, hogy a torkolati szakasz mértékadó árvízszintjét a Duna árvizeinek visszaduzzasztó hatása határozza meg.

### *A Rába árvizeinek jellegzetességei, a magyar szakasz morfológiai adottságai miatt*

Amint az az 1. ábrán is látható, a Rába a vízgyűjtőterületének déli részén halad, valamennyi jelentős mellékvízfolyása a bal oldalról, északnyugati irányból torkollik bele. Egyetlen jelentősebb jobb parti mellékfolyója a Marcal, azonban a Rába árvizeinek kialakulása szempontjából szerepe nem jelentős [5]. Az elmúlt mintegy 150 évben történt folyószabályozási, vízrendezési és árvízmentesítési [1]<sup>9</sup> munkák nyomán összetett vízhálózat alakult ki a Rába völgyében.

Magyarországon a Rába két, egymástól jól elkülöníthető szakaszra osztható, amelyek megfelelő ismerete kulcsfontosságú az árvízi levonulás megértése szempontjából. Magyarországi felső szakasza az országhatártól egészen Sárvár városáig egyike Magyarország utolsó, természetes állapotában fennmaradt őszállapotú medreinek. A határtól egy 2-3 km széles völgy bal oldalán, a saját hordalékkúpján meanderezve halad Sárvárig, majd ez alatt lép ki a Rábaköz széles síkságára. E szakaszon a folyó jelenlegi medre és a Fertő-tó közti területet maga a Rába töltötte fel az idők folyamán, és ennek a hordalékkúpnak jobb oldalán folyik [5].



1. ábra

*A Rába vízrendszere [8]*

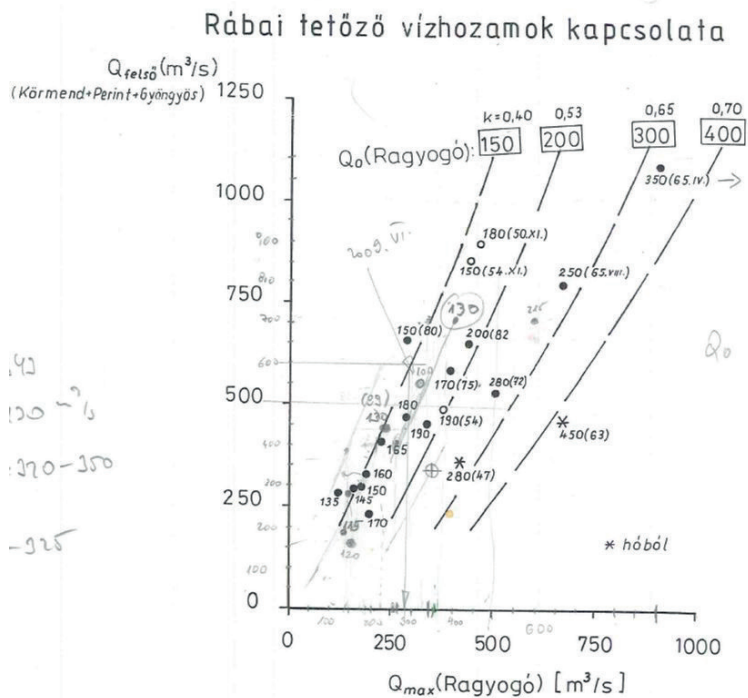
<sup>9</sup> Árvízmentesítés: a mederből kilépő vizek, árvizek kártételei elleni megelőző tevékenység, amely az előlthető területet (árteret) árvízvédelmi művek (töltések, falak, árvízcsúcsökkentő tározók, árapasztó csatornák) létesítésével mentesíti (mentesített árter) a rendszeres elöntéstől.

Sárvártól a győri torkolatáig jelentős mellékvízfolyása a Marcal és ezen a szakaszon veszi fel a Répce-árapasztó vizét is, amely a szeszélyes vízjárású Répce nagyvizeit vezeti le a Rába irányába, kizárva annak árvizeit a kisesésű és árvízveszélyes Hanság-medencéből.

Az árvizek kialakulásának szempontjából mértékadó Sárvár feletti szakaszon a medre nem alkalmas az árvízi vízhozamok levezetésére, azok Körmend alatt több helyen a jobb oldali völgy irányába árapadnak. A völgy jobb oldali legmélyebb részén, a Rábával közel párhuzamos nyomvonalon haladó Csörnőc-Herpenyő patak medre ilyenkor részt vesz az árvízlevezetésben. Ez a tény a Rába árvizeinek előrejelzésében jelentős bizonytalanságokat okoz a völgybe kijutott árvíztömeg levonulása miatt.

## Az árvízi előrejelzés kihívásai a Rábán

Folyóink vízjárásának mindenkori ismerete és várható alakulása számos vízgazdálkodási feladat alapja, az árvízi védekezésért felelős szervezetek<sup>10</sup> munkájában, valamint a katasztrófavédelmi veszélyhelyzeti tervezésben is kiemelt jelentőségű.



2. ábra

Grafikus előrejelzési segédlet [15]

<sup>10</sup> A Rába magyarországi szakaszát két központi költségvetési szerv, a Szombathelyi székhelyű Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, valamint a Győrben működő Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság kezeli. Működési területük a Rába természetföldrajzi adottságaival összhangban az országhatár–Sárvár, illetve a Sárvár–Győr szakaszok.

Hazánkban az OVSz [1]<sup>11</sup> a felelős szervezet folyóink vízjárásának előrejelzésére. Produktumaik a [www.hydroinfo.hu/](http://www.hydroinfo.hu/) honlapon érhetőek el, diszkrét vízmérceszelvényekben 144 órás időelőnyű folyamatos vízjárás-előrejelzést adnak közre. Árvizek levonulásának esetén azonban a helyi védekezésért felelős szervezetek az árvízi védekezés műszaki, logisztikai, gazdasági támogatása érdekében saját előrejelzéseket készítenek.

Közös jellemzőjük az OVSz előrejelzéseivel, hogy diszkrét vízmérceszelvényre korlátozódnak, azonban kiszolgálhatnak speciális helyi igényeket is, és jellemzően csak az árhullámkép [1]<sup>12</sup> előrejelzésére terjednek ki időben. Az igazgatóságokon alkalmazott módszerek a közelmúltig zömében papíralapú grafikus kapcsolatelmzések alapján történtek, erre mutat példát a 2. ábrán látható segédlet. Az elmúlt évtizedben a számítástechnika, a térinformatika és a hidrológiai monitoring robbanásszerű fejlődése (például nagy tér- és időbeli felbontású vízhozammérő eszközök, vízszinttávmérés, hidrodinamikai modellek széles körű elterjedése és alkalmazásuk oktatása a műszaki felsőoktatásban stb.) magával hozta a hidrológiai előrejelzések fejlesztésének igényét is. A Rába vízgyűjtőjén is megfogalmazódott egy folyamatos üzemű árvízi riasztórendszer megalkotásának igénye, ami valós időben, meteorológiai előrejelzésekre alapozva 6 napos időelőnyvel szimulálja a lefolyási viszonyokat a Rába völgyében. Ez az előre jelző rendszer a „ProRaab(a) Rába előrejelzési modellje” [8]<sup>13</sup> című projekt keretében valósult meg. Alapgondolatát a Stájer Tartományi Kormányhivatal Hidrológiai Intézeténél az Enns és a Mura folyók felső vízgyűjtőin már üzemelő előre jelző rendszer jelentette. Az elkészült, és jelenleg is üzemelő árvízi riasztórendszer alapja egy NAM [9]<sup>14</sup> csapadéklefolyás modell, amely 1 dimenziós [11]<sup>15</sup> hidrodinamikai árhullám-transzformációs modellhez kapcsolódik, és vízmérceszelvényekben 6 napos időelőnyű vízjárást számít a NAM-modellből a folyóhálózati modellbe belépő vízhozam levezetésével. A kapcsolt hidrodinamikai modell a Rába teljes vízgyűjtőterületét magában foglaló vízhálózat, amely összesen 151 db, 1623 km hosszúságú azonosítható folyóágot jelent [9].

A modell a hidrodinamikai folyamatokat fizikai alapú parciális differenciálegyenletek (St. Venant egyenletek [10]<sup>16</sup>) numerikus megoldásával diszkrétizálja. A modellrendszer szerves részét képezi az adatasszimilációs<sup>17</sup> modul, és a modellfutáshoz szükséges

<sup>11</sup> Országos Vízjelző Szolgálat: a folyók hidrológiai állapotát jellemző nemzetközi, országos és regionális tájékoztatást és előrejelzést végző szervezet. A szolgálat Budapesten, az Országos Vízügyi Főigazgatóság keretében működik.

<sup>12</sup> Árhullámkép: a vízállások vagy vízhozamok időbeni változásának ábrázolása. Az árhullámnak a völgyeléstől a tetőzésig tartó szakaszát áradó, a tetőzéstől a völgyelésig tartó szakaszát pedig apadó ágnak nevezzük.

<sup>13</sup> (ATMOS kód L00021) az Ausztria–Magyarország Határon Átnyúló Együttműködés Program keretében (AT-HU ETE 2007-2013)

<sup>14</sup> A NAM-modell az úgynevezett lineáris tározók elve alapján működik. A modell a napi vagy órás előre jelzett csapadék idősor, párolgási paraméterek, felszíni, felszín alatti hozzáfolyás, valamint a különböző víztartó rétegek (hóban tárolt vízkészlet, növényzet, talajfelszín, gyökérszóna, talajvíz, rétegvíz) alapján számítja a vízgyűjtőterület alsó pontján kapcsolt mederbe belépő vízhozamot.

<sup>15</sup> Az egydimenziós megközelítés azt jelenti, hogy a modell a számított állapotváltozókat (vízállás, vízhozam, vízsebesség, nedvesített szelvényterület, mederszélesség) szelvénymenti átlagértékkel határozza meg.

<sup>16</sup> St. Venant-egyenletek: a nempermanens vízmozgás 1 dimenziós alapegyenletei, amelyek az anyag- és impulzusmegmaradás törvényén alapulnak. Az egyenletrendszer a folytonossági és az impulzusegyenletből áll.

<sup>17</sup> Adatasszimiláció: a modelleredmények futtatások közötti automatikus korrekciója a rendelkezésre álló legfrissebb észlelési adatok alapján.

meteorológiai és hidrológiai adatok folyamatos rendelkezésre állását, és áramlását biztosító keretrendszer.

A modellrendszer felső határfeltételként az ECMWF [11]<sup>18</sup> és a ZAMG<sup>19</sup> 6 napos meteorológiai hőmérséklet és csapadék-előrejelzéseit, alsó peremfeltételként<sup>20</sup> pedig az OVSz 6 napos hidrológiai előrejelzéseit használja, eredményei pedig a folyóhálózat meghatározott szelvényeiben órás időbeni felbontással számított vízhozamok és vízszintek 144 órás időelőnyel, óránkénti frissítéssel.



3. ábra

*2D előntésmodell a Rába Sársvár alatti szakaszán (a szerző szerkesztése [13] alapján)*

A modell egy-egy helyi változata a két igazgatóság szakértői számára biztosítja a központi előrejelzéstől gyakorlatilag független előrejelzési forgatókönyvek elemzését is [9].

A modell 2011-es üzembe helyezése óta összegyűlt működési tapasztalatok azt mutatják, hogy a modellrendszer a Rába dombvidéki vízgyűjtőin kielégítő pontossággal működik, azonban a síkvidéki szakaszokon több bizonytalansággal terhelt. Ilyenek például a medrek levezetőképességének évszakos változásai vagy az ellapulás alul-/felülbecslése a nyílt ártéren.

Már a ProRaab(a)-modell fejlesztése, illetve az azóta eltelt csaknem egy évtized árvízvédelmi célú vizsgálatai és projektjei során elkészült a Rába magyarországi nyílt árterés szakaszának Körmen–Sársvár kétdimenziós előntésmodellje is, aminek segítségével az egyes árvízi események völgyi kiöntései szimulálhatók, ekkor azonban még nem képezte az előre jelző rendszer részét [12]. Ugyancsak kétdimenziós hidrodinamikai modell támogatással készült el a Rába völgyének nagyvízi mederkezelési terve (NMT), amely az árvízi levezetőképesség javítását célzó intézkedések tervezését szolgálta [13].

A közelmúlt informatikai fejlődése, valamint a ProRaab(a)-modell időszerű felújítása mellett fogalmazódott meg annak igénye is, hogy a Rába nyílt ártéri településeinek védelme, valamint a Rába-völgy általános árvízvédelme érdekében valós

<sup>18</sup> Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központja (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts).

<sup>19</sup> Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik – Osztrák Központi Meteorológiai és Geodinamikai Intézet.

<sup>20</sup> Differenciálegyenletek megoldására az értelmezési tartomány határain meghatározott feltételek, amelyeknek ismeretében határozott egyenletrendszer oldható meg.



időben kétdimenziós [10]<sup>21</sup> modell alkalmazásával jelezzük előre a Rábán levonuló árvizek völgyi elöntéseit.

## Raab Flood 4cast – az elöntési területek összekapcsolása a Rába folyómodelljével

A ProRaab(a)-modellrendszer továbbfejlesztéseként jelenleg futó projekt „Raab Flood 4cast – Árvízi elöntési területek határon átnyúló időbeli és térbeli előrejelzése az árvíz- és katasztrófavédelem bevetési tervezésének támogatásához” címmel nyert támogatást az INTERREG V-A Ausztria–Magyarország 2014–2020 Együttműködési Program keretén belül.

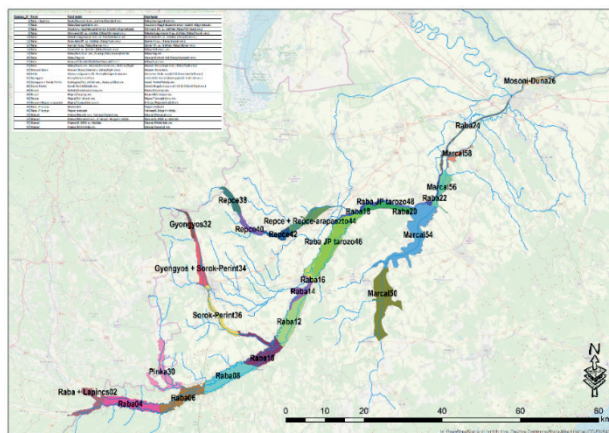
A projekt alapvető célja a ProRaab(a)-modellrendszer geometriai (folyómeder- és völgygeometria friss felmérése) és hidraulikai (új modellkalibráció, műtárgyak üzemrendi jellemzőinek beépítése) felújítása, a jelenlegi modellrendszer szükségyszerűen elvégzendő karbantartása okán is. Ezen túlmenően azonban az előre jelző rendszer koncepcionális átalakítása is tervezett. A jelenlegi egy előre jelző központ (Graz) helyett osztrák és magyar előre jelző központ kialakítását irányozták elő; a meglévő grazi mellett Magyarországon, az Országos Vízügyi Főigazgatóság szerverfarmján helyezik el a vízgyűjtő magyar szakaszának hidrológiai előrejelzéseit meghatározó modellrendszert. A tervezett egységes rendszer továbbra is a teljes vízgyűjtőre értelmezett, azonban a magyar oldali vízgyűjtőket a felújított 1D hidrodinamikai modell számítja, mégpedig az osztrák 1D-modellből a határszelvényben, illetve a közösen meghatározott átadási ponton felső peremfeltételként átvett vízhozam-idősorral meghajtva. A ProRaab(a)-modellhez hasonlóan ez esetben is megmarad a helyi scenáriók futtatásának lehetősége az előre jelző rendszert használó szombathelyi és győri vízügyi igazgatóságok specifikus igényeinek megfelelően. A rendszer segítségével becslések végezhetők regionális és helyi szintű árvízi eseményekre, alapját képezve ez által az élet és anyagi javak, illetve az infrastruktúra hatékonyabb védelmének. A kialakítandó rendszer hatékony döntéstámogató eszközként is használható lesz az árvízi károk megelőzésében az árvízi kockázatok csökkentésével kapcsolatban.

A felújított modellstruktúra igényeinek megfelelően a magyarországi vízgyűjtők csapadéklefolyás modelljeivel bővül a modellrendszer, ami magában foglalja a csapadék-előrejelzés feldolgozásának fejlesztését, valamint a hóolvadási és szivárgási adatok pontosítását. Az osztrák modellrész a peremfeltételeken keresztül van hatással a magyar rendszerre, a hidrológiai előrejelzések (1D-moddellel) 18 meteorológiai ensemble [14]<sup>22</sup>-tagra készülnek adatasszimilációval és nélküle; értelemszerűen a ProRaab(a)-modellhez hasonlóan a releváns magyar oldali hidrológiai adatokat is felhasználva.

<sup>21</sup> Kétdimenziós megközelítés esetén a számított állapotváltozókat helyszínrajzilag, x és y sikkordináta mentén, mélységátlagolt értékkel számítjuk. Alapját az úgynevezett Reynolds-átlagolt sekélyvízi egyenletek jelentik, amelyek szintén az anyag- és impulzusmegmaradás törvényén alapulnak.

<sup>22</sup> Az ensemble-előrejelzés a numerikus előrejelzések bizonytalanságának kezelésére közel két évtizeddel ezelőtt kifejlesztett előrejelzési technika, amely révén valószínűségi előrejelzést kaphatunk. Alkalmazásuk során a modellanalízisnél kapott kezdeti állapottól kis mértékben eltérő, perturbált kezdeti állapotok állnak elő.

A 6 napos időelőnyű átfogó 1D hidrodinamikai modell felújítása mellett az előre jelző rendszer újszerűségét a magyarországi folyórendszer szegmentált, átlapoló 2D hidrodinamikai lefolyásmodelljei jelentik, amelyek célja az 1D-moddellel számított peremfeltételekkel meghajtva előre jelezni az árvizek okozta nyílt ártéri, illetve hullámtéri kiöntés szintjét és területi kiterjedését.



4. ábra

A Rába valós idejű 2D-modellrendszerének szegmentálása [a szerző szerkesztése]

A 2D-modellszimulációk ütemezett (batch) futtatása és publikálása a 4. ábrán látható módon a Rába magyarországi vízrendszerén szegmentált térbeli felépítéssel tervezett. A szegmentálást az operatív futásidő (4-6 óra) teszi szükségessé, figyelembe véve a 2D-moddellek átlagos számítási futásidőjét és a megjelenítéshez szükséges automatikus utófeldolgozási folyamatok időigényét is. A 2D-moddellek végeredményként az egyes számítási szakaszokra és ensemble-tagokra egyesített georeferált raszteres állományokat eredményeznek az elöntés mélységmezőjéről.

A felépítendő informatikai rendszer a meglévő DHI MIKE Flood Watch & MIKE 11 szoftveres rendszeren alapul, e szoftverek szükség szerinti frissítésével vagy cseréjével, szinkronban az Ausztriában alkalmazott szoftverekkel.

Nyilvánvaló, hogy a 2D-moddellek lefutásának feltétele a folyóhálózati modell kifolyási peremén vízhozam érkezése a modellbe, így természetesen árvízi időszakon kívül a 2D-moddellek nem adnak eredményt. Az elöntéstérképeket összesen 3 hozzáférési szinten tervezik megjeleníteni. Ennek oka, hogy a civil lakosság veszélyérzékelése szempontjából egy előre jelzett árhullám várható elöntéseinek megjelenítése és közreadása a szakmai igényeken túl meglehetősen összetett morális és pszichés kérdés is, és csak megfelelő szakmai kontrollt követően tehetők közzé a várható elöntések helyszínrajzai. A publikálásra szánt georeferált raszteres állomány, amely az elöntés mélységmezőit (m), és a vízszintmagasság-mezőket (mBf) tartalmazza, az összesen 27 db modellszegmens illesztett eredményállományából tevődik össze, és tartalmazza az ensemble-futtatások során meghatározott legvalószínűbb elöntés eredményét, illetve az ensemble-szélsőértékekből meghatározott elöntésmezőket. Az elöntéstérképen

georeferált raszteres elöntési állományok jelennek meg, amelyek szegmensenként, folyónként és vízgyűjtőnként is lekérdezhetők dinamikus módon, akár animáltan is.

## Következtetések

A folyó történelmi árvizeinek példáján keresztül láthattuk, hogy a Rába teljes vízgyűjtőjén a levonuló árvizek a múltban is, és napjainkban is jelentős kihívás elé állították, illetve állítják az árvízi védekezés felelőseit csakúgy, mint az érintett térség lakosságát, és kiemelt környezetbiztonsági kockázatot jelentenek.

E kockázat csökkentését célzó intézkedések már az 1970-es években jelentős volumenűek voltak, a folyószabályozási és árvízmentesítési munkák során. A 2011 óta üzemelő automatikus árvízi riasztórendszer a folyó magyarországi felső szakaszán jó eredményeket produkál az érkező árvizek korai előrejelezhetősége terén, azonban a síkvidéki szakaszokon jelenleg kritika nélkül nem szabad az általa produkált eredményeket figyelembe venni. A várhatóan 2019 végére üzembe helyezendő továbbfejlesztett riasztórendszer a felújított geometriai és hidrológiai adatbázissal, friss kalibrációkkal és az átalakított modellstruktúrával javíthat e szakasz eredményein is.

A valós idejű 2D-modellek alkalmazása új dimenziót nyithat hazánk árvízvédelmi célú döntéstámogató rendszereiben, mivel nem kevesebbre vállalkozik, minthogy 4 órás időlépcsőben – valós időben – adjon számszerűsített információkat egy-egy árhullám várható elöntéseiről, számszerűsítve annak térbeli kiterjedése bizonytalanságát is. A kialakítandó megjelenítési és jogosultsági rendszeren keresztül az árvízvédelemért és a katasztrófavédelemért felelős szervezetek ezen információk birtokában megalapozottabb döntést tudnak hozni a nyílt ártéri települések védelmének tervezése vagy a Sárvár alatt kijelölt szükségátározók [1]<sup>23</sup> üzemeltetési kérdéseivel kapcsolatban.

Bár a Rába alsó szakaszán – ahol az árvízi elöntésekből fakadóan jóval jelentősebb károk származhatnak – már az 1965-ös árvizeket követően jelentős töltésfejlesztési munkák zajlottak, és napjaink árvízi veszélyeztetettsége elmarad az 1965 előtti időszakétól, az árvízveszély tudatával mindmáig együtt kell élnie a térség lakosságának. A Rába torkolati szakaszán jelenleg további környezetbiztonsági kockázatot jelent a Duna árvizeinek visszaduzzasztó hatása, amely a Kisalföld lapos, kisesésű vidékén, a Rába mellett a Mosoni-Duna mentén is jelentős területeket veszélyeztet. Ezt a veszélyeztetettséget a jelenleg kivitelezés alatt álló Mosoni-Duna torkolati mű elkészülte és üzembe helyezése fogja megnyugtató módon rendezni.

Az árvízi riasztórendszer üzembeállításával a Rába töltésezett szakaszain a védekezési időelőny – itt természetesen a felkészülés időelőnyét kell érteni – számottevően növekedhet, mivel egyes árvízi események már az előre jelzett csapadéktevékenységből becsülhetők, természetesen nem figyelmen kívül hagyva a meteorológiai modellekben rejlő bizonytalanságokat.

<sup>23</sup> Árvízi szükségátározó: vízfolyások, folyók mentén kijelölt, magas partokkal, töltésekkel övezett szükség szerint vízbevezető és -elvezető műtárgyakkal ellátott terület, amelyet az áradó vízből töltenek fel az árhullám mérséklése céljából. Árvízmentes időszakokban az árvízi szükségátározó területén leginkább mezőgazdasági tevékenységet (legeltetést, növénytermesztést), illetve erdőgazdálkodást folytatnak.

## Hivatkozások

- [1] Országos Vízügyi Főigazgatóság, „Vízrajzi fogalomtár,” *Országos Vízügyi Főigazgatóság*. [Online]. Elérhető: [www.ovf.hu/hu/vizrajzi-fogalomtar](http://www.ovf.hu/hu/vizrajzi-fogalomtar) (Letöltve: 2019. 03. 05.)
- [2] Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, „Jelentős vízgazdálkodási kérdések/ problémák azonosítása a Rába vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegységen,” *Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság*, 2007. [Online]. Elérhető: [www.nyuduvizig.hu/upload/1.1.4.Raba\\_kesz-bovitett.PDF](http://www.nyuduvizig.hu/upload/1.1.4.Raba_kesz-bovitett.PDF) (Letöltve: 2019. 03. 02.)
- [3] Országos Vízügyi Főigazgatóság, „Magyar Hidrológiai Adatbázis (Egységes online hidrológiai adattároló és adatfeldolgozó rendszer),” Budapest, 2015. [Online]. Elérhető: <http://cl2.vizugy.hu/wsmahab/teszt/service1.svc> (az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság belső informatikai hálózatából elérhető)
- [4] L. Sütheő, „A Rába nagyobb árvizei és a folyó Sárvár alatti szakaszának ártér-fejlesztése 1870-1930,” *Vasi Szemle*, 66. évf. 2. sz., pp. 193–211, 2012.
- [5] F. Dunai, *Rába-folyó nagyvízi hidrológiai tanulmánya a töltésezett szakaszon*. Győr: Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, 1980.
- [6] F. Kleininger és Z. Eöry, *Az 1965. évi árvíz az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság területén – Hidrológiai összefoglaló*. Győr: Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, 1966.
- [7] J. Katona, B. Gyüre, G. Kerék és J. Ficsor, „2013. júniusi Duna-árvíz meteorológiai és hidrológiai értékelése,” Magyar Hidrológiai Társaság XXXI. Országos Vándorgyűlése, 2013. [Online]. Elérhető: <https://docplayer.hu/11975752-2013-juniusi-duna-arviz.html> (Letöltve: 2019. 03. 02.)
- [8] „Rába árvízi modell magyarországi szakaszának megvalósítása, zárójelentés,” 2011. november 30. [Online]. Elérhető: <https://docplayer.hu/1452132-Zarojelentes-raba-arvizi-elorejelzo-modell-magyarorszag-i-szakaszanak-megvalositasa-2011-oktober-30.html> (Letöltve: 2020. 01. 29.)
- [9] J. Ficsor és I. Juhász, „Árvízi előrejelzés korszerűsítése a Rábán és a Murán,” Magyar Hidrológiai Társaság XXX. Országos Vándorgyűlése, 2012. [Online]. Elérhető: [www.researchgate.net/publication/305441653\\_Arvizi\\_elorejelzes\\_korszerusitese\\_a\\_Raban\\_es\\_a\\_Muran](http://www.researchgate.net/publication/305441653_Arvizi_elorejelzes_korszerusitese_a_Raban_es_a_Muran). (Letöltve: 2019. 03. 07.)
- [10] T. Krámer, P. Bakonyi, S. Baranya, J. Józsa, G. Keve és E. Napoli, *Vízrendszerek modellezése, Segédlet a BME Építőmérnöki Kar hallgatói részére*. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2012, p. 116.
- [11] Országos Meteorológiai Szolgálat, „ECMWF modellek alkalmazása,” *Országos Meteorológiai Szolgálat*, [Online]. Elérhető: [www.met.hu/omsz/tevekenysegek/ecmwf/](http://www.met.hu/omsz/tevekenysegek/ecmwf/) (Letöltve: 2019. 03. 01.)
- [12] P. Somogyi és L. Sütheő, „Szerver a gáton,” *Mérnök Újság*, 18. évf. 10. sz., pp. 31–32, 2011.
- [13] Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék – SOLVEX Kft., *Nagyvízi mederkezelési terv Rába, 01NMT08 (egyeztetési terv)*, 2014. [Online]. Elérhető: <https://docplayer.hu/19774086-Nagyvizi-mederkezesi-terv-01-nmt-08-egyeztetesi-terv.html> (Letöltve: 2019. 03. 01.)

- [14] Országos Meteorológiai Szolgálat, „A valószínűségi időjárás-előrejelzés alapjai,” *Országos Meteorológiai Szolgálat*, [Online]. Elérhető: [www.met.hu/ismertetok/Valoszinusegi\\_eforejelzes\\_alapjai.pdf](http://www.met.hu/ismertetok/Valoszinusegi_eforejelzes_alapjai.pdf) (Letöltve: 2019. 03. 08.)
- [15] Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, „Grafikus segédlet a Rábai árvízi tetőző vízhozamok előrejelzésére,” (A teljes dokumentáció az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság műszaki tervtárában [9021, Győr Árpád út 28–32.] hozzáférhető.)