

Élőhely-szimulációs modell a szigetközi hullámtér tájrehabilitációs megoldásaira

Gubányi András¹, Wohlfart Richárd², Ficsor Johanna³,
Gergely Attila⁴, Hahn István⁵, Krámer Tamás⁶,
Ronkay László¹, Mohácsiné Simon Gabriella³
és Scharek Péter⁷

¹ Magyar Természettudományi Múzeum, Gyűjteményi és Kutatási Tudásközpont,
Budapest, 1088. Baross u. 13., email: gubanyi@nhmus.hu

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Műszaki Mechanikai Tanszék,

³ Észak-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság,

⁴ Budapesti Corvinus Egyetem, Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszék,

⁵ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Növényrendszertani,
Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék

⁶ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Vízépítési és Vizgázdálkodási Tanszék

⁷ Magyar Állami Földtani Intézet

Összefoglaló: A Duna vízének 1992-es elterelése a szigetközi hullámtérben víz- és talajvízszint csökkenést eredményezett. A közös magyar-szlovák stratégiai környezeti vizsgálat keretében, a hullámtéri vízpótlórendszer-változatok hosszú távú tájleptéki hatásának vizsgálatára alkalmas szimulációs modellt dolgoztunk ki. Az egyes élőhelyek átalakulását 1. rendű 2. fokú differenciálegyenletekkel írtuk le. A modell figyelembe vette az élőhelyek jelenlegi állapotát, az élőhelyek optimális vízellátottsági jellemzőit, a talajvízszint változásokat, az élőhelytípusok (egymásba) átalakulását és annak jellemzőit, a hullámtér terep- és hidromorfológiai modelljeit és a kavicsréteg határfelületét. A peremfeltételek a következők voltak: a szimulált időszak tetszőlegesen változtatható, az erdészeti tevékenység hosszútávon nem tervezhető, a kaszálók hasznosítása folyamatos, a talajvízszint változása a legfontosabb faktor a szukcessziós folyamatban, létrejöhetnek új élőhelytípusok, a cellák közötti interakció részlegesen megengedett és a szimuláció felbontása 25x25 m-es cellanagyság. Az élőhely-szimulációs modell a történeti térképek elemzésén alapuló vegetáció vizsgálattal és a biogeográfiai alapokon nyugvó koherens zoológiai osztályozással együtt alkalmas a tájleptéki változások komplex értékelésére.

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

Bevezetés

A Duna 1992-ben történt elterelése következtében a Szigetközt érintő szakaszon (1850-1811 folyamkilométer) a főmederben a vízhozam 80-90%-kal, a

vízszint mintegy 3 méterrel csökkent. A kedvezőtlen jelenség hatásának csökkentésére 1995-től részleges megoldásként fenékküszöbvel duzzasztott víztérből kormányoznak vizet a hullámtérbe, részben természetes medrekben, részben mesterségesen kialakított csatornában. Az elmúlt két évtized során több rehabilitációs változat is született, amelyek célja a hullámtér, illetve a mentett oldal vízháztartási problémáinak további mérséklése volt. Közös magyar-szlovák stratégiai környezeti vizsgálat keretében 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. A felszíni vizek hidrodinamikai és talajvíz modellezési módszerek és szimulációs futtatások, illetve a vízi élővilágra gyakorolt hatások mellett a projekt egyik részfeladata a rehabilitációs változatoknak a hullámtér szárazföldi vegetációjára és a faunájára gyakorolt hosszú távú hatásának a prognosztizálása volt.

A kutatási projekt keretén belül az öt rehabilitációs elképzelés (SZITE, szűkítés, optimális feltöltés, mederszélesítés, meanderező (1. függelék az Online Függelékben)) kapcsán a főmederben, illetve a hullámtérben történő vízügyi beavatkozások hatásának vizsgálatára dolgoztunk ki egy a tájleptékű változások nyomon követését biztosító, a folyamat lényegét megfogó stratégia típusú modellt. Ezt az elképzelést erősítette a talajvízháztartás központi szerepének ismerete a hullámtéri vegetáció fejlődésében, illetve a meglévő, mérhető és/vagy szimulálható további háttérváltozók ismerete. Ezért az alábbi háttérfeltételek teljesülését tűztük ki elérhető célként: az élőhelytípusok lehatárolását és jelenlegi állapotának értékelését; az élőhelyek ökológiai állapotát leginkább jellemző felszíni vizek és talajvízszintek változásainak nyomon követését; az élőhelyek optimális vízellátásának meghatározását, a vegetáció vízigényét kielégítő, megfelelő talajvízszint megjelölésével; annak a szukcessziós sémának a meghatározását, amely az egyes élőhelytípusok átalakulását mutatja a vízellátás változásainak függvényében; a talaj és a kavicsréteg határfelszínének meghatározását; a hullámtér digitális felszíni modelljének (DSM) számítógépes kidolgozását; az összegyűjtött adatok analízisét egy wrapper program felhasználásával, amely képes létrehozni az élőhelyek időbeni változását szimuláló program bemeneti mátrixát (2. függelék az Online Függelékben).

Jelen tanulmányban a fenti vizsgálathoz használt élőhelyváltozásokat szimuláló modellt ismertetjük. A bemutatásra kerülő modell eredményei Ijjas *et al.* (2010) szerkesztésében készült megvalósíthatósági tanulmányban található.

Anyag és Módszer

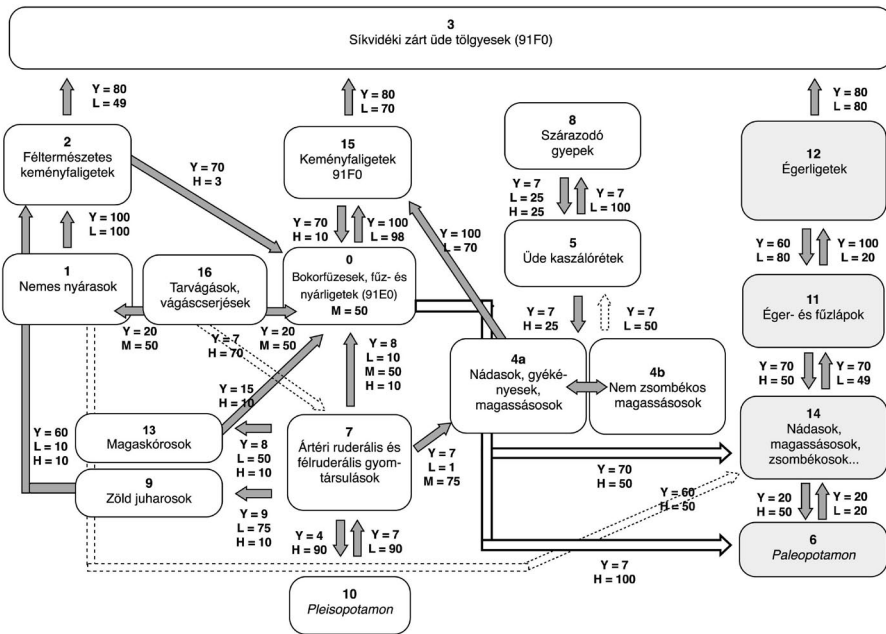
Élőhelyek jelenlegi állapotának értékelése, az élőhelytípusok lehatárolása, szukcessziós séma

Az élőhelyek térbeli eloszlásának kezdeti viszonyait a Vituki-Argos által 2008-ban készített nagy felbontású, infravörös légifelvételek, korábbi növényterképezési és kiegészítő terepi bejárások adatainak a felhasználásával határoztuk meg (Gergely *et al.* 2001, Hahn *et al.* 2011, Kevey 2004a, Kevey 2004b, Kevey 2004c, Simon *et al.* 1993, Zólyomi 1937). Az élőhelyek feltérképezése során alkalmazott módszer alapját az Á-NÉR (Általános Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer) képezte (3. függelék az Online Függelékben). Az Á-NÉR kategóriákat a szimulációs modell által használt szukcessziós séma számára 17 aggregált élőhelytípus kategóriába vontuk össze. Az egyes élőhelyek (egymásba) átalakulását bemutató séma (1. ábra) kialakításakor a következő általános szempontokat vettük figyelembe: A változások lehetnek (1) természetes (spontán), vagy (2) antropogén (kezelésfüggő) eredetűek, amelyek (3) a szárazodás vagy a (4) vizesedés hatására jönnek létre. A változások sebességére (időtartamára) jellemző, hogy (5) a vízhatású élőhelyek szukcessziója általában gyorsabb, mint a szárazaké, és hogy (6) a regeneráció általában hosszabb időt vesz igénybe, mint a degradáció.

Felszíni vizek és talajvízszint-változások modellezése

Minden egyes rehabilitációs változat műszaki paraméterei beépítésre kerültek a modellekbe és a diszkrét vízhozam értékekkel kerültek futtatásra. A kisvízi vízjárások esetén a vízhozam explicit módon megosztásra került a főmeder és a magyarországi hullámtéren lévő mellékágak között (200 + 40, 350 + 80, 550 + 120, 750 + 120 m³/s).

A Szigetköz hullámtérének felszíni vizeire készült hidrodinamikai modellek közül a kétdimenziós közelítés (MIKE 21 FM) eredményeit (Józsa *et al.* 2009) használtuk fel a bemeneti mátrix alapadataihoz. Ez a modell a hullámtéri elárasz-



1. ábra. A szukcessziós átmenetek sémája és az összevont élőhelytípusok átmeneti mátrixának adatai (fehér szaggatott nyíl: kezelésfüggő változások, fekete keretes nyíl: modellezett aerob-anaerob átmenet, sötétszürke nyíl: a modellezett átalakulások iránya, Y: A változások időskálája; átalakulási idő években, L: A vegetációs időszak hány százalékában kell a talajvízszintnek az adott élőhely esetében az optimális érték alatt maradnia, hogy az átalakulás az adott élőhelyből egy másikba elinduljon, M: A vegetációs időszak hány százalékában kell a talajvízszintnek az adott élőhely esetében az optimális értéken belül maradnia, hogy az adott élőhely ne alakuljon át, H: A vegetációs időszak hány százalékában kell a talajvízszintnek az adott élőhely esetében az optimális értéken felett maradnia, hogy az átalakulás az adott élőhelyből egy másikba elinduljon).

tások számítását szolgálta, amivel aztán elemezhető volt az időszakos és állandó víztetek kialakulása és kapcsolódása.

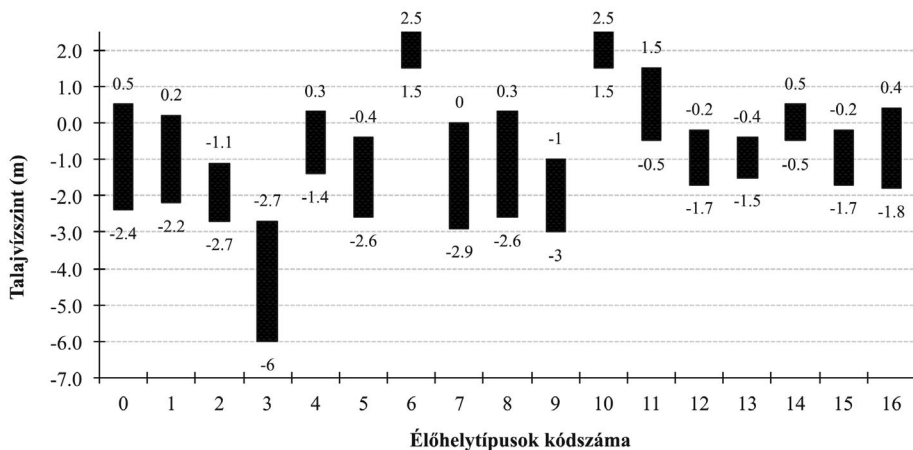
A felszínalatti vizek különböző változatoknál várható reagálásához a Visual Modflow 4.2 verzióját alkalmaztuk (Janák *et al.* 2009). Ebben a 3D talajvízmodellben a külső peremfeltételként az 1D hidrodinamikai folyómodellel (MIKE 11) kapott felszínörbékét használtuk. Azokban a cellákban, ahol magasabb vízhozam esetén a talajvíz szimulált szintje elérte a felszínt, a 2D hidrodinamikai modell adatait használtuk.

Hullámter digitális felszínmodell

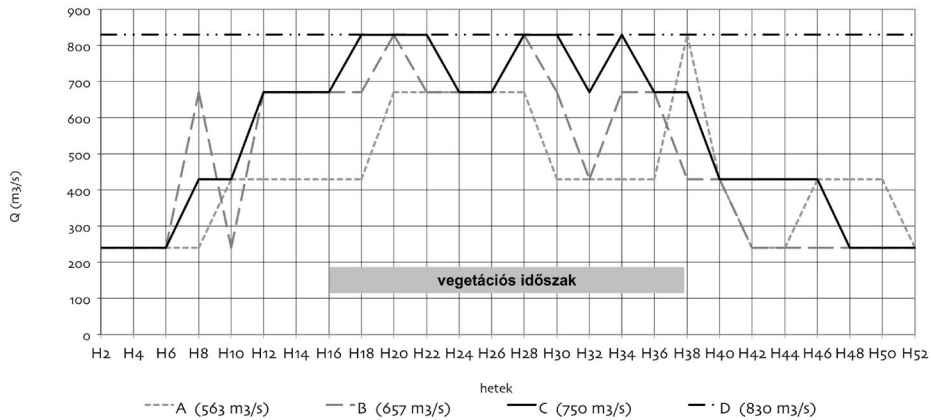
A Szigetköz hullámterének digitális domborzati modellje geodéziai adatok (keresztmetszvények, hullámterei mérések, főmeder szondázás) valamint az egész területről készített légifelvételek feldolgozásán alapult (Józsa *et al.* 2009).

Éves vízhozam-profilok

A további számításokhoz négy különböző éves vízhozam-profilot hoztunk létre és teszteltünk. A négy eltérő éves vízhozam profilok lefutásának kialakításánál figyelembe vettük az elmúlt 10 év hidrológiai adatsorát, valamint a szárazföldi élőhelyek ökológiai vízigényét (2. ábra). Az „A” és „B” típusú profilok a 2007-es és a 2005-ös évet térképezték le, ahol az összes vízhozam minimális, illetve maximális értékeket mutat. A „C” típus számításánál a szárazföldi élőhelyek vízigényének elméleti dinamikáját vettük figyelembe. A negyedik esetben („D” típus) a felszínalatti vizek modellezésénél használt legmagasabb vízhozamot alkalmaztuk (3. ábra). Vegetációs időszaknak az április 15. és október 15.



2. ábra. A talajvízszintek optimális tartománya a hullámterei szárazföldi élőhelytípusonként (0: bokorfüzesek, fűz- és nyárligetek 91E0; 1: nemes nyárasok; 2: féltermészetes keményfaligetek; 3: síkvidéki zárt üde tölgyesek 91F0; 4: nádasok, gyékényesek, magassásosok; 5: üde kaszálóréttek; 6: paleopotamon; 7: ártéri ruderális és félruderális gyomtársulások; 8: szárazodó gyepek; 9: zöld juharosok; 10: pleisopotamon; 11: éger- és fűzlápok; 12: égerligetek; 13: magaskórósok; 14: nádasok, magassásosok, zombékosok / láposodó; 15: keményfaligetek 91F0; 16: tarvágások, vágáscserjések).



3. ábra. Az analízisek során alkalmazott éves vízhozam-profilok (a szürke színű terület a vegetációs időszakot jelöli).

közötti periódust tekintettük. A vízhozam-változások dinamikája kéthetes bontásban került kialakításra.

Optimális vízellátás élőhelytípusonként

Az egyes aggregált élőhelytípusok talajvízszintjének eloszlási gyakoriságát az élőhely-térképezéséből származó adatok és felszínalatti vizek modellezéséből származó adatok alapján határoztuk meg a főmeder és a magyar mellékágak között megoszló 870 m³/s vízhozamra vonatkoztatva. Egy adott élőhelytípusra vonatkozó optimális tartomány meghatározásához az eloszlási görbe 70-75%-os tartományát vettük figyelembe (2. ábra, 4. függelék az Online Függelékben). Az optimális tartomány alsó és felső határértékeit használtuk fel az ezt követő élőhely-változásokat szimuláló program bemeneti mátrixának létrehozásakor. Az előre jelzett, potenciális élőhelytípusokra vonatkozó értékeket pedig az aggregált élőhelytípusok talajvízszintjeinek eloszlási mintázatából extrapoláltuk.

Talaj - kavicsréteg határfelzín

A Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) terepi adatai és légifotó kiértékelése alapján először elkészítettük a kavicsfedő vastagsági térképét 0,50 m-es felbontásban, manuálisan. A kéziratot MicroStation95 program segítségével digitalizáltuk, majd az Intergraph Co. MGE szoftver család segítségével feldolgoz-

tuk. A fedőréteg és a kavics határvonalát meghatározó felületmodell felbontása a fúrásadatok egyenetlen eloszlása miatt - amint az várható is volt - nem érte el a digitális felszínmodell felbontási határértékét, de az ellenőrző számításokhoz kellő pontosságot adott. A felület valós ábrázolásához hozzájárult az 1995. óta 9 ponton végzett aktuálgeológiai monitoring adatsora is. Jelen munkához az adatok ESRI shape formátumba konvertálását ArcGIS 9.2 szoftverrel végeztük, és ugyanezzel állítottuk elő a hullámtér területére a 25 m-es felbontású grid modellt. Referenciaként felhasználtuk a MÁFI és a pozsonyi Földtani Intézet (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra - ŠGÚDŠ) által a DANREG projekt keretében 1997-ben készült, 2000-ben digitálisan is publikált, a Duna mindkét oldalán 25-25 km-es sávot bemutató földtani térképet és annak alapadatait. A kapott vastagsági grid modellt végül - többszöri kalibrálás után - az ArcGIS 9.2 szoftver alkalmazásával összevetettük a digitális felszín modellel, és így kaptuk meg a fedőréteg talp (vagyis a kavicsot) felszín modelljét.

Élőhelyek időbeni változásának modellje

Az egyes élőhelytípusok eltérő inváziós stratégiái differenciálegyenletekkel kerültek leírásra, amelyek 1. rendű 2. fokúak voltak.

$$H'_{k,j}(t) = c_{i,j} * H_{k,j}(t) - \frac{c_{i,j} * r_{i,j}}{H_{k,i}(t) + H_{k,j}(t)} * H_{k,j}^2(t)$$

ahol:

$H_{k,i}$ = a k-adik cella i-dik típusú élőhelyének százalékos aránya a k-adik cellában,

c_{ij} = az i-dik típusú élőhelyből a j-dik típusú élőhelybe történő átalakulás sebességére jellemző állandó

r_{ij} = i-dik típusú élőhely ellenállása v., pufferkapacitása a j-dik típusú élőhely inváziójával szemben.

A „ $c_{ij} * H_{k,j}(t)$ ” tag fejezi ki az adott idő alatt a j-dik típusú élőhelybe történő átalakulás százalékos mennyiségét abban az esetben, ha az i-dik típusú élőhely semmilyen ellenállást nem fejt ki. Ez természetesen nem fordul elő, ezért le kell vonni azt a részt, amit az eredeti élőhely (i) fejt ki az átalakulással szemben. Ennek nagysága két összetevőtől függ: (1) a két élőhelytípus egymáshoz vi-

szonyított arányától az adott cellában, amely idővel változik, de a kettő összege 100 %, amely nem változik; (2) az eredeti élőhely „ellenállásán”, amely az átalakulás folyamán idővel változik és azzal arányosan csökken. Levezethető, hogy c_{ij} nagyobb, mint ez az ellenállás, ezért ez az ellenállás felírható a c_{ij} és egy r_{ij} konstans szorzataként.

Az összevont élőhelytípusok átmeneti mátrixának adatai (átalakulási idő, a talajvízszint százalékos optimuma a vegetációs időszakban) korábbi tanulmányok (lásd IID Gazdasági Tanácsadó Kft 2001) és tereptapasztalatok alapján kerültek meghatározásra (1. ábra). Az egyes átalakulásokat leíró differenciálegyenletek együtthatóinak kiszámítása az átalakulási időértékek felhasználásával két alapvető szukcessziós stratégiát (gyors és lassú, 5. függelék az Online Függelékben) figyelembe véve, a görbeillesztés módszerével az OCTAVE 3.2.3. numerikus elemző szoftvercsomag (Eaton *et al.* 2007) felhasználásával történt (6. függelék az Online Függelékben).

A fent említett differenciálegyenletet a háttérváltozók feltételrendszerével bővítettük (2. függelék az Online Függelékben) és numerikus megoldására MS Visual Basic 6.0 környezetben fejlesztettünk egy alkalmazást, amelynek bemeneti mátrixa (2. függelék az Online Függelékben), minden rehabilitációs változat és éves vízhozam-profil esetén egy célprogram segítségével került előállításra (Clarion 6.0 fejlesztői környezet) a háttérmodellek alapadatainak közvetlen felhasználásával. Rehabilitációs változatonként és éves vízprofilonként szabadon választható szimulációs időtartam szerint, cella egységenként történt a változások számítása. A kapott adatok általános pontraszteres fájl formátumban kerültek elmentésre.

A számítógépes modell elkészítésekor a rendelkezésre álló adatok és elvárások figyelembe vételével a következő feltételek is beépítésre kerültek a programba: a modellezési időtartam 50 év, a gyepek tartós használatban vannak (vagyis kaszálják őket), a talajvízszint-ingadozás a szukcessziós folyamat kifejlődésének legjelentősebb tényezője, új élőhelytípusok kifejlődése is lehetséges, a szomszédos cellák kölcsönhatása csak a ruderalis és félruderalis folyami közösségek esetében megengedett, a szimuláció raszterfelbontása $25 \text{ m} \times 25 \text{ m}$. A szimulációs modell vízigényen, elárasztás túrésen alapuló potenciális élőhelyeket jelez előre, nem képes kezelni az ezektől jórészt független hatásokat, így a természetestől eltérő fafajösszetételű erdők (nemesített fűz, nyár, feketedió, akác, erdeifenyő ültetvényeket) telepítését, a szigetközi hullámtérben az inváziós fafajok (zöld juhar, közönséges dió, bálványfa) terjedését, továbbá a területhasználatban bekö-

vetkező olyan változásokat, melyek lényegesen megváltoztatnák a gyepterület-erdőterület arányát (pl. gazdasági és természetvédelmi szempontok, rekreáció, vadászat).

A modell eredmények értékelésének szempontjai

A modell által számolt adatok értékelésénél teljesen új megközelítések alkalmazhatók, amelyek komplexitásában igyekeznek értékelni a változásokat. Az élőhelyek változásánál így referenciaértéknek a 19. század vége előtti - a folyamszabályozást megelőző - állapotok tekinthetők. A múltbeli élőhelytípusok területi arányára vonatkozó adatok - történeti térképek elemzése alapján - rendelkezésre állnak (Schwarz 2009). Ezt figyelembe véve a hullámtér eredeti állapotának megőrzéséhez olyan rehabilitációs változatok értékelhetők pozitívan, amely a vízigényes élőhelyek számára teremtenek kedvező feltételeket. Kedvezőnek, vagy elfogadhatónak minősíthető a folyóparti alacsony ártéri szukcesszióra jellemző természetes és féltermészetes élőhelyek arányának növekedése és/vagy fennmaradása (pl. bokorfüzesek, fűz- és nyárligetek, nádasok, gyékényesek, magassásosok, ártéri ruderális és félruderális gyomtársulások, éger- és fűzlápok, égerligetek). A szárazodás ugyan növelné az előforduló élőhelyek sokféleségét – elsősorban az alacsonyabb talajvízszinthez alkalmazkodó vegetáció megjelenésével, illetve térnyerésével -, de természetvédelmi szempontból ez önmagában nem lehet az egyetlen cél, sokkal inkább a hullámtéri jelleg megőrzése. Ezért a modell eredményeinek értékelésénél – nyilvánvaló természetvédelmi értékei ellenére – a keményfaligetek arányának növekedése kedvezőtlennek értékelhető. A nemesnyárasok olyan mesterséges erdők, amelyek nagyrészt korábbi puhafás erdők élőhelyein találhatóak, így az ezek által elfoglalt területek - nyilvánvaló természetvédelmi hátrányaik ellenére is – mint potenciális fűz- vagy nyárligetet élőhelyek – kedvezően értékelendők.

Állattani szempontból a hullámtéri élőhelyek értékelésénél a táplálékhálózatokban betöltött szerepük, illetve a magas faj- és egyedszámuk alapján a gerinctelen fauna változásának kimutatása különösen fontos. A szigetközi hullámtérben vizsgált repülő rovarcsoportok közül - a rendelkezésre álló háttéradatakat is figyelembe véve - leginkább a lepkefajok elterjedésével, eloszlásával és a táj – lepkefauna kölcsönhatását, összefüggéseit magába foglaló osztályozással értékelhetők a változások. A lepkékre vonatkozó biogeográfiai alapokon nyugvó koherens zoológiai (Varga *et al.* 2005) értékelés és osztályozás jobban

megalapozott, mint a bionomikai információkat összefoglaló kategóriák. A szárazföldi élőhelyek változásait leíró modellhez hasonló, a szigetközi vizes élőhelyek és azok karakterfajainak változását szimuláló modell kidolgozása még várat magára. Jelen tanulmány célja a kifejlesztett élőhelyszimulációs modell részletes ismertetése volt. Az egyes rehabilitációs változatoknál kapott eredmények bemutatása és azok részletes értékelése a felvázolt szempontrendszer alapján megtalálható a közös magyar-szlovák stratégiai környezeti vizsgálat weboldalán (<http://www.bosnagymaros.hu/pdf/FesaibilityStudySzigetkoz.pdf>).

*

Köszönetnyilvánítás – A kutatás a volt Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KVVM) anyagi támogatásával a magyar-szlovák stratégiai környezeti vizsgálat keretében valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Eaton, J. V., Bateman, D. & Hauberg, S. (2007): GNU Octave Manual Version 3 – Network Theory Limited, 568 pp.
- Gergely, A., Hahn, I., Mészáros-Draskovits, R., Simon, T., Szabó, M. & Barabás, S. (2001): Vegetation succession in a newly exposed Danube Riverbed. – *Applied Vegetation Science* 4: 35–40.
- Hahn, I., Gergely, A. & Barabás, S. (2011): Changes In The Active Floodplain Vegetation Of The Szigetköz. – *Annali di Botanica (Roma)* 1: 1–8.
- IID Gazdasági Tanácsadó Kft (2001): A szigetközi vízpótlás és az ökológiai rehabilitáció optimalizálása – zárójelentés, Budapest, 105 pp.
- Ijjas, I., Kern, K. & Kovács, Gy. (szerk.) (2010): Feasibility Study: The Rehabilitation of the Szigetköz Reach of the Danube. – Report, Ministry of Environment and Water, Budapest, pp. 209-225.
- Janák, E., Mohácsiné-Simon, G., Ficsor, J. & Molnár, Z. (2009): 1D surface water modelling and groundwater modelling. – Research report, Budapest University of Technology and Economics, Department of Hydraulic and Water Resources Engineering, 81 pp.
- Józsa, J. Krámer, T. & Rákóczi L. (2009): 2D hydrodynamic modelling of the impact on surface waters – Research report, Budapest University of Technology and Economics, Department of Hydraulic and Water Resources Engineering, 147 pp.
- Kevey B. (2004a): A Duna szlovákiai elterelésének hatása az Alsó-Szigetköz csigolya bokorfűzeseire (*Rumici crispi-Salicetum purpureae* Kevey in Borhidi–Kevey 1996). Wirkung der slowakischen Donau-Umleitung auf die Purpurweiden-Gebüsche (*Rumici crispi-Salicetum*

- purpureae*) in Alsó-Szigetköz (in der Unteren-Schüttinsel), Süd-West-Ungarn. – *Botanikai Közlemények* **90**(2003): 1–18.
- Kevey, B. (2004b): A Duna szlovákiai elterelésének hatása a Felső-Szigetköz fehér fűzligeteire (*Leucojo aestivi-Salicetum albae* Kevey in Borhidi–Kevey 1996). Wirkung der slowakischen Donau-Umleitung auf die Weißweiden-Auen (*Leucojo aestivi-Salicetum albae*) in Felső-Szigetköz (in der Oberen-Schüttinsel), Süd-West-Ungarn. – *Kitaibelia* **9** (1): 173–186.
- Kevey, B. (2004c): A Duna szlovákiai elterelésének hatása a Felső-Szigetköz fehér nyárligeteire (*Senecioni sarracenicus-Populetum albae* Kevey in Borhidi–Kevey 1996). Wirkung der slowakischen Donau-Umleitung auf die Weißpappel-Auen (*Senecioni sarracenicus-Populetum albae*) in Felső-Szigetköz (in der Oberen-Schüttinsel), Süd-West-Ungarn. – *Kanitzia* **12**: 177–195.
- Schwarz, U. (2009) Historical landscape element analysis for the Szigetköz floodplain in Hungary, Unpublished report – FLUVIUS, Vienna, 31 pp.
- Simon, T., Szabó, M., Draskovits, R., Hahn, I. & Gergely, A. (1993): Ecological and phytosociological changes in the willow woods of Szigetköz, NW Hungary, in the past 60 years. – *Abstracta Botanica* **17**: 179–186.
- Varga, Z., Ronkay, L., Bálint, Zs., László, Gy.M. & Peregovits, L. (2005): Checklist of the Fauna of Hungary. Volume 3. Macrolepidoptera. – Hungarian Natural History Museum, Budapest, 114 pp.
- Zólyomi, B. (1937): A Szigetköz növénytani kutatásának eredményei. – *Botanikai Közlemények* **34**: 169–192.
- Wood, J. (2009): The LandSerf Manual. Version 1.0 for LandSerf 2.3.1 – <http://www.landserf.org/>, 3rd December 2009, 213 pp.

Habitat simulation model for rehabilitation measures in the floodplain of Szigetköz, Hungary

András Gubányi¹, Richárd Wohlfart², Johanna Ficsor³, Attila Gergely⁴, István Hahn⁵,
Tamás Krámer⁶, László Ronkay¹, Gabriella Mohacsi-Simon³ and Péter Scharek⁷

¹ *Division of Collections and Research, Hungarian Natural History Museum,
H-1088 Budapest, Baross u.13., e-mail: gubanyi@nhmus.hu*

² *Department of Applied Mechanincs, Budapest University of Technology and Economics,*

³ *The North-Transdanubian Environmental Protection and Water Management Directorate,*

⁴ *Department of Landscape Protection and Reclamation,*

Faculty of Landscape Architecture, Corvinus University of Budapest,

⁵ *Department of Plant Systematics, Ecology and Theoretical Biology, Eötvös Loránd University,*

⁶ *Department of Hydraulic and Water Resources Engineering,*

Budapest University of Technology and Economics,

⁷ *Geological Institute of Hungary*

As a result of the diversion of the river Danube in 1992 both surface water and groundwater levels have dropped in the floodplain of Szigetköz, Hungary. Within the framework of a mutual strategic environmental assessment applied by Slovakia and Hungary a simulation model was developed in order to be able to characterise the long-term effects of rehabilitation measures planned to improve water supply of the impacted area. Interconversion of the particular habitats was given by time-independent, 1st order, 2nd degree differential equations. The model takes into account the present condition of habitats, their optimal water supply characteristics, changes in groundwater level, the characteristics and interconversion of certain habitat types, surface- and hydro-morphological models of the floodplain and position of upper gravel surface layer. The following boundary conditions were defined: duration of the simulation can be optionally specified, forestry activity cannot be programmed in the long-term, the treatment of meadows is continuous, groundwater level changes is the most important factor in development of the succession, the formation of new habitat types as well as partial interaction of neighbouring cells are permitted and in the model a resolution of a 25 m × 25 m grid size was applied. The habitat simulation model, together with the analysis of historical maps establishing the original vegetation and with coherent zoological classification using a biogeographical approach is appropriate for the complex assessment of landscape scale changes.

Keywords: rehabilitation, landscape, simulation, modelling, floodplain, Danube, Szigetköz.