



A szigetközi hullámtér szárazföldi élőhelyei hosszútávú változásainak elemzése szimulációs modell segítségével

GUBÁNYI András¹ , GERGELY Attila² , WOHLFART Richárd³ , HAUBERGER Gábor⁴,
 GOMBÁS Károly⁴, SIMON Gabriella⁴, KRÁMER Tamás⁵ , BARTAL Gergő⁴, FÜLE László⁶,
 VÉRTESY László⁷ , NÉMETH József⁴, LÁNG István⁸

¹Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 1088.
 Baross u. 13., email: gubanyi.andras@nhmus.hu

²Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Diszkrétészeti Int., Tájvédelmi és
 Tájrehabilitációs Tsz., 1118 Bp., Villányi út 29–43. email: gergely.attila@uni-mate.hu

³Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Műszaki Mechanikai Tanszék
 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 5., email: wohlfart@telemetry.hu

⁴Észak-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság
 9021 Győr, Árpád út 28–32., email: info@eduvizig.hu

⁵Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék
 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 5., email: kramer.tamas@emk.bme.hu

⁶Víziterv Environ Kft., 4400 Nyíregyháza, Széchenyi u. 15., email: fulelaszlo@environ.hu

⁷Btix Kft. 1021. Budapest, Kurucsi út 33a., email: vertesy.laszlo1@gmail.com

⁸Országos Vízügyi Főigazgatóság, 1012 Budapest, Márvány u.1/D., email: lang.istvan@ovf.hu

Kulcsszavak: élőhely-rehabilitáció, szukcesszió, modellezés, differenciálegyenlet, Duna

Összefoglalás: A Mosoni-Duna által határolt mintegy 375 km² kiterjedésű Szigetköz egyedül-
 álló geomorfológiai és hidrológiai képződmény, a folyam által létrehozott „szárazföldi delta”
 arculatát és élővilágát a Duna 1992-es elterelése jelentősen módosította. Az elmúlt 15 év során
 keletkezett alapadatok és a vízpótlásra vonatkozó elképzelések függvényében egy szimulációs
 modell segítségével elemeztük a szigetközi hullámtér szárazföldi élőhelyeinek lehetséges vál-
 tozását 50 éves időleptékben. A modellben az élőhelytípusok átalakulásai differenciálegyenle-
 tekkel kerültek leírásra, az ártérben a talajvízszint-ingadozás a szukcessziós folyamatok irá-
 nyának legjelentősebb háttér tényezője, amely a szimulációba is beépítésre került, továbbá en-
 nek függvényében új élőhelytípusok kialakulását is támogatta az algoritmus. A szimulációt az
 1995 és 2021 között a vegetációs időszakokra meghatározott vízhozamprofilok vezérelték és az
 50 éves szimuláció ismétléseinek száma minden egyes scenárió esetén 200 volt. A vegetáció
 átalakulásának szimulációs modelljében két kiindulási állapot vizsgálatára került sor: 1) ma-
 rad a jelen állapot, azaz nincs jelentős vízügyi beavatkozás; 2) vízügyi beavatkozásokkal szá-
 molunk. Az eredmények tükrében a szukcessziós folyamatok irányát a tervezett vízügyi be-
 avatkozásokkal megváltoztatni nem lehet, de azok jelentősen lassíthatók és megmaradnak a

hullámtérre jellemző puhafás állományok, szemben a jelen állapot állandósulásával, melynek esetében a hullámtér nagy részét keményfás erdők fogják benépesíteni. A beavatkozások másik jelentős hozadéka lehet, hogy létrejönnek ártéri legelők, amelyek összhangban vannak a Szigetköz természetvédelmi kezelési tervében megfogalmazottakkal.

Bevezetés

A Duna és a Mosoni-Duna által határolt mintegy 375 km² kiterjedésű Szigetköz arculatát és élővilágát a Duna és ágrendszere alakította ki, formálta és tartotta fenn. A múlt század végén (1886–1896) végzett folyamszabályozás gyökeresen átalakította a táj arculatát. Ennek ellenére a Szigetköz sok elemét megőrizte hajdani élőhelyegyütteseinek, természeti értékeinek, és továbbra is a Kárpát-medence egyik kiemelkedő jelentőségű vizes élőhelykomplexumát foglalj(t)a magában. A Szigetköz kiemelkedő értéke, hogy mind a növényzet, mind az állatvilág sajátos mozaikos formában fordul elő.

A Duna 1992-ben történt elterelése a folyam által létrehozott „szárazföldi delta” arculatát és élővilágát is jelentősen módosította. Jelentős vízügyi beavatkozások történtek a természeti károk mérséklésére. A Felső-Szigetközi Vízpótlórendszer kialakítását és a 2014-től az Alsó-Szigetközi Vízpótlórendszer üzembe helyezését követően is csak részleges megoldásról beszélhetünk. Az elmúlt 15 év során számos rehabilitációs változat született a hullámtér, illetve a mentett oldal vízháztartási problémáinak további mérséklése és a kérdéskör komplex vizsgálatára. A közös magyar-szlovák stratégiai környezeti vizsgálat keretében (Ijjas et al. 2010) az egyes változatok megvalósíthatóságának elemzése kiterjedt a természeti rendszer értékelésére, a terület folyószabályozásának és földhasználatának történetére, a visszafordíthatatlan változások, kényszerek, terhelések és hatások elemzésére, a jelenlegi helyzet hiányosságainak értékelésére, a figyelembe veendő jogi kötelezettségekre, az érintett érdekek és a környezeti célkitűzések ismertetésére, a lehetséges rehabilitációs intézkedések vizsgálatára és előzetes értékelésére. Ezt követően került előterjesztésre egy un. revitalizációs javaslat a szlovák fél részéről, amelyet érdemes volt ismételtelen egy részletesebb elemzés tárgyává tenni. Ezen változat részletes leírása az Insula Magna projekt dokumentációjában (<https://insulamagna.sze.hu/letoltesek>) megtalálható és további 3 fenékküszöb elhelyezését javasolja a régi főmederben a kereszt- és hosszirányú átjárhatóság továbbfejlesztése mellett, beleértve a Duna mindkét-oldali árterének összekötését is. A vizsgálat célja a Szigetköz hullámtéri szárazföldi élőhelyei változásának modellezése 50 éves időléptékben eltérő vízügyi beavatkozások függvényében.

Anyag és módszer

Az alapmodell leírása és elméleti háttere Ijjas et al. 2010 és Gubányi et al. 2012 munkáiban ismertetésre került. A jelen vizsgálathoz ennek a modellnek egy kiterjesztett változatát használtuk fel. A modell 25×25 méteres cellamérettel került kidolgozásra.

A hullámtéri vegetáció fejlődése szempontjából a talajvíz szintjének változása meghatározó jelentőségű, így az egyes vízhozamok által kiváltott talajvízszint és annak éves, illetve hosszútávú alakulása lényegesen befolyásolja az adott területen fejlődő növényzeti típust. Biológiai szempontból kéthetes periódusoknál kisebb léptékben nem igazán értelmezhető a talajvíz hatása, ezért a vegetációs időszakban az éves vízprofilok is ennek alapján lettek kéthetes időszakokra átlagolva.

A vegetációs időszakban a vízügyi adatok alapján nyolc mesterséges vízhozamérték (265, 425, 530, 640, 890, 950, 1250, 3000 m³/s) került meghatározásra. A vízhozamok gyakorisága alapján a hullámtéri szakasz leginkább a 425, az 530 és a 640 m³/s-os vízhozamértékekkel írható le. A talajvízszint változás meghatározásához 1-2D hidrodinamikai- és 3D talajvízmodelleket használtunk fel, amelynek celladatait az élőhelyszimulációs modell az idő függvényében folyamatosan figyelembe vette.

A szimulációt a modellben a vegetációs időszakra 1995-től 2021-ig meghatározott éves vízszintprofilok vezérelték. Ezeket évről évre randomizáltan használtuk, amelyet egy véletlenszám-generátor állít elő 50 évre előre. Az 50 éves szimulációt minden egyes scenárió esetén 200 szoros ismétléssel végeztük el.

A vegetáció kiinduló alapállapota a 2018-ban terepi bejárásokkal és távérzékelési módszerekkel a Duna szigetközi szakaszán az országhatár és a medvei híd között elterülő hullámtéri területen elkészített élőhelytérkép volt.

Az alapállapotra (jelenlegi állapot = VA) és a tervezett vízügyi beavatkozásokra (1+3 fenékküszöb = V3) is három-három scenáriót vizsgáltunk:

1. A jelenlegi erdőgazdasági tevékenység mellett hogyan változik a terület vegetációja;
 2. A jelenlegi erdőgazdasági tevékenység és a klímahatás mellett hogyan változik a terület vegetációja;
 3. A hullámtérre jellemző puhafaliget állományok megtartását célzó hullámtéri gazdálkodási tevékenység és klímahatás mellett hogyan alakul át a terület vegetációja.
- Az erdőgazdálkodással nem érintett területeken a vegetáció átalakulása a modellben a természetes szukcessziós folyamatokat követi.

A hullámtéri erdőgazdálkodás esetén szuboptimális körülmények esetén is hazai nyaras állományok telepítésével számolunk szemben a jelenlegi gyakorlattal a Szigetközben, ahol az erdőgazdálkodási tervekben keményfaültetvények telepítése szerepel.

Az erdőgazdálkodással nem érintett területeken a vegetáció átalakulása a modellben a természetes szukcessziós folyamatokat követi. A V3-as változat esetén beépítésre került a modellbe a Nagyvízi Mederkezelési Terv alapján a zátonyoktrás hatása, a levezető sávok kialakítása és a mellékágak kotrása is a hullámtérben.

Az értékelés a szimulációs modell által számított, a hullámtérre élőhelyenként összesített területi adatok alapján készült.

Eredmények és értékelésük

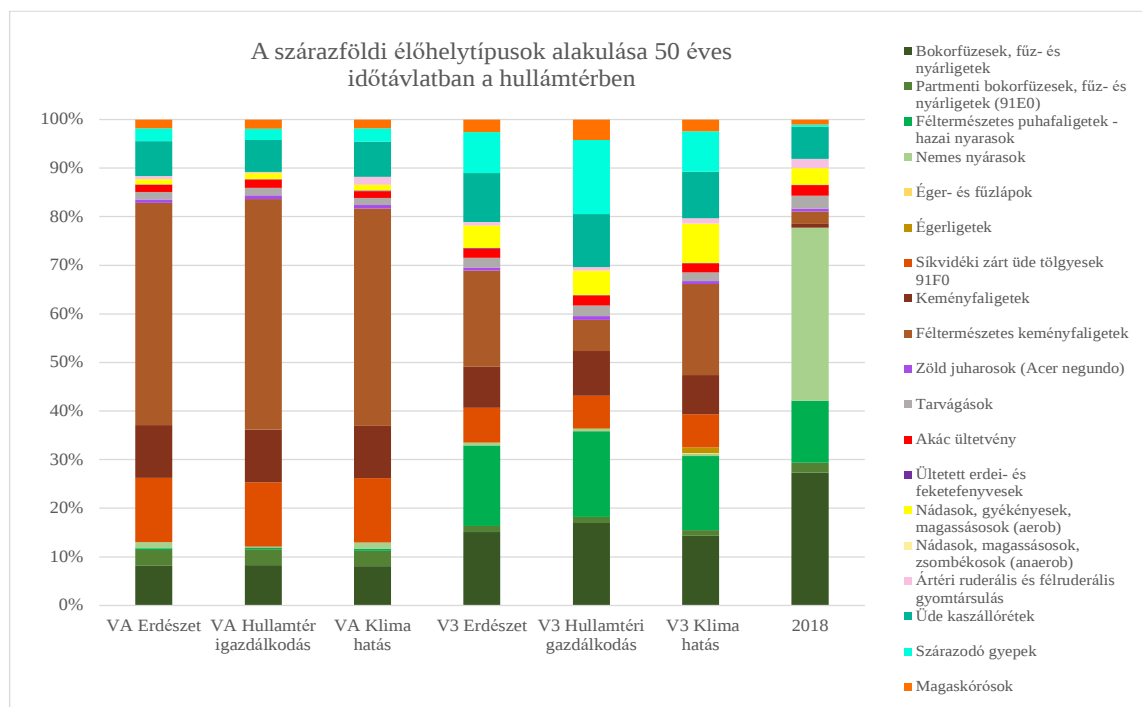
Kedvező, vagy elfogadható változásként értékelhető a folyóparti alacsony ártéri szukcesszióra jellemző természetes és féltermészetes élőhelyek arányának növekedése vagy fennmaradása (bokorfüzesek, fűz- és nyárligetek, nádasok, gyékényesek, magassásosok, paleopotamon, ártéri ruderalis és félruderalis gyomtársulások, pleisopotamon, éger- és fűzlápok, égerligetek, nemesnyaras és hazai nyaras ültetvények).

Kedvezőtlen folyamatként minősíthető a folyóparti magas ártéri szukcesszióra jellemző természetes és féltermészetes élőhelyek arányának növekedése (ültetett féltermészetes keményfaligetek, síkvidéki zárt üde tölgyesek, szárazodó gyepek, zöld juharosok).

Átmeneti élőhelynek minősülnek azok, melyek kizárólag antropogén beavatkozásokra alakulnak ki, illetve maradnak fenn, de a kezelések elmaradásával a természetes (spontán) folyamatok következtében visszaszorulnak (üde kaszálórét, magaskórósok, tarvágások, vágáscserjések).

Az értékelés a szimulációs modell által számított, a hullámtérre élőhelyenként összesített területi adatok alapján készült. Az alapállapot és a vízügyi beavatkozások hatásának értékelésekor figyelembe kell venni, hogy a zátony- és mederkotrás következményeként szárazföldi élőhelyek vizes élőhelyekké alakulnak át, így a vegetációval borított területek aránya abszolút értékben csökken.

A hat szimulációs változat eredményeinek összesítését az 1. ábra tartalmazza.



1. ábra. A szárazföldi élőhelytípusok alakulása a VA és a V3 változat esetén
 Figure 1 Development of terrestrial habitat types for VA and V3 versions

Lényeges különbség figyelhető meg a fásszárú vegetáció változásában a VA és a V3 változat esetében. A hullámterekre jellemző puhafás állományok jelentősen visszaszorulnak a VA esetében, mivel az erdészeti ütemtervekben rendre már keményfa ültetvényeket fognak létrehozni azokon a területeken, ahol a termőhelyi adottságok megengedik. A V3 esetében a magasabb talajvízszintek hatására az erdőtelepítési ütemtervek a megváltozott talajvízszintekhez igazodva a keményfa ültetvények telepítését már mérsékeltebben fogják előírni. A hullámtéri gazdálkodás scénárió esetében pedig már nagyrészt csak hazai nyaras állományokkal történik az újratelepítés. A hullámtéri gazdálkodás scénárió esetében megfigyelhető a legeltetésre alkalmas területi arányának jelentős növekedése is. A klímahatás a V3 változat esetében tovább erősíti a vegetatív módon terjedő fajok előretörését, így a nádasos, gyékényes, magassásos élőhelyfoltok területe többszörösére fog növekedni a hullámtérben a vizsgált ötvenéves távlatban. A V3 esetében az anaerob szukcesszió eredményként létrejönnek olyan élőhelyek, amelyek jelenleg a hullámtérben nem találhatók meg, így megjelennek az éger- és fűzlápok, továbbá az égerligetek is. Ezek természetvédelmi szempontból is értékes ún. Natura 2000 jelölő élőhelyek.

A vegetációs modellel készített 50 éves szimuláció eredményei alapján markáns különbség jelentkezik a tájléptékű összehasonlítás esetében a VA és V3 változat esetében. A bokorfűzesek, a fűz- és nyárligetek, a nádasok, gyékényesek, magassásosok, a paleopotamon, az ártéri ruderalis és félruderalis gyomtársulások, a pleisopotamon, az éger- és fűzlápok, az égerligetek

és a nemesnyáras és hazai nyaras ültetvények, mint kedvező élőhelytípusokat figyelembe véve a V3 változat mindhárom scenáriója több mint kétszeresen felülmúlta területi arányaiban a VA változatot. Így a folyóparti alacsony ártéri szukcesszióra jellemző természetes és féltermészetes élőhelyek aránya a vízügyi beavatkozások, az erdészeti kezelések, illetve a természetes szukcessziós folyamatok együttes (V3 változat) hatása hosszútávon kedvezőbb képet mutat, mint a vízügyi beavatkozások nélküli állapot (VA) fenntartása.

A tervezett vízügyi beavatkozások (V3 változat) a jelenleg a vegetációs időszakban átadott vízhozamokkal a szárazodási folyamatok irányát megfordítani nem tudják, de jelentősen képesek azt mérsékelni, hozzávetőlegesen 50 százalékkal lassítják a hullámtér alacsony ártéri szárazföldi vegetációjának átalakulási folyamatait, így a beavatkozás pozitív hatása jelentősnek mondható.

A fásszárú vegetáció esetén a VA változat esetében a puhafa-keményfa arány 50 éves távlatban az ellenkezőjére fordul. A V3 változat esetében viszont a levezető sávok kialakításával, illetve a zátonybontásokkal jelentősen csökken a faállomány területi nagysága. Ugyanakkor a puhafa-keményfa arány 1:1 közelében marad. A legelőként hasznosítható területek nagysága a V3 esetén akár többszörösére is növekedhet a kezeléstől (erdészeti vagy hullámtéri gazdálkodás) függően. A Natura 2000 jelölő élőhelyek nagyság a zátonybontás következtében a V3 esetén csökken, ugyanakkor szerkezete a hullámtérre inkább jellemző marad, sőt megjelennek új jelölő élőhelytípusok is.

Irodalom

- Gubányi A, Wohlfart R, Ficsor J, Gergely A, Hahn I, Krámer T, Ronkay L, Mohácsiné Simon G, Scharek P. (2012): Élőhely-szimulációs modell a szigetközi hullámtér tájrehabilitációs megoldásaira. Természetvédelmi Közlemények 18: 179–190.
- Ijjas, I., Kern, K., Kovács, Gy. (eds) (2010): Feasibility Study: The Rehabilitation of the Szigetköz Reach of the Danube, Budapest. Unpublished report, 1–326.

Simulation model to analyse longterm changes in terrestrial habitats of the floodplain in Szigetköz

A. GUBÁNYI¹ , A. GERGELY² , R. WOHLFART³ , G. HAUBERGER⁴, K. GOMBÁS⁴, G. SIMON⁴,
T. KRÁMER⁵ , G. BARTAL⁴, L. FÜLE⁶, L. VÉRTESY⁷ , J. NÉMETH⁴, I. LÁNG⁸

¹Hungarian National Museum Public Collection Centre, Hungarian Natural History Museum
1088 Budapest, Baross u. 13., email: gubanyi.andras@nhmus.hu

²Department of Landscape Protection and Landscape Rehabilitation, Institute of Landscape Architecture, Urban
Planning and Garden Art, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences
1118 Budapest., Villányi út 29–43. email: gergely.attila@uni-mate.hu

³Department of Applied Mechanics, Budapest University of Technology and Economics
1111 Budapest, Műgyetem rkp. 5., email: wohlfart@telemetry.hu

⁴North Transdanubian Directorate for Environment and Water Management
9021 Győr, Árpád út 28–32., email: info@eduvizig.hu

⁵Department of Hydraulic and Water Resources Engineering, Budapest University of Technology and Economics
1111 Budapest, Műgyetem rkp. 5., email: kramer.tamas@emk.bme.hu

⁶Viziterv Environ Ltd., 4400 Nyíregyháza, Széchenyi u. 15., email: fulelaszlo@environ.hu

⁷Btix Ltd., 1021 Budapest, Kurucsi út 33a., email: vertesy.laszlo1@gmail.com

⁸National Directorate-General for Water Management, 1012 Budapest, Márvány u.1/D., email: lang.istvan@ovf.hu

Keywords: habitat rehabilitation, succession, modelling, differential equation, Danube

The Szigetköz bordered by the Danube and Moson-Danube, covering an area of approximately 375 km², is a unique geomorphological and hydrological formation, one of the last remnants of the former European large riverine wetlands. This 'inland delta' created by the river has been significantly altered in its appearance and biota by the diversion of the Danube in 1992. Based on baseline data and ideas on water recharge over the past 15 years, a habitat simulation model was used to analyse the possible changes in terrestrial habitats in the floodplain over a 50-year time scale. In the model, the changes in habitat types were described by differential equations, with groundwater level fluctuations in the floodplain being the most important background factor for the direction of succession processes, which was incorporated into the simulation, and the development of new habitat types was also supported by the algorithm. The simulation was driven by water yield profiles defined for the growing season 1995 to 2021 and the number of iterations of the 50-year simulation was 200 for each scenario. Two initial conditions were considered in the simulation model of vegetation change: 1) status quo, i.e. no significant water interventions; 2) water interventions are expected. In light of the results, the direction of succession cannot be changed by the planned water interventions. Still, it can be significantly slowed down and the softwood stands typical on the floodplain will be preserved, as opposed to the status quo, whereby hardwood forests will populate a large part of the floodplain. Another important benefit of the interventions could be the creation of floodplain grasslands, which is in line with the nature conservation management plan for the Szigetköz.