

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
Katonai Műszaki Doktori Iskola

Doktori (PhD) Értekezés-tervezet

Olajosné Lakatos Boglárka

Budapest, 2025

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
Katonai Műszaki Doktori Iskola



Olajosné Lakatos Boglárka:

Az éghajlati alkalmazkodás vízügyi irányai

Doktori (PhD) Értekezés

Témavezetők:

Dr. Padányi József
egyetemi tanár

Dr. Hetesi Zsolt
egyetemi docens

Budapest, 2025

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
1.1 A témaválasztás indoklása, aktualitása.....	6
1.2 A tudományos probléma megfogalmazása.....	10
1.3 Kutatási célok.....	11
1.4 Kutatási kérdések	12
1.5 A kutatási hipotézisek.....	13
1.6 A kutatás tudományterületi lehatárolása és strukturális felépítése	14
1.7 Kutatási módszerek	15
1.8 Szakirodalmi áttekintés	16
1.8.1 Globális folyamatokat, éghajlati kockázatokat összegző (nemzetközi jelentések)	18
1.8.2 Európai Unió éghajlatváltozási és vízgazdálkodási átfedéseit tartalmazó stratégiai dokumentumok	23
1.8.3 Az EU és Duna Régió szintű releváns stratégiai dokumentumai.....	26
1.8.4 Magyarország és az éghajlati alkalmazkodásra vonatkozó stratégia és (intézkedési tervek)	28
1.9 Részösszefoglalás, következtetések	31
2. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS KOCKÁZATAI ÉS HATÁSAI	32
2.1. Éghajlati hatások globálisan és Európában	34
2.2. Az éghajlatváltozás hatásai a Kárpát-medencében.....	37
2.2.1. Árvíz	48
2.2.2. Belvíz.....	57
2.2.3 Aszály	63
2.2.4 Villámárvíz	73
2.2.5. A Kárpát-medence alföldi Duna- és Tisza-szakaszainak hidrológiai dinamikája.....	77
2.2.6. Részösszefoglaló.....	78
3. ÉGHAJLATI SÉRÜLÉKENYSÉG OKAI, EMBERI HATÁSOK FELTÁRÁSA.....	80
3.1. Történelmi tájalakulás, folyószabályozás és következményeik - árvíz.....	81
3.1.1. A vízmérleg - aszály	88
3.1.2. Párolgás - aszály	91
3.1.3. Felszín alatti vizek és az éghajlatváltozás.....	95
3.2. Az ökoszisztéma szolgáltatások és az éghajlati sérülékenységi (aszály, árvíz, belvíz)	

villámárvíz)	96
3.2.1. A természeti tőke és a vízháztartási jellemzők	100
3.2.2. A biotikus pumpa hatása a mikroklimára és az aszályokra.....	104
3.2.3 Talajállapot, tájhasználat és agrotechnika (aszály, villámárvíz)	106
3.4 Tisza rendszerdinamikai vizsgálata	111
3.5. A hazai vízgazdálkodás kihívásai.....	115
3.5.1. Hazai kutatások a mélyártéri vízmegtartásról	119
3.6 Részösszefoglalás az éghajlati sérülékenységek okairól (emberi hatásokról), következtetések	123
4. NEMZETKÖZI KITEKINTÉS ÉGHAJLATI ALKALMAZKODÁSI CÉLÚ TERMÉSZET- ALAPÚ MÓDSZEREKRŐL	126
4.1. Szakterületi definíciók	126
4.2. Spanyolország - A folyóvíz és az ökoszisztéma helyreállítása az Arga-Aragón folyók vízgyűjtőjén természet-alapú intézkedések kombinálásával.....	129
4.3. Németország- Ártéri rehabilitáció és folyó revitalizálás.....	131
4.4. Amerikai Egyesült Államok - Klíma Reziliens ártéri fejlesztések, okos város a folyó mellett	133
4.5. Svájc Alpok - földcsuszamlás, villámárvíz katasztrófa megelőzés.....	134
4.6 Hód menedzsment.....	135
4.7 Részösszefoglalás az esettanulmányokról	136
5. ÖKOSZISZTÉMA SZOLGÁLTATÁSOK EVOLÚCIÓJA A VÍZGYŰJTŐ- GAZDÁLKODÁSI TERVEKBEN AZ ASZÁLYBIZTONSÁGÉRT (A HELY BIZTOSÍTÁSA A VÍZNEK AZ ÁRTÉREN KÍVÜL)	137
5.1 Probléma: Aszálykockázat jövőbeni növekedésére.....	138
5.2. Kutatás célja, kérdés, hipotézis	140
5.3. Anyag és módszer	140
5.4. Eredmények.....	143
5.5. Következtetés, javaslatok	149
6. ÁRVÍZBIZTONSÁG, A HELY BIZTOSÍTÁSA A VÍZNEK AZ ÁRTÉREN BELÜL.....	151
6.1. Probléma: Árvíz kockázat növekedése az éghajlatváltozás hatására	151
6.1.2. Természetvédelem és árvízvédelem a mintaterületen.....	156
6.2 Kutatás célja, kérdések, hipotézisek	157
6.3 Mintaterület, módszerek és részeredmények.....	158

6.3.1. Az éghajlatváltozás hatásait is figyelembe véve a mértékadó vízhozamok változásának vizsgálata hidrológiai statisztika vizsgálata.	159
6.3.2. A Szentendrei-sziget nagyvízi meder állapotának, azaz a nagyvízi meder területén a földhasználat, felszínborítás változásának vizsgálata.	160
6.3.2.1. Területhasználati és érdességi adatok validálása	160
6.3.2.2. A földhasználat változás-elemzés, forgatókönyvek felállítása a mintaterületen.....	167
6.4. Eredmények.....	185
7. KÖVETKEZTETÉSEK	190
7.1. Új tudományos eredmények	192
7.2. Kutatási eredmények gyakorlati felhasználhatósága.....	194
7.3. Új kutatási irányok	195
7.4. Kutatás összegzése	195
8. TÉMAKÖRÖBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM	197
9. IRODALOMJEGYZÉK.....	199
10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	216
11. MELLÉKLETEK	217
11.1. Melléklet Szentendrei nagyvízi meder lehatárolt mintaterület és területhasználati térkép CORINE (CLC) alapján	217
11.2. melléklet HEC_RAS modell Szentendrei-sziget nagyvízi meder mintaterületen Dunabogdány kereszttszelvény fajlagos vízhozamok	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
11.3. melléklet Nagyvízi meder és Natura2000 területek a Szentendrei-szigeti mintaterületen jelmagyarázattal (Forrás: OVF, KDVVIZIG)	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
11.4. melléklet Táblázat I.-VI FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó HEC_RAS modellezés eredményei összesítve	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
11.5. melléklet Táblázat I.-VI FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó érdesség munka dokumentum	Hiba! A könyvjelző nem létezik.

1. BEVEZETÉS

1.1 A témaválasztás indoklása, aktualitása

Az ember és környezetének viszonya mindig is foglalkoztatott. A 2017-es rekord alacsony vízállásnál azonban komoly aggodalommal néztem a híradásokat. Nem értettem, hogyan lehet ennyire kitett az ország a vízkockázatnak, főleg a kevés víz jelenségének. Ezért kezdtem el a kutatást.

Az elmúlt évek extrém időjárási jelenségei a tudományos előrejelzések szerint sorban beigazolódnak.¹ Ahogy az is, hogy az éghajlatváltozás környezeti hatása végső soron az ember életfeltételeinek megváltozását jelenti. Ahogy azt még ökológia tantárgy keretében elsőéves anyagként is tanultam, minden élőlénynek meg vannak saját életterei, az úgynevezett “niche”, ahol a legoptimálisabbak az életfeltételei. Ez alól az ember sem kivétel.

Az újonnan megjelenő vagy gyorsuló kockázatok hatása a természetes ökoszisztémákra, a biztonságra, az emberi egészségre, alapvető emberi jogokra és gazdasági stabilitásra válságokká és katasztrófákká súlyosbodhatnak a következő évtizedben.² Az EU klímafigyelő szolgálatának új kutatása szerint Európa gyorsabban és szélsőségesebben melegszik, mint bármelyik más kontinens. A hőmérséklet Európában a globális átlag kétszeresével emelkedik.³

A Világgazdasági Fórum 2023-as jelentése szerint a klímaakciók kudarca a negyedik legnagyobb globális kockázat a következő két évben. Az első három helyet a megélhetési krízis, az extrém időjárásból eredő természeti katasztrófák és a gazdasági konfrontációk foglalják el. A 10 éves távlatra végzett elemzésben a „klíma akciók kudarca” az első két helyet foglalja el. Többek között a vízkészleteink nemzetbiztonsági szempontú kezelésének nem elég gyors átalakítása is ebbe a kategóriába sorolható, ahogy a talajegészség fenntartása és a települések klímabiztonságossá fejlesztése is.

¹ Bartholy – Pongrácz – Gelybó: Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100 APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH 5(1): 1-17. <http://www.ecology.uni-corvinus.hu> • ISSN 1589 1623 2007, Penkala Bt., Budapest, Hungary https://real-j.mtak.hu/22921/1/AEER_2007_5_1_.pdf

² Lóderer, Balázs; Rác, Réka Magdolna: A klímaváltozás és annak következményeire való felkészülés lehetséges jövőbeni aspektusai. Military Science Review / Hadtudományi Szemle, 2011, Vol 4, Issue 3, p91 ISSN 2676-9816 https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagd%3A7%3A1413623/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagd%3A67499879&crl=c&link_origin=scholar.google.hu

³ Copernicus Climate Change Service (C3S), 2024: European State of the Climate 2023, Summary: <https://doi.org/10.24381/bs9v-8c66>

Az éghajlatváltozásra adható válasz két főbb iránya alapján dolgoznak a stratégiák és irányelvek: az egyik a mitigáció, vagyis a károsanyag-kibocsátás csökkentése főleg az ipari, energetikai, mezőgazdasági, közlekedési és lakossági szektorban. Harmadik árként a szemléletformálást emelik ki. Ami eddig károsnak és hosszú távon fenntarthatatlannak bizonyult, azt helyettesíteni kell a lehető legkisebb környezeti terheléssel. Azonban a számok azt is mutatják, hogy a nagy kibocsátók által elfogadott és be is tartott szén-dioxid-csökkentés sem lenne képes emberi időléptékű pozitív változást elérni, azonban nagyban hozzájárulna az üvegházhatás csökkentéséhez és így az átlaghőmérséklet 1,5°C alatt tartásához.

Ezért az éghajlatváltozásra adott válasz másik iránya az adaptáció, amelynek a mitigációval párhuzamosan kell működnie: az adaptáció, vagyis alkalmazkodás az éghajlatváltozás következményeihez. Az alapvetően bizonytalan kimenetelű változásokra az eddigi rossz, káros és szennyező gyakorlatok kiváltása mellett még nagyobb hangsúlyt kell fektetni annak a módszertannak a fejlesztésére, amely újra megtanít minket együtt élni a természeti folyamatokkal és az éghajlati szélsőségekkel.⁴ Ezenkívül harmadik párhuzamos irányként a szemléletváltáshoz tartozó tevékenységeket lehet sorolni, óriási hangsúly van a megfelelő oktatáson és a helyes értékrend kialakításán.⁵

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás azonban komplexitásából adódóan azonban nehezen vagy inkább nem is igazán illeszthető az ágakra bontott tudományba és ágazatokra bontott államirányításban.^{6,7}

A klímaváltozás egyértelmű jelei a szélsőséges mennyiségű és eloszlású csapadékesemények, amelyek egyértelműen növelik az árvízi és belvízi kockázatot. A jövőben várható extrémítások

⁴ Prof. Jem Bendell BA (Hons) PhD Mélyadaptáció: Útmutató az éghajlati tragédiához IFLAS Alkalmi Tanulmányok 2 www.iflas.info 2018. július 27 Jem Bendell: Deep adaptation: A map for navigating climate tragedy Bendell, Jem (2018) *Deep adaptation: a map for navigating climate tragedy*. Institute for Leadership and Sustainability (IFLAS) Occasional Papers Volume 2. University of Cumbria, Ambleside, UK. (Unpublished) alapján <http://insight.cumbria.ac.uk/id/eprint/4166/>

⁵ O. Lakatos Boglárka: Környezetbiztonság_Éghajlati adaptáció vízmegtartással. Műszaki Katonai Közlöny 31. évfolyam (2021) 1. szám

⁶ Pálvölgyi Tamás, Czira Tamás, Fancsik Tamás: Tudományos-alapú döntéselőkészítő információk alkalmazása a „klímabiztos” közpolitikai tervezésben In: Tudásmegosztás, Alkalmazkodás És Éghajlatváltozás a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kutatási-fejlesztési eredményei a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer létrehozására (szer: PÁLVÖLGYI Tamás SELMECZI Pál) https://real.mtak.hu/41196/1/NATeR_kotet_MFGI_2016_BedeFA.pdf

⁷ Szalmáné Csete Mária, Taksz Lilla: A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás európai és hazai

irányzatai In: Tudásmegosztás, Alkalmazkodás és Éghajlatváltozás a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kutatási-fejlesztési eredményei a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer létrehozására (szer: PÁLVÖLGYI Tamás SELMECZI Pál) https://real.mtak.hu/41196/1/NATeR_kotet_MFGI_2016_BedeFA.pdf

miatt, főleg kisvízfolyásokon megnövekszik a komoly települési (helyi) vízkárokkal fenyegető „villámárvizek” gyakorisága. A csapadék várható időbeli eloszlásának átrendeződése miatt változni fog a felszíni vízkészlet mennyisége és időbeli elérhetősége is. A téli csapadék – várhatóan egyre nagyobb mértékben eső formájában – a jelenleginél magasabban tetőző árhullámokat eredményezhet (az eredetileg hóban tárolt vízkészlet késleltetés nélküli lefolyása várható). Az alföldi területeken továbbra is fel kell készülni szélsőséges, az eddigieknél nagyobb területekre kiterjedő, de rövidebb idejű belvizek kialakulására tél végén, tavasz elején, azonban az ezt követő, hosszabb vízhiányos időszakok a vizes élőhelyek fennmaradását veszélyeztetik. A korábbinál kevesebb nyári csapadék és magasabb párolgás hatására a nyári kisvizek számottevő csökkenése prognosztizálható, amely jelentősen csökkentheti a tározás nélkül hasznosítható felszíni vízkészleteket (a kisvízi készlet csökkenése várhatóan a Duna esetében is érezhető mértékű lesz). A tározók méretét korlátozhatják a feltöltésüket meghatározó téli időszak szélsőségei, illetve párolgás-növekedés miatt bekövetkező vízvesztesség. Hasonló okok miatt várhatóan csökken a tavak természetes vízkészlete, tehát vízállása is.⁸

A kisvízi hozamok csökkenése és a kisvízi időszakok meghosszabbodása érzékenyebbé teszi a vízfolyásokat a szennyezőanyag-terhelésekkel szemben is. A kisebb vízmennyiség miatt a szennyezések szempontjából fontos hígító hatás és a vizek öntisztuló-képessége csökken, állóvizeink esetében fokozódik az eutrofizáció következtében megjelenő vízvirágzás veszélye. A hirtelen keletkező, gyors árvizek fokozzák az erózióveszélyt, amely következtében nagyobb mennyiségű szennyezőanyag, hordalék mosódik le a vízgyűjtőkről, miközben romlik a vízfolyások tápanyagmérlege. Növekszik a havária események kockázata.

A klímaváltozás hatásai a felszín alatti vizek mennyiségét és minőségét is érintik a csökkenő beszivárgás és a növekvő párolgás révén. Az általánosan érvényes szárazabb talajállapotok miatt a felszín alatti vizeket tápláló csapadék-utánpótlás általános csökkenése várható, arányaiban ez az Alföldön lesz a legnagyobb mértékű. Az Alföldön jelentősen csökken a kitermelhető felszín alatti víz mennyisége is. A szárazabb időjáráshoz kapcsolható romló ökológiai állapot mellett felszín alatti vizektől (talajvíz) függő ökoszisztémák, vizes élőhelyek (pl. szikes tavak) válhatnak veszélyeztetetté a klímaváltozás következtében.

⁸ Láng I., Csete L., Jolánkai M. (szerk.) 2007: A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok: a VAHAVA jelentés. — Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. https://real.mtak.hu/103152/1/2006-Klima_Vahava-MTA-KvM.pdf

Az aszály előfordulásának valószínűsége, intenzitása és súlyossága Magyarország teljes területén növekvő tendenciát mutat. Az egyes talajtípusok eltérő aszályérzékenysége, helyi klimatikus hatások, illetve az adott térség aszályhoz való alkalmazkodási potenciáljának változatossága együttesen szigetszerű eltéréseket ugyan eredményeznek, de a vízhiány egyre nagyobb kockázati veszélyt jelent hazánk fenntartható fejlődésében.

A vízgazdálkodás területén fel kell készülni az egyre nagyobb gyakorisággal és váltakozó jelleggel előforduló vízbőségre, illetve vízhiányra, a szélsőségek miatti kockázatsökkentés, illetve az alkalmazkodás kérdése egyre jobban előtérbe kerül.

A hőmérséklet emelkedés hatására megnő a párolgás, a víz körforgása felgyorsul, több árvizes és aszályos időszak váltja majd egymást, és megnövekszik az extrém időjárási események valószínűsége és intenzitása is. A vízügyi területen várható hatások között fontos említeni a felszíni és a felszín alatti vízkészletek csökkenését és a növekvő fajlagos vízigényeket, mind a mezőgazdasági öntöző, mind az ipari hűtővíz tekintetében. A nem éghajlati hatásokból eredő szennyezések pedig felerősítik a kedvezőtlen hatást, a vizek természetes öntisztuló képességének akadályozásával. Növekszik az aszályhajlam és egyre nagyobb térséget érint. A területi vízgazdálkodás egyik legnagyobb kihívása a sokszor egyazon területen jelentkező aszály és belvíz, illetve öntözési igény növekedése és a vízkészlet csökkenése, mint például az Alföldön. Az szélsőséges időjárási események intenzitása és gyakorisága várhatóan növekszik, így a villámárvíz-kockázat is egyre nagyobb károkat okozhat a dombvidéki településeken villámárvíz és elöntések, a síkvidéki településeken belvíz formájában.⁹

Az éghajlatváltozás a természeti elemek közül a legnagyobb részben a vízen keresztül jelentkezik. A Kárpát-medencére és Magyarország éghajlatváltozásból adódó környezetbiztonsági állapotát az éghajlatváltozás környezeti előzményeként definiálhatjuk.

A társadalmi és gazdasági rendszerek környezeti hatásainak megértése alapvető fontosságú, hogy a fizika törvényeinek megfelelően zajló változások egyik végpontjaként azonosítani tudjuk saját magunkat a környezetünkben végbemenő folyamatokban, így élesítve a víz és a biztonság kritikus pontjait és így halványítva a kapcsolódó ágazatokat elválasztó éles határokat. A víz a környezet, a táj része, működtetője, az egyensúly alapja, de így legkockázatosabb rendszereleme is. A biztonságos víz és a vízbiztonság egyre több ágra oszlik és egyre élesebben

⁹ VGT3 Magyarország Vízyűjtő Gazdálkodási Tervének második felülvizsgálata
https://terkepar.vizugy.hu/vgt3_atlasz/index.html

mutatja összefüggéseit, egységét, amiből megértjük, az integrált kezelés hiányának súlyosságát.

Általános célja a kutatásnak a fenntarthatósági és ökoszisztéma szemlélet gyakorlati bevezetésének elősegítése. A témaválasztás egyik legfontosabb motivációja továbbá annak felismerése, hogy az éghajlatváltozás nem csak jövőbeni hanem jelen esemény, tényét csak sebessége teszi veszélyesebbé, és persze a felkészületlenség. Továbbá, hogy a vízmennyiség biztonsági aspektusai gyorsabban erősödnek, mint ahogy az erre kiépült szemlélet és infrastruktúra reagálni képest, annál is inkább mert ez a szemlélet a többletvíz vélt veszélyére épült. Az éghajlati alkalmazkodási intézkedések időkeretének realizálása így véleményem szerint szintén kritikus ahhoz, hogy reális, megvalósítható megoldások kerüljenek bevezetésre.

Gilgamesh

This gift of civilization I will give to you but remember: you cannot give it back!

Nektek adom a civilizáció ajándékát, de ne feledjétek, nem adhatjátok vissza!

1.2 A tudományos probléma megfogalmazása

Gyors és nagyléptékben változó éghajlatváltozás hatásai a Kárpát-medencében a hőmérséklet emelkedése, a vízkörforgás felgyorsulása és változása, a növekvő gyakoriságú extrém időjárási jelenségek és az ezekből adódó nagyobb sérülékenység. Az éghajlatváltozás által Magyarországon megnövekedett vízbiztonsági kockázatok közül a legjelentősebbek az árvíz, aszály, villámárvíz, belvíz.

A tudományos problémát már korábban is megfogalmazták más szakemberek, így a Vízyűjtő-Gazdálkodási Terv (2021) 1.1.6 fejezetének - Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási következményeiben összegzett megállapításokban állítottam középpontba. A fejezet kimondja, hogy "a vízgazdálkodás területén fel kell készülni az egyre nagyobb gyakorisággal, változó jelleggel előforduló vízbőiségre, illetve, a vízhiányra azért a szélsőséges miatti kockázatsökkentés jelentősége növekszik, illetve előkerül az alkalmazkodás kérdése." E kijelentés mentén szerveztem a kutatásom. Bevezetesként előhívok néhány adatot, amely megmutatja mióta ismerjük már a problémát:

Eunice Foote 1856-ban, John Tyndall 1859 mérte meg először a különböző gázok és gőzök infravörös abszorpcióját és kibocsátását és kimutatta, hogy az elnyelésre vagy abszorpciójára

legnagyobb részben a légkörben található vízgőznek és a szén-dioxidnak van a legnagyobb hatása.¹⁰ Ezt a felfedezést Svante Arrhenius pontosította 1896-ban. A légköri szén-dioxid megduplázódásával a felszíni hőmérséklet 5-6 Celsius-fokkal történő emelkedését számította.¹¹ A védelmi miniszterek 2015-ben tartott párizsi találkozásán egyetértettek abban, hogy a globális felmelegedés „legalább annyira biztonsági, mint környezeti probléma.”¹²

Elsődleges problémaként a nem cselekvést jelölöm meg, mivel az éghajlatváltozás kockázatai Magyarországon is jelentősek, és már régóta ismert a tudományos közösség számára, amiről lassan 80 éve tudományos konszenzus van, ha a Stockholmi konferenciától számítom az időszak kezdetét.

A víz és vízgazdálkodás az éghajlati alkalmazkodás egyik központi elemeként tehát óriási hatás potenciállal rendelkezik. Ennek a lehetőségnek a hazai feltérképezése, vizsgálata és alkalmazási lehetőségeinek felmérése a kutatásom tárgya.

Ha a fentiekben levezetett folyamatmenedzsment szemlélet alapján a hatékony, hosszútávú, integrált alkalmazkodási gyakorlat kiépítéséhez először megérteni szükséges azokat a folyamatokat, amik a jelenlegi állapothoz vezettek. Kutatásom így először a Magyarországon jellemző éghajlatváltozásból eredő hatásokat elemzi. A hatáselemzést az okok feltárása követi. Az ok-okozati viszonyok felállítása után az aszály, árvíz, belvíz és villámárvíz problémák éghajlati alkalmazkodási célú intézkedéseinek és vízgazdálkodási gyakorlatának bevezetését vizsgálom.

1.3 Kutatási célok

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás vízügyi irányainak elméleti, szemléleti és gyakorlati alkalmazásának vizsgálatához célok a következők:

C1. Magyarország éghajlati sérülékenységének okainak azonosítása

¹⁰John Tyndall, Heat considered as a Mode of Motion (500 pages; year 1863, 1873) <https://archive.org/details/heatconsideredas00tynduoft>

¹¹Svante Arrhenius (1896). "On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground". *Philosophical Magazine and Journal of Science*. 41 (251): 237–276. doi:10.1080/14786449608620846.

¹²Padányi József: Kihívások, kockázatok, válaszok Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatása a katonai erőre Ludovika Egyetemi Kiadó Budapest 2022 https://webshop.ludovika.hu/wp-content/plugins/olvasoprobak/Olvasoproba_webpdf/PADANYI_Kihivasok_kockazatok_valaszok.pdf (letöltés dátuma 2024.11.12)

C2. Ökoszisztéma szolgáltatás szemléletbeli megjelenésének és fejlődésének vizsgálata a vízgazdálkodás tervekben.

C3. A természetalapú éghajlati alkalmazkodási intézkedések bevezetésének gyakorlati lépései és korlátainak azonosítása.

C4. Egy ártéri mintaterület éghajlati alkalmazkodási intézkedésének vizsgálata.

1.4 Kutatási kérdések

A célok meghatározása után a következő kérdések kerültek meghatározásra:

C1. Magyarország éghajlati sérülékenységének okainak azonosítása.

K1. Az ember táj és felszínalakító tevékenységének hatásai visszafordíthatók-e?

C2. Ökoszisztéma szolgáltatás szemléletbeli megjelenésének és fejlődésének vizsgálata a vízgazdálkodás tervekben.

K2. Milyen minőségben jelenik meg az ökoszisztéma szemlélet és mennyiben segíti elő a gyakorlati alkalmazkodási intézkedéseket?

C3. A természetalapú éghajlati alkalmazkodási intézkedések bevezetésének gyakorlati lépései és korlátainak felmérése.

K3: Azonosítható-e olyan akadályok, amelyekre a jelenlegi (finanszírozási, jogszabályi, döntéshozói) rendszer nem reagál?

C4. Egy ártéri mintaterület éghajlati alkalmazkodási intézkedésének vizsgálata.

K4: Összehangolhatók-e az éghajlati alkalmazkodási javaslatok a természetvédelmi, árvízvédelmi és elvárásaival? Hogyan?

1.5 A kutatási hipotézisek

A kifejtett tudományos probléma, kutatási célkitűzések és kérdések alapján az alábbi hipotéziseket fogalmaztam meg:

H1.) Feltételezem, hogy az éghajlati alkalmazkodási intézkedések csekély megvalósulása a szakpolitikai definíciók lemaradásából is fakad. Továbbá feltételezem, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások elméletén alapuló intézkedési gyakorlat jelentősen elősegíteni az éghajlati alkalmazkodást. Első hipotézisem szerint az éghajlati és ökológiai válság negatív környezeti és társadalmi hatásai kölcsönösen erősítik egymást. Ugyanakkor megfelelő szemlélettel végrehajtott beavatkozások esetén pozitív természeti és társadalmi hatások is egymást erősíthetik.

.

Ennek a közös szemléletnek egy megközelítésmódja az ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója. Erre a koncepcióra, mint integráló szemléletre érdemes tekinteni, ami összekapcsolja a természet jellemzőit és a rájuk épülő társadalmi-gazdasági hasznosításokat, emellett a természetre, mint rendszerfolyamatok összességére tekint, amely kölcsönös kapcsolatban van a társadalmi-gazdasági rendszerrel.

Az ökoszisztéma szolgáltatások rendszerezettsége számos más lehetőség mellett egy tudományágakon és szektorokon átívelő platformot biztosít, hogy e kölcsönös egymásra hatások közepette a figyelembe veendő határok, korlátozó feltételek definiálhatóak legyenek.¹³ A vízgazdálkodás társadalmi, gazdasági igényeket (infrastruktúra üzemeltetés, vízkészlet rendelkezésre bocsátás) szolgál. Fontos szempont továbbá a fenntarthatósági szempontokkal és az éghajlatváltozással járó követelményeknek való megfeleléssel, amelynek érdekében második hipotézisemet szerint:

H 2.) Feltételezem, hogy az ökoszisztéma szemlélet hangsúlyosabb megjelenése a VGT-ben elősegíti az éghajlati alkalmazkodás folyamatát.

¹³ Kovács, E., Pataki, Gy., Kelemen, E. & Kalóczkai, Á. (2011): Az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma a társadalomkutató szemszögéből. – Magyar Tudomány, 172: 780–787.
http://www.epa.hu/00600/00691/00091/pdf/mtud_2011_07_0780-0787.pdf

A táj és területhasználati történeti elemzéseit, illetve az éghajlatváltozás hatásait figyelembe véve rendszerdinamikai szemléletben ezeket rendszerelemként tekintve harmadik hipotézisem, hogy adott természeti adottságok és annak természetes működéséhez leginkább alkalmazkodó táj és területhasználat és vízgazdálkodás akár rövid távon csökkentheti az éghajlatváltozás kockázatait. A fentiek alapján a harmadik hipotézisem:

H 3.) A természeti folyamatokkal együttműködve hatásosabb és költséghatékonyabban lehet teljesíteni a jogszabály által előírt feladatokat az éghajlati alkalmazkodási célú intézkedésekben.

A harmadik hipotézis alapján a negyedik hipotézisben a Szentendrei-sziget minta területre vonatkoztatva feltételezem, hogy az árvíz kockázat csökkentése érdekében a Szentendrei-sziget mintaterület éghajlati alkalmazkodása elérhető a területhasználatok felszínborításra ható változtatásával.

H 4.) A Szentendrei-sziget mintaterületen a nagyvízi mederben létrehozható egy olyan optimális (vegetációs) állapot, amely támogatja az ártér ökológiai folyamatait és megfelel (illeszkedik) a helyi természetvédelmi előírásoknak/hoz) ugyanakkor támogatja és biztosítja az árvizek biztonságosabb levonulását az ártér a mértékadó árvízszintjének stabilizálásával.

1.6 A kutatás tudományterületi lehatárolása és strukturális felépítése

Az éghajlati alkalmazkodás témája interdiszciplináris jellegű. Tudományterületi besorolása szerint illeszkedik a.) földtudományhoz (természetföldrajz, társadalomföldrajz) b.) agrártudományhoz (agrotechnika, talajvédelem) és mint a legnagyobb vízigényű ágazat, amely nagyban hatással van a készletgazdálkodásra. c.) Műszaki tudományként érinti a vízgazdálkodás-tudományt a katonai műszaki területhez kapcsolódik a jelenlegi intézményi szervezeti struktúrából adódóan is. (Az Országos Vízügyi Főigazgatóság az Energiaügyi Minisztérium alá tartozó, önállóan működő és gazdálkodó központi költségvetési szervezet.) Továbbá a d.) katonai műszaki tudományon belül a környezetbiztonsági kutatási területként és e.) biztonságpolitikai területként jellemezhető a kutatási terület.

Ezeket a tudományágakat rendszerdinamika szempontból illeszttem össze, melynek célja az időbeli és térbeli kölcsönhatások elhelyezése és megértése a jövőbeni predesztinálható változások figyelembevételével, melybe a társadalmi és gazdasági folyamatok is beletartoznak. A kutatás térbeli lehatárolásaként Magyarország teljes területét lefedő kockázati besorolású területek megjelennek. Továbbá vizsgálja az ország leginkább klímaérzékeny dél, délkeleti régióját a Tisza vízgyűjtőjét. Időbeli lehatárolása rendhagyó, a természeti rendszer és az emberi felszínformáló tevékenység tanulmányozása visszanyúlik az Árpád korig is. Az értekezésnek nem témája gazdasági vagy társadalmi elemzés, de a fenntartható fejlődés tudomány dimenziójának alapjaiként az egyik legfontosabb szakmai következtetésként jelennek meg.

A kutatás felépítése

A jelenlegi éghajlati szélsőségek által megnövekedett biztonsági kockázatok miatt az 1. cél a sérülékenységek okainak azonosítása után a 2. cél az ökoszisztéma szolgáltatások elmélet és szemléletbeli megjelenésének és fejlődésének feltételezett hatásait a 3.cél-hipotézisben a már megvalósult gyakorlatokból von le következtetéseket. Végül az 4. hipotézis az elméleti és módszertani javaslatokat gyakorlatban vizsgálja egy mintaterületen.

1.7 Kutatási módszerek

A kutatás módszertana fokozatosan épül fel az elméleti és szemléleti szinttől a gyakorlati megvalósításig.

- A kutatás 2019-es megkezdésével alapállapot felvételként a jelen és az ezt megelőző 20 évben jellemző aktuális éghajlati hatások irodalmi és adatelemzését végzem, melyből az éghajlatváltozás negatív hatásait a károsanyag kibocsátást megelőzően a tájhasználat történeti okaira vezetem vissza. (1., 2.,3., fejezet a C1, K1, H1-hez).
- Ezt a stratégiai dokumentumok keresztmetszeti és longitudinális vizsgálata követi, amelyből a vízgazdálkodási koncepció fejlődését vizsgálom a megváltozott természeti és a környezetre nehezedő mesterséges behatások tükrében így kimutatva az ökoszisztéma szemlélet jelentőségét és gyakorlati beépülésének jelenlegi állását. (4. 5. fejezet a C2, K2, H2 és C3 K3 H3-hoz).

- Esettanulmányok segítségével bizonyítom a természetre alapuló éghajlati alkalmazkodás hatásosabb, költséghatékonyabban és gyorsabban megvalósítható. (3. és 4. fejezet C3 K3 H3-hoz).
- A Szentendrei-sziget nagyvízi meder munkaterület vizsgálatával elemzem és számszerűsítem az éghajlatváltozás és a területhasználat összefüggéseit. (6. fejezet C4, K4, H4 -hez).

1. táblázat A kutatási módszerek összefoglalása

KUTATÁSI CÉL, KÉRDÉS	KUTATÁSI MÓDSZER	TÍPUS	FORRÁS	MEGJEGYZÉS
C1 Magyarország éghajlati sérülékenységének okainak azonosítása.	Szakirodalmi és adatelemzés, Globális jelentések, Európai Unió és nemzeti stratégiák,	Kvalitatív	Primer, szekunder	Éghajlatváltozás és alkalmazkodás és fenntartható fejlődés előrehaladás területén.
C2 Ökoszisztéma szolgáltatás szemléletbeli megjelenésének és fejlődésének vizsgálata a vízgazdálkodás tervekben.	Stratégiai (nemzeti szintű) dokumentum keresztmetszeti vizsgálata	Tartalomelemzés s kvantitatív	Primer,	Öt európai ország és Magyarország Vízyűjtő-gazdálkodási tervének összehasonlítása.
K2 Milyen minőségben jelenik meg az ökoszisztéma szemlélet és mennyiben segíti elő a gyakorlati alkalmazkodási intézkedéseket?	Stratégiai (nemzeti szintű) dokumentum longitudinális vizsgálata	Tartalomelemzés s kvantitatív	Primer,	A Duna-vízyűjtő magyarországi része Vízyűjtő-gazdálkodási tervének éghajlati alkalmazkodásra vonatkozó fejezete.
C3. A természet alapú éghajlati alkalmazkodási intézkedések bevezetésének gyakorlati lépései és korlátainak felmérése.	Esettanulmány elemzés	Kvalitatív	Primer	Hazai mélyártéri vízmegtartásra irányuló kutatások és nemzetközi jó gyakorlatok elmezése.
C4 Egy ártéri mintaterület éghajlati alkalmazkodási intézkedésének vizsgálata.	Mintaterületi vizsgálat	Kvalitatív	Primer	A Víz tudományi és Víz biztonsági Nemzeti Laboratórium 9. alprojekt II részkutatása: Mértékadó árvíz szint stabilitás vizsgálata a Szentendrei-sziget nagyvízi meder környezetében.

Forrás: Szerző saját szerkesztése

1.8 Szakirodalmi áttekintés

Az éghajlatváltozás kiváltó okainak, légkör fizikai folyamatainak, a környezetre és az emberre gyakorolt hatásának széleskörű interdiszciplináris irodalma áll rendelkezésre. Az utóbbi 10

évben az éghajlatváltozás jelenségének tudománykommunikációja is javult. Egyre több és növekvő olvasottságú tudományos ismeretterjesztő kiadvány, könyv, közösségi online csatorna és cikk számol be a bonyolult összefüggésekről a szélesebb közönség számára is érthető módon. Ezek közül kiemelnék néhány, az én szemléletmódomat is nagyban alakító irodalmat a tematikus szakirodalmi áttekintést megelőzően:

Például Jared Diamond: *Összeomlás – Tanulságok a társadalmak továbbéléséhez*¹⁴ (2005), Neil Ferguson: *Civilizáció* (2016)¹⁵, és Wolfgang Behringer: *A klíma kultúrtörténete A jégkorszaktól és globális felmelegedésig* (2017)¹⁶ könyvei, melyek világosság teszték az emberi életfeltételek törékenységét is.

A Fordulat társadalomelméleti folyóirat (2018/I 25.szám) *Klímaváltozás és Kapitalizmus* teljes számát szeretném kiemelni. Olyan tudományfilozófiai írásokat tartalmaz, amelyek mind nagy hatással voltak az antropocén folyamatok és az éghajlatváltozás közötti összefüggések mélyebb megértésére. Ezek közül is említeném *Andreas Malm és Alf Hornborg: The Geology of Mankind? A Critique of the Anthropocene Narrative. In: The Anthropocene Review* (2014) eredeti tanulmányának fordítását. Továbbá Ariel Salleh: *Ökofeminizmus* című munkáját (eredeti tanulmány: (Salleh, Ariel (2017): *Ecofeminism. In Ecological Economics: Nature and Society.*, amely a társadalmi és természeti folyamatok interakciójával foglalkozik. Végül *Gagy Ágnes: Félelem helyett kölcsönös segítség: a katasztrófaszociológia tanulságai a klímaválságra való felkészülésre*¹⁷ című munkáját, amely Rebeca Solnit "Paradicsom a pokolban" című könyvével állít párhuzamot a klímaválság társadalmi reakciójával. "Rövid lényege, hogy a katasztrófa helyzetek szociológiai vizsgálata és történeti dokumentumai azt mutatják, hogy ilyen helyzetekre az emberek az önzetlen kölcsönös segítség hullámaival reagálnak. Ez egyrészt azt jelenti, hogy a katasztrófa helyzetekben szükséges támogatás nagy részét az áldozatok közvetlenül az ugyancsak érintett társaiktól kapják meg, még mielőtt a hivatalos szervek a helyszínre érnének."

¹⁴ Jared Diamond: *Összeomlás – Tanulságok a társadalmak továbbéléséhez* (2005) Typotex Kiadó ISBN: 978-963-9664-69-2

¹⁵ Neil Ferguson: *Civilizáció* (2016) Scolar Kiadó, 2023 ISBN: 9789635095216

¹⁶ Wolfgang Behringer: *A klíma kultúrtörténete A jégkorszaktól és globális felmelegedésig* (2017) Corvina Kiadó ISBN 9789631364309

¹⁷ *Gagy Ágnes: Félelem helyett kölcsönös segítség: a katasztrófa szociológia tanulságai a klímaválságra való felkészülésre Fordulat 25.* <http://fordulat.net/?q=huszonotodik>

Az éghajlati alkalmazkodás úttörőjeként pedig Jem Bendell professzor *Mélyalkalmazkodás* című eredeti angol nyelvű tanulmányát (2018) és *Összetörve Őszinte válasz az összeomlásra*¹⁸(2024) című műveit tartom fontosnak. Szathmáry Eörs: *Klímaváltozás és Magyarország*¹⁹ című műve szintén átfogó összegzés.

1.8.1 Globális folyamatokat, éghajlati kockázatokat összegző (nemzetközi jelentések)

A fenntartható fejlesztési célok alappilléreit tette le, a Római Klub első jelentése – The Limits to Growth²⁰ (A növekedés határai), 1972-es jelentése. WORLD3 rendszerdinamikai modellben vizsgálta azokat a lehetséges módokat, vagy viselkedés mintákat, amelyeken keresztül az emberi gazdaság kölcsönhatásba kerül a Föld eltartó képességével. Egy exponenciálisan növekvő gazdaság előbb utóbb kimeríti erőforrásait, hulladékot bocsát ki és területeket von el a megújuló erőforrások újratermelődését. Mindez egy véges környezetben történik, egy zárt rendszerben, ahol a természetes ritmus mesterséges felgyorsítása miatt megjelennek a stressz jelei. Több energia kell a víznyeréshez, több befektetett energia egy termőföld művelésbe vonásához. Hirtelen egy addig ártalmatlannak hitt kibocsátásból származó kár nyilvánvalóvá válik.

A WORLD3 modell négy lehetséges viselkedés mintáinak szerkezeti okai közül az egyik szerint

- túllövés és oszcilláció következik be, ha a (stressz) jelek és a válaszok késnek, és ha a határok nem erodálódnak, vagy képesek gyorsan felépülni az erózióból
- túllövés és összeomlás következik be, ha a (stressz) jelek és válaszok késnek, és a határok erodálódnak (irreverzibilisen megrongálódnak amikor túllépik őket.)

Fő következtetése az volt, hogy ha a gazdaság növekedési üteme követi a tendenciákat, akkor a 21. évszázad végére elérjük a növekedés határát, ezért zero gazdasági növekedést javasoltak.

Az IPCC (Éghajlatváltozási Kormányközi Testület)²¹ éghajlatváltozásról szóló legújabb tudományos eredményeket tömörítő, átfogó jelentései meghatározó alapot nyújtottak

¹⁸ Jem Bendell: *Összetörve Őszinte válasz az összeomlásra* L'Harmattan Kiadó, 2024

¹⁹ Szathmáry Eörs: *Klímaváltozás és Magyarország* Osiris Kiadó 2020

²⁰ MEADOWS, DONNELA H., et al. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books, 1972, 205 pp.

²¹ IPCC hivatalos weboldala <https://www.ipcc.ch/>

okokról, lehetséges hatásokól és a válasz lehetőségeiről. Az IPCC külön jelentéseket is készít, amelyek egy adott kérdés értékelését jelentik, valamint módszertani jelentéseket, amelyek gyakorlati útmutatást adnak az üvegházhatást okozó gázok jegyzékének elkészítéséhez.

Az IPCC korábbi jelentéseinek eredményei alapján az éghajlatváltozás mind lokális, mind regionális, mind globális szinten már napjainkban is érezhető főbb jelenségei a következők:

- – a hőmérséklet emelkedése;
- – az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának emelkedése;
- – a sarkvidéki jégtakarók olvadása;
- – az óceánok vízszintjének emelkedése;
- – az óceánok kémhatásának változása;
- – a szélsőségesen jelentkező, nagy intenzitású csapadék lehullása;
- – az aszályos időszakok sűrűsödése és elnyúlása;
- – a beszűkült erőforrásokért folyó versengés fokozódása;
- – a hőhullámok és a fertőző betegségek terjedése;
- – valamint a fokozódó migráció

A döntéshozatal támogató céllal jött létre a Magyar Éghajlatváltozási Tudományos Testület egyesületi formában jött létre azzal a céllal, hogy feltérképezze, összefoglalja és egy időről időre elkészített nemzeti jelentés formájában bemutassa az éghajlatváltozás Magyarországra releváns hatásaira és a mérséklési, illetve alkalmazkodási lehetőségeire vonatkozó szakirodalmat közérthető módon.

A fizikusok, klímakutatók, biológusok, ökológusok után pedig a közgazdászok is kifejezték aggodalmukat a kockázatok kapcsán. A 2006-os Stern jelentés²² az éghajlatváltozás egyedülálló kihívását a közgazdaságtanon keresztül vizsgálja, mivel ez a valaha létezett legnagyobb és a legkiterjedtebb piaci kudarc. Sir Nicholas Stern, a Világbank volt vezető közgazdásza, 700 oldalas elemzést készített a klímaváltozásról, annak lehetséges gazdasági

²² Berlinger, Edina; Lovas, Anita (2015) : Fenntarthatóság és növekedés: A Stern jelentés és az irányított technológiaváltás modellje, IEHAS Discussion Papers, No. MT-DP - 2015/1, ISBN 978-615-5447-59-4, Hungarian Academy of Sciences, Institute of Economics, Centre for Economic and Regional Studies, Budapest <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/108364/1/MTDP1501.pdf> Stern, N. Stern review: the economics of climate change. United Kingdom: N. p., 2006. Web. alapján

hatásairól. A Stern-jelentés szerint a GDP 1%-át is kiteheti a károk mérséklésének költsége, és ha ez elmarad, a legrosszabb esetben a globális GDP akár 20%-kal is csökkenhet. A Stern-jelentés az első közgazdasági szempontból megírt tanulmány a globális felmelegedésről.

Legfontosabb eredménye és egyben üzenete is, hogy az éghajlatváltozással kapcsolatos határozott, korai cselekvés hasznai nagyobbak, mint a költségei. A mostani tetteink jövőbeni hatásai az éghajlat változásaira messzire mutatnak. Amit most teszünk, annak csak korlátozottan lehet hatása az éghajlatra az elkövetkezendő 40–50 évben. Másrészt, amit az elkövetkezendő 10–20 évben teszünk, annak nagyon komoly hatása lehet századunk második felének és a következő század éghajlatára. A Stern-jelentés megalapozottsága sokat adott a 2015-ben elfogadott úgynevezett párizsi klímaegyezmény megszületéséhez.

A környezet és a biztonság közötti kapcsolatban a NATO a 2010-es stratégiai koncepciójában²³ először ismerte el az éghajlatváltozás biztonsági dimenzióját. A NATO-szabványosítási megállapodásával (STANAG) pedig a szövetségen belüli környezetvédelmi intézkedésekre vonatkozó szabványokat határoztak meg.

2020-ban Jens Stoltenberg a NATO főtitkára egy nyilatkozatában kiemelte, hogy "a NATO feladata a béke fenntartása és a gondoskodás a biztonságról, ezért a klímaváltozás ellen is tennie kell. "Az éghajlatváltozás tényei vitathatatlanok, és a helyzet egyre rosszabb" - írta a norvég politikus, rámutatva, hogy "az időjárás egyre vadabb, melegebb, szelesebb és nedvesebb", ami "világszerte nyomás alá helyezi a társadalmakat, mert fenyegeti élelem-, víz- és energiaforrásaikat".

2020-ban Jens Stoltenberg a NATO főtitkára egy nyilatkozatában kiemelte, hogy "a NATO feladata a béke fenntartása és a gondoskodás a biztonságról, ezért a klímaváltozás ellen is tennie kell. "Az éghajlatváltozás tényei vitathatatlanok, és a helyzet egyre rosszabb" - írta a norvég politikus, rámutatva, hogy "az időjárás egyre vadabb, melegebb, szelesebb és nedvesebb", ami "világszerte nyomás alá helyezi a társadalmakat, mert fenyegeti élelem-, víz- és energiaforrásaikat". 2021-ben elfogadta az Éghajlatváltozás és Biztonság Cselekvési

²³ NATO 2010: Strategic Concept for the Defence and Security of the Members of the North Atlantic Treaty Organization Adopted by Heads of State and Government at the NATO Summit in Lisbon 19-20 November 2010 https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_publications/20120214_strategic-concept-2010-eng.pdf

Tervet,²⁴ 2022-es stratégiai koncepciójában²⁵ az éghajlatváltozást korunk egyik meghatározó kihívásaként emeli ki, amely mélyreható hatással van a NATO biztonságára.

2021. február elején Partha Dasgupta, a Cambridge-i Egyetem professor emeritusa vezetésével készült egy jelentés²⁶, szintén a brit kormány finanszírozásában, a Biológiai sokféleség közgazdaságtana címmel. A professzor 600 oldalas jelentése egy, a klímaváltozásban sokkal láthatatlanabb és egyúttal veszélyesebb globális folyamat szintén közgazdasági megközelítését tárja a tudományos világ és a döntéshozók elé. A diagnózis mellett, a világ gazdaságának egészét érintő megoldásokat is ad. Legfontosabb üzenetei a következők:

- Gondoskodjunk arról, hogy a természettel szemben támasztott igényeink ne lépjék túl annak kínálatát, és hogy növeljük a természet sokszínűségét annak jelenlegi szintjéhez képest.
- A gazdasági siker mércéjének megváltoztatása elengedhetetlen. A természetnek be kell lépnie a gazdasági és pénzügyi döntéshozatalba, ugyanis a rövid távú makrogazdasági elemzéshez a gazdasági tevékenység mérésénél a bruttó hazai termékre (GDP) van szükség. A GDP viszont nem veszi figyelembe az eszközök értékcsökkenését, beleértve a természeti környezetet is.
- Alakítsuk át az intézményeket és rendszereket – különösen pénzügyi és oktatási rendszereinket –, hogy lehetővé tegyék és fenntartsák ezeket a változásokat a jövő generációi számára

A davosi Világgazdasági Fórum jelentései fontos támpontul és hivatkozási alapként szolgálnak a biztonsági kockázatok alátámasztásához. A jelentés a világunk biztonságát fenyegető öt legnagyobb kockázatot mutatja be, sorrendben. Az első a szélsőséges időjárás

²⁴ NATO Climate Change and Security Action Plan Compendium of best practices https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/7/pdf/230710-climate-change-best-practices.pdf

²⁵ NATO 2022 STRATEGIC CONCEPT Adopted by Heads of State and Government at the NATO Summit in Madrid 29 June 2022 https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2022/6/pdf/290622-strategic-concept.pdf letöltés 2025 01.

²⁶ Kovács Antal Ferenc: A Dasgupta-jelentés: fenntarthatóság, biodiverzitás és

vagyonai szemléletű gazdasági fejlődés KÖZGAZDASÁGI SZEMLE, LXIX. ÉVF., 2022. SZEPTEMBER (1098–1104. o.) <https://real.mtak.hu/148532/1/06KovacsAntalFerencA.pdf> Dasgupta, P. (2021), The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. Abridged Version. 103 pages. (London: HM Treasury). <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review> alapján

jelenségek, amelyek a tulajdont, az infrastruktúrát és az emberi életet tekintve is óriási veszteséggel járnak. Második helyen az éghajlatváltozás hatásainak mérséklését célzó lépések, valamint azok kormányprogramokba és üzleti modellekbe építésének kudarca áll, aminek az angol megnevezését “climate action failure” magyarosítva és rövidítve klímaakciók kudarcának fordítok. Harmadik helyen áll a biológiai sokféleség csökkenése, valamint a szárazföldi és tengeri ökoszisztémák összeomlása, ami a természetes erőforrások kiapadását eredményezi. Negyedik helyen a jelentős természeti katasztrófák, például földrengések, cunamik, vulkánkitörések vagy geomágneses viharok állnak. És az ötödik legnagyobb kockázat az emberek okozta természeti károk és katasztrófák, például az olaj- vagy radioaktív szennyezés.

1. ábra Globális kockázatok valószínűség és hatás alapján

Legfőbb Kockázatok valószínűség szerint	Legfőbb Kockázatok hatás szerint
1. Extrém időjárási jelenségek	1. Fertőző betegségek
2. Klíma akciók kudarca	2. Klíma akciók kudarca
3. Emberi tevékenységből eredő környezeti károk	3. Fegyverek és tömegpusztító eszközök
4. Fertőző betegségek	4. Biodiverzitás csökkenése
5. Biodiverzitás csökkenése	5. Természeti erőforrás válság
6. Digitális erőforrás koncentrálódása	6. Emberi tevékenységből eredő környezeti károk
7. Digitális egyenlőtlenségek	7. Megélhetési válság
8. Államközi kapcsolatok romlása	8. Extrém időjárási jelenségek
9. Kiberbiztonsági hibák	9. Adósság válság
10. Megélhetési válság	10. Informatikai rendszerek összeomlása

Forrás: Világgazdasági Fórum jelentés 2021 alapján a szerző saját szerkesztése²⁷

A 2021-es davosi jelentésben a kockázat valószínűsége és a kockázat hatása két külön oszlopban felsorolt veszélyek (feljebb) alapján az éghajlatváltozás hatásainak mérséklését célzó lépések, valamint azok kormányprogramokba és üzleti modellekbe építésének kudarca áll - röviden klímaakciók kudarca - mindkét oszlopban a második helyen áll. Ugyanezen

²⁷ The Global Risks Report 2021 16th edition https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf

jelentésben a Kockázati hálóba rendezett veszélyek rangsorolták a legaggasztóbb kockázatot meghatározva. Itt a “klíma akció kudarca” az első helyen állt. A 2022-es jelentés vizsgálta, hogy mikor válik kritikussá a kockázat 1-2, 2-5, és 5-10 éves időtávban. 2 éven belül az extrém időjárási szélsőségek (31%), és a megélhetési krízis (30%) után a klímaakciók a harmadik helyek 27, % -os valószínűséggel állnak. 2-5 éven belül a klímaakciók már első helyen 35,7% -al, 5-10 éven belül szintén az első helyen 42%-kal. Egy másik elemzésben a legsúlyosabb kockázatot keresték 10 éven belül. A klímaakciók kudarca ezt a versenyt is megnyerte. A 2023-as jelentésben a globális kockázatok súlyosság szerint rangsorolva 2 éven belül a negyedik helyen, 10 éven belül az első helyre rangsorolták a klímaakciók kudarcát, mint a legsúlyosabb kockázat az egész világon.

A legfontosabb globális jellegű elemzésekből továbbá nem lehet kihagyni az ENSZ 2030-ig tartó fenntartható fejlődés keretrendszerének céljait. Ezek közül kiemelt hangsúlyt kapott az integrált vízgazdálkodási szemlélet megvalósítása, amely magában foglalja a integrált vízgazdálkodás átültetését. Ennek hazai átültetése a Kvassay Jenő Nemzeti Vízstratégiában történt meg, amelynek részleteit az 1.8.2-es fejezetben tárgyalom.

1.8.2 Európai Unió éghajlatváltozási és vízgazdálkodási átfedéseit tartalmazó stratégiai dokumentumok

Az éghajlatváltozás és a környezetkárosodás egzisztenciális fenyegetést jelent Európa és a világ számára. E problémák kezelése érdekében az európai zöld megállapodás az EU gazdaságát modern, erőforrás-hatékony és versenyképes gazdasággá fogja alakítani. Az európai Zöld Megállapodás²⁸ tartalmazza az Európai klímarendelet, amely jogi kötelezettséggé alakítja a klímasemlegesség 2050-re való elérésével kapcsolatos politikai törekvést. Kibocsátás csökkentés, monitoring-, és a költséghatékony társadalmi szempontból méltányos zöld átállás biztosítása a céljából. Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó uniós stratégia²⁹ hosszú távú jövőképet vázol fel arra vonatkozóan, hogy az EU 2050-re az éghajlatváltozás elkerülhetetlen hatásaihoz teljes mértékben alkalmazkodó, az éghajlatváltozás

²⁸ Fetting, C. (2020). “The European Green Deal”, ESDN Report, December 2020, ESDN Office, Vienna.2020. dec. 2.

²⁹ 23/2018. (X. 31.) OGY határozat - a 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról 4/5. oldal
<https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A18H0023.OGY&pagenum=4>

hatásaival szemben reziliens társadalommá váljon. A stratégia meghatározza, hogyan tud az Európai Unió alkalmazkodni az éghajlatváltozás elkerülhetetlen hatásaihoz, és hogyan válhat az éghajlatváltozással szemben ellenállóképesség 2050-re. A stratégiának négy fő célkitűzése van: az alkalmazkodás intelligensebbé, gyorsabbá és rendszeresebbé tétele, valamint az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás terén tett nemzetközi fellépés fokozása.

A vízgazdálkodás alkalmazkodási területen a stratégia kiemeli annak fontosságát, hogy az édesvíz fenntartható módon álljon rendelkezésre, a vízfelhasználás jelentősen csökkenjen, és a vízminőség megmaradjon, és hangsúlyozza a szélsőséges időjárási események gyakoriságának és súlyosságának növekedését, amelyek aszályokhoz és áradásokhoz, következésképpen kiterjedt gazdasági károkhoz vezetnek. Ezért különösen fontos az éghajlatváltozás hatásainak figyelembevétele az EU vízzel kapcsolatos politikáiban.

A stratégia a következő jelen értekezéshez legrelevánsabb intézkedéseket irányozza elő:

- jobb információgyűjtés és -megosztás az éghajlatváltozás hatásaival kapcsolatos ismeretekhez való hozzáférésnek és ezen ismeretek cseréjének a javítása céljából
- természet-alapú megoldások az éghajlatváltozás hatásaival szembeni reziliencia kialakítása és az ökoszisztémák védelme érdekében
- az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás integrálása a makro költségvetési politikába

A 2030-ig tartó időszakra szóló uniós Biodiverzitási Stratégia³⁰, amely kötelezettségvállalási és intézkedési keretrendszert hoz létre az országjelentés a biológiai sokféleség csökkenésének alábbi kiváltó okai elleni küzdelem érdekében többek között az éghajlatváltozás és az idegenhonos inváziós fajok. A kutatásomhoz releváns céljai:

- az élőhelyek és a fajok tendenciáiban és védettségi helyzetében ne legyen romlás, és a jelenleg kedvezőtől eltérő védettségi helyzetű fajok és élőhelyek legalább 30 %-a elérje a kedvező védettségi helyzetet vagy legalább javuló tendenciát mutasson;
- legalább 25 000 km szabályozatlan folyóvíz helyreállítása;

³⁰ Brüsszel, 2020.5.20. COM(2020) 380 final A Bizottság közleménye az európai parlamentnek, a tanácsnak, az európai gazdasági és szociális bizottságnak és a régiók bizottságának A 2030-ig tartó időszakra szóló uniós biodiverzitási stratégia

Hozzuk vissza a természetet az életünkbe! <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=CELEX:52020DC0380>

- a leromlott állapotú, szénben gazdag ökoszisztémák helyreállítása;
- Natura 2000, azaz a védett szárazföldi és tengeri területek egész EU-ra kiterjedő hálózatának bővítése;

Annak érdekében, hogy a vizeink jó állapotba kerüljenek, Európában a Víz Keretirányelve (VKI) alkalmazandó. A 2000/60/EK irányelv a vízpolitika terén, a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról szóló rendelet célja az Európai Unióban található víztestek: folyók, tavak, felszíni és felszín alatti vizei állapot romlásának megállítása, illetve 2015-re a „jó állapotú” besorolás elérése, kiemelve a fenntartható vízfelhasználás biztosítását. A Víz Keretirányelv VI. melléklete megadja azon intézkedések listáját, amelyeket figyelembe kell venni az intézkedési programokban. Ezek többek között a vizes élőhelyek újjáteremtését és helyreállítását foglalják magukban. A VKI jelentősen erősíti az ökológiai szemléletet a vízgazdálkodásban. Az Európai Unió tagja lévén Magyarországnak is kötelező az ebben előírt célkitűzések végrehajtása. Ennek megfelelően a VKI hazai jogrendbe ültetését a Vízgyűjtő-Gazdálkodási Terv (VGT) gyűjti össze, amely a VKI céljai szerint a víztestek azonosítása és állapotfelmérése után javasol intézkedéseket, amelyek a VKI hatályának lejártaival is érvényesíthetők így.

A 2024-ben megjelent az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2024/1991 rendelete a természet helyreállításáról.³¹ A mezőgazdasági és erdőgazdasági elvárások mellett a természetes vizek védelmének egyik – külön jogszabály-helyet érdemlő – eleme a folyók természetes összeköttetésének és a kapcsolódó árterek természetes funkcióinak helyreállítása (9. cikk). A tagállamoknak nyilvántartást kell készíteni a felszíni vizek összeköttetését gátló mesterséges akadályokról, és – a mesterséges akadályok társadalmi-gazdasági funkcióinak figyelembevétele mellett – azonosítják azokat az akadályokat, amelyeket el kell távolítani. A mesterséges akadályok eltávolításakor a tagállamoknak elsősorban az elavult akadályokat kell felszámolniuk, nevezetesen azokat, amelyek már nem szükségesek a megújulóenergia-termeléshez, a belvízi hajózáshoz, a vízellátáshoz, az árvízvédelemhez vagy más jellegű felhasználáshoz. Ezen előírások célja, hogy 2030-ra az Unióban legalább 25 000 km-nyi folyószakaszon helyreállítsák a szabad vízáramlást.

³¹ Az Európai Parlament és a Tanács (Eu) 2024/1991 Rendelete (2024. június 24.) a természet helyreállításáról és az (EU) 2022/869 rendelet módosításáról 2024/1991 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401991

1.8.3 Az EU és Duna Régió szintű releváns stratégiai dokumentumai

Az Európai Unió Duna Régió Stratégiájának akcióterve 11 tematikus prioritási területet jelölt ki a megvalósításra. A PA 4 (Priority Area) (Vízminőség) és PA 5 (Környezeti kockázatok) tekintetében a főbb kérdések azonosítása nagymértékben az ICPDR korábbi munkáján alapul, elsősorban a Duna vízgyűjtő-gazdálkodási tervére és a 2010-es Duna miniszteri nyilatkozatra. A Duna Régió Stratégia³² célja a dunai makrorégió fenntartható fejlesztésének az elősegítése, a természeti területek, tájak és kulturális értékek védelme. Ezen belül a 4-es prioritási terület, intézkedési tervének 7. intézkedési pontjából a 6. az éghajlatváltozás: Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodást célzó intézkedések előmozdítása, továbbá az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról szóló ICPDR stratégia vízminőségi intézkedéseinek végrehajtása. Konkrét intézkedések előmozdítása a vízkivétel és a felszín alatti vizek túlzott kitermelésének szabályozására. A zöld infrastruktúra és a természetes víz visszatartásának és fenntartásának elősegítése (Natural Water Retention Measures - NWRM). A vízzel kapcsolatos intézkedések előmozdítása a várostervezésben, továbbá a gazdálkodók és a lakosság figyelmének ráirányítása a talajnedvesség és a talajvíz fontosságára, a talaj vízmegtartó képességére változó éghajlati viszonyok között.

Az első 2012-es, majd a 2018-ban felülvizsgált éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról szóló ICPDR stratégia célja, hogy útmutatást adjon az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásnak. Ezenkívül előmozdítja a többoldalú és határokon átnyúló együttműködési fellépést az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodással összefüggésben, és referenciaként szolgál a nemzeti politikai döntéshozók és más tisztviselők számára. A stratégia áttekintést ad a lehetséges alkalmazkodási intézkedésekről, amelyek céljaik alapján öt különböző kategóriába sorolhatók:

- Az előkészítő intézkedések célja a tervezési folyamatok támogatása.
- Az ökoszisztéma-alapú intézkedések célja a változó éghajlat negatív hatásainak csökkentése az ökoszisztéma alkalmazkodóképességének fokozásával. Ezek az intézkedések elősegítik az ökoszisztémák megőrzését vagy helyreállítását. Az

³² Brussels, 6.4.2020 SWD(2020) 59 final Commission staff working document action plan replacing staff working document sec(2010) 1489 Final accompanying the communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions European Union Strategy for Danube Region <https://waterquality.danube-region.eu/wp-content/uploads/sites/13/sites/13/2020/04/EUSDR-ACTION-PLAN-SWD202059-final.pdf>

egészséges ökoszisztémák így növelhetik az ellenálló képességet a lassú változásokkal, például a nyári hőmérséklet emelkedésével vagy a hirtelen hatásokkal, például az árvizekkel szemben.

- A magatartási és irányítási intézkedések célja, hogy felhívják a figyelmet a lehetséges jövőbeli feltételekre és támogassák a fenntartható gazdálkodást, különös tekintettel a hatékony vízhasználatra és a jó vízminőség megőrzésére
- A technológiai intézkedések célja az egyes projektek megvalósításának elősegítése
- Közös transznacionális küszöbértékek, korlátok, korlátozások, meghatározásának elősegítése.

2019 végén az ICPDR (Nemzetközi Duna Védelmi Bizottság) jelentős vízgazdálkodási kérdésként (Significant Water Management Issue) fogadta el „Az éghajlatváltozás hatásai (szárazság, vízhiány, szélsőséges hidrológiai jelenségek és egyéb hatások)” című dokumentumot. Ennek a jelentős vízgazdálkodási kérdésnek az átívelő jellege, szemben a többivel (szerves, tápanyag- és veszélyesanyag-szennyezés, valamint hidromorfológiai változások), hogy nem csak a Duna vízgyűjtőjére, hanem az európai vízpolitika tágabb összefüggésében is azonosították. Így tud reagálni a szélsőséges hidrológiai jelenségek mérséklésének és az azokkal szembeni ellenálló képességnek növelésének igényére. A fő cél annak biztosítása, hogy az ezzel összefüggésben hozott intézkedéseket más azonosított jelentős vízgazdálkodási kérdések kezelése is “éghajlat biztosak” legyen. Ez azt jelenti, hogy a megfelelő intézkedéseknek el kell érniük a kívánt eredményt negatív mellékhatások nélkül még megváltozott éghajlati viszonyok között is.³³

Továbbá az alkalmazkodási intézkedések nemzeti szintű beépülésének követéséhez a különböző közvetlen EU-s forrásból támogatást nyert nemzetközi konzorciumok és a különböző közös határvízi ügynevezett “soft projektek” tapasztalati/tudományos eredményei is támpontot adtak a Duna régió éghajlati alkalmazkodási folyamatának megismeréséhez.

³³ Danube River Basin Management Plan Update 2021 286 oldal ISBN: 978-3-200-08290-8 https://www.icpdr.org/sites/default/files/nodes/documents/dr bmp_2021_final_hires.pdf

1.8.4 Magyarország és az éghajlati alkalmazkodásra vonatkozó stratégia és (intézkedési tervek)

A hazai éghajlati kockázatokat és alkalmazkodásra irányuló nemzeti stratégia, intézkedési tervek, útmutatók közül említem a Nemzeti Biztonsági Stratégiát.³⁴ Kiemelt stratégiai célja között 171. és 172. pontban szerepel:

- A környezeti biztonság megteremtése érdekében elengedhetetlen a vízbázisok és a termőföld, valamint a hozzájuk szervesen kapcsolódó ökoszisztémák fokozott védelme, a biodiverzitás megőrzése, a lakosság egészséges ivóvízzel és géntechnológiával nem módosított élelmiszerrel történő ellátásához szükséges feltételek biztosítása, a levegőminőség javítása, a széndioxid-kibocsátás csökkentése, valamint a közegészségügyi, illetve az állat- és növény-egészségügyi szervek felkészültségének növelése. A klímaváltozás elleni védekezés hatékonyságához nélkülözhetetlen a lehető legszélesebb körű nemzetközi együttműködés.
- A hazai élelmiszer biztonság garantálása érdekében javítani kell az élelmiszerlánc felügyeletéért felelős szervezetek működésének feltételrendszerét, ideértve a válságkezelési képességek fejlesztését, az élelmiszerek nyomon követési rendszerének kiépítését, illetve a kockázatelemzés és kockázatkezelés elősegítése céljából egy, a teljes élelmiszerlánc adatait tartalmazó informatikai rendszer létrehozását. Ezenkívül támogatni kell az élelmiszerláncban érdekelt hazai vállalkozások válságkezelési és megelőzési képességeinek erősítését is.

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás EU-stratégiája erős hangsúlyt fektet a káros következménnyel nem járó, alacsony költségű és mindenképpen kifizetődő lehetőségek beépítésére. A stratégia szerint az ökoszisztéma alapú megközelítések általában költséghatékonyak a különböző forgatókönyvek szerint. Ezek könnyen hozzáférhetők és sokrétű haszonnal járnak, például csökkent árvíz-kockázat, kisebb talajerózió, jobb víz- és levegőminőség és csökkent hősziget hatás.¹⁴ Az EU-s stratégia alapján létrejött 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia³⁵. A NÉS 2 IV.7.2. fejezete szól a vízgazdálkodásról, amiben már

³⁴ 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról

<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A20H1163.KOR&txtreferer=00000001.txt>

³⁵ A 2017–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia. Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2018.

<https://mkogv.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A18H0023.OGY>

a rövid távú cselekvési irányoknál leírja a gyors vízelvezetésen alapuló vízrendezési gyakorlat helyetti vízvisszatartó vízrendezést. Ezenkívül tartalmazza a területhasználat felülvizsgálatát ökológiai és éghajlati feltételeknek megfelelően, az ártéri gazdálkodási mintaterületek kialakítását, a kockázatmegelőző vízkárelhárítást a hirtelen lezúduló esőzések hatásaiból eredő károk megelőzése érdekében. Megemlíti, hogy a vízjárásban, a hidrológiai adottságokban várható hatások sokoldalúak, e hatások kölcsönös kapcsolatait is feltáró részletesebb elemzéseknek szükséges az elkészítése, különös tekintettel az éghajlatváltozás forгатókönyvekre.³⁶

A zöld infrastruktúra fejlesztésének előmozdítására, egy elősegítő keret létrehozásával a zöld infrastrukturális projektek ösztönzésére és elősegítésére jött létre a Környezetbarát (zöld) infrastruktúra – Európa természeti tőkéjének növelése című közlemény³⁷. A zöld infrastruktúra azon az elven alapszik, hogy a területrendezésbe és a területfejlesztésbe tudatosan beépítik a természet és a természeti folyamatok védelmét és megerősítését, valamint a természet által az emberi társadalom számára nyújtott javak figyelembevételét. Az egyetlen célt szolgáló szürke infrastruktúrával szemben a zöld infrastruktúra számos előnnyel jár. Nem gátolja a területfejlesztést, hanem – amennyiben azok jelentik a legmegfelelőbb lehetőséget – természetes megoldások használatát mozdítja elő. A zöld infrastruktúra szempontrendszer integrációja a felszíni és felszín alatti vizek esetében egyaránt számos lehetőséget kínál között a kulturális értékeket is támogató hagyományos ártéri gazdálkodás fellendítésével.

Kvassay Jenő Terv – Nemzeti Vízstratégiában

- a vízvisszatartás és ennek révén vizek jobb hasznosítása,
- áttérés a veszélyhelyzet-elhárítás orientált vízkárelhárításról a megelőzés-központú vízgazdálkodásra,
- vizeink minőségi állapotát javítása, jó állapotának elérése szerepel.

Továbbá olyan területi a kutatósomhoz releváns vízgazdálkodási indikátorokat határoz meg, mint;

- Hullámtéri beavatkozások: az összesen 530 ezer ha hullámtér nagyvízi mederkezelési beavatkozásainak megvalósítása 2020-ra.

³⁶ Olajosné Lakatos Boglárka: Környezetbiztonság – Éghajlati adaptáció vízmegtartással Műszaki Katonai Közlöny • 31. évfolyam (2021) 1. szám

³⁷ COM/2013/0249 final Környezetbarát infrastruktúra, Európa természeti tőkéjének növelése.

- Helyi meder- és területi vízviSSzatartás, a természetes lehetőségek kiaknázása, a tározási lehetőségek megőrzése, kis tározók építése, kialakítása: a sík- és dombvidéki tározás potenciálisan 1100 millió m³ -es tározási lehetőségéből 2020-ra legalább 400 millió m³ tényleges tározás megteremtése.

Az Európai Parlament és Tanács 2007/60/EK Irányelve alapján, amely az árvízi kockázatok felméréséről, értékeléséről és kezeléséről szól, Magyarországon Országos Árvízi Kockázatkezelési Konceptió (ÁKK) készült. Az ÁKK a kockázatkezelés célkitűzéseit, alapelveit, prioritásait és szükséges intézkedéseit tartalmazza. Az Irányelvben megfogalmazott főbb megállapítások:

- A területfejlesztéssel együttműködve szükség van a vízzel, földterülettel, természeti erőforrásokkal és természeti értékekkel kapcsolatos tevékenységek koordinált kezelésére és megőrzésére.
- Az egymásra épülő, komplex megoldások megtalálása szükséges a tervezés során.
- Az árvizek esetében, ahol csak lehetséges, a katasztrófa megelőzést előnyben kell részesíteni a katasztrófa-kezelésénél.

A Kormány 2022. április végén az 1242/2022. (IV. 28.) számú határozatával hirdette ki Magyarország második alkalommal felülvizsgált vízgyűjtő-gazdálkodási tervét (VGT3). Az első felülvizsgált árvízkockázat-kezelési tervet (ÁKKT2) a Kormány az 1480/2022. (X. 13.) számú határozatával hirdette ki. A tervek nem csak Magyarország területére, hanem a Duna folyam teljes, nemzetközi vízgyűjtőjére is elkészültek a Duna Védelmi Nemzetközi Bizottság (ICPDR) koordinálásával.

A VGT3 célkitűzése, hogy összeegyeztesse a VKI 2027-re elérendő környezeti célkitűzéseit és az elérésüket biztosító intézkedéseket a mezőgazdaság, vidék- és területfejlesztés, energiatermelés, hajózás, turizmus, éghajlati alkalmazkodás és a fenntartható vízgazdálkodás igényeivel a vizek jó állapotának elérése érdekében, a szociális és gazdasági célkitűzések figyelembevételével. Az ÁKKT2 célja pedig, hogy keretet biztosítson az árvízkockázatok értékelésére és kezelésére, az árvizekkel kapcsolatos, az emberi egészségre, a környezetre, a kulturális örökségre és a gazdasági tevékenységre gyakorolt káros következmények csökkentése érdekében. (Kovács Péter, OVF, 2022).

A Tisza részvízgyűjtő terve 1.1.5. fejezetében az éghajlatváltozás vízgazdálkodási következményeiként az éghajlatváltozás nemcsak a jövő, hanem már a jelen problémája írja le.

Továbbá leírja, hogy az elmúlt években rekord csapadékú és rekord száraz évek váltották egymást, melyhez gyakran a hőmérsékletet tekintve is kiemelkedő értékek társultak. Az európai és hazai modell kutatások azt valószínűsítik, hogy Magyarországon az éghajlatváltozás hatására módosulhat az országban rendelkezésre álló vizek mennyisége és minősége is. A legfrissebb vizsgálatok szerint Magyarország klímája valószínűleg mediterrán irányba fog eltolódni, magasabb átlaghőmérséklettel, kevesebb nyári csapadékkal, nagyobb potenciális párolgással, ennek nyomán kisebb átlagos felszíni lefolyással és felszín alatti vizeket tápláló beszivárgással. Emellett várható a szélsőséges időjárási események gyakoriságának és intenzitásának növekedése is³⁸, aminek következményeként időszakosan vízhiánnyal vagy rendkívül nagy felszíni lefolyással (árvízzel és belvízzel) kell számolni. A rendelkezésre álló vízkészlet mennyiségét a lehullott csapadék és a területi párolgás különbsége határozza meg. A tudományos elemzések alapján várható, hogy az elkövetkező évtizedekben jelentős mértékben megváltozó hőmérséklet- és csapadékviszonyok, az évszakok eltolódása, egyes szélsőséges időjárási jelenségek erősödése és gyakoriságuk növekedése veszélyezteti a természeti értékeinket, a vizeinket, az élővilágot, az erdőinket, a mezőgazdasági terméshozamokat, az építményeinket és a lakókörnyezetünket, valamint a lakosság egészségét és életminőségét.

1.9 Részösszefoglalás, következtetések

A szakirodalmi elemzés alapján **megállapítom**, hogy a tudományos közösség kommunikációja lassan, de elért az államigazgatási szintig. Az éghajlatváltozásra való alkalmazkodás tudományos kutatási eredményei alapján tett ajánlások stratégiákba majd intézkedési vagy cselekvési tervekben manifesztálódtak.

Sajnos a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia -2 megvalósulásához kapcsolódó monitoring és értékelési feladatok akkori intézményi felelőse a Nemzeti Alkalmazkodási Központ már nem

³⁸ Dr. Rakonczai János: A Klímaváltozás következményei a Dél-Alföldi tájon (A természeti földrajz változó szerepe és lehetőségei) Akadémiai doktori értekezés Szeged, 2013 https://real-d.mtak.hu/612/7/RakonczaiJanos_doktori_mu.pdf

végzi ezt a feladatot, illetve jog-/feladat utódjaként jelen tudásom szerint a HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató sem.

Kritikám az éghajlati alkalmazkodási és bármilyen természeti erőforrás kezelési feladattal kapcsolatban, hogy a folyamatszemplélet helyett finanszírozásából adódóan is projekt alapon működik. Ezzel nem lenne gond, ha folytatólagos egymásra épülő, kaszkád rendszerben egyre többet és szélesebb körben tudna nyújtani, mérhetőbb főleg a társadalmasítási eredményeket felmutatva. Az éghajlati alkalmazkodás egyszerűsített de nagyon is helytálló tétele a gondolkodj globálisan, cselekedj lokálisan. A lokális cselekvést szintén állami intézmények döntéshozóinak kell bevezetni, ami társadalmi elfogadottság és alaptudás nélkül hamar kudarcba fulladhat. Civil szervezetek (szóbeli) állásfoglalása szerint és saját **meglátásom** szerint is hosszútávon kifizetődőbb arány lehet, ha egy adott összeget nem egy projektre költenek el, amiből egy adott területen például 10% nő a zöldfelület aránya, hanem olyan szemléletformáló és társadalmi érzékenyítő tevékenységre, amely az adott közösségben 10-15% -al növeli a környezeti tudatosságot. Így tud nőni az egyébként megelőző intézkedések bevezetésének támogatottsága is, csökkentve a kockázatát a későbbi konfliktusoknak.

További **megfigyelésem** a Nemzeti Biztonsági Stratégiában, hogy a (VII. Kiemelt biztonsági kockázatok között nem szerepel az éghajlati sérülékenység növekedése a NATO ezirányú kiemelt ajánlása ellenére. A klímaváltozás mondat elnagyolt, a tudományosan bizonyított és predesztinált kockázatok ellenére. A géntechnológia témája nem teljesen illeszkedik a témához. Struktúrájában is a víz ökoszisztéma sokkal hangsúlyosabb megjelenése is ajánlott a biztonságos és alkalmazkodó élelmiszeripar kapcsolódása miatt is.

2. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS KOCKÁZATAI ÉS HATÁSAI

Tágabb perspektívába helyezve és a fenntarthatóság (erős) modelljét³⁹ követve gazdaságunk társadalmi rendszerünk által alakult ki. Társadalmunk pedig egy véges méretű és meghatározott idő alatti megújulásra képes bioszférán él. Fizikai biztonságunk alapja az élelmiszer, a víz, a megfelelő hőmérséklet és a biztonságos környezet, amit a természeti környezet működése biztosít. A Nap a Föld külső energiaforrásként tartja fenn az élethez szükséges hőmérsékletet és így a vizet folyékony állapotban. Az átgondoltan használt vízkészletek támogatják és ellátják környezetüket, alapvető és alacsony költségű közjavakat

³⁹ Giddings, B., Hopwood, B. and O'Brien, G. (2002) Environment, Economy and Society: Fitting Them Together into Sustainable Development. Sustainable Development, 10, 187-196. <https://doi.org/10.1002/sd.199>

(tisztá víz, levegő, biomassza) és szolgáltatásokat biztosítva haszonélvezőinek. A víz szerepe tehát nem csak biztonság-, de gazdaság politikailag is kiemelt. Világszerte több mint 3 milliárd ember függ az országhatárokat átszelő vizektől. (Ennek ellenére napjainkban csak 24 országnak van együttműködési megállapodása a víz közös használatáról.) Az éghajlatváltozás hatásai egyre jobban érezhetőek, a népesség növekedésével együtt sürgősen szükség lenne az országhatárokon belüli, és az országok közötti összefogásra legértékesebb erőforrásunk védelme és megőrzése érdekében.⁴⁰ Az egészségügy, az emberek jóléte, a biztonságos és minőségi élelmiszer előállítás, az energetika biztonság, a gazdasági tevékenységek, valamint a környezet megóvása csak egy jól működő, és méltányosan irányított vízforgalmon alapulhat.⁴¹

A becslések szerint a regionális változások számos térségben jelentős mértékben meghaladják a globális átlagot, így fel kell készülnünk a klímaváltozás hatásainak regionális szintű következményeire, valamint azok kezelésére, tekintettel arra, hogy a Kárpát-medence térsége a nagy klímaérzékenységgű zónába tartozik.^{42,43}

A kutatás az éghajlatváltozás hatásának globális, Európai és Kárpát-medencei szintű bemutatásával folytatódik. Az éghajlati kockázatok és hatások mértékének megállapításához elengedhetetlen egyrészt megérteni a saját országunk és régióink rövid közép és hosszútávú kockázatait. Másrészt fontos látni más régiók és országok kockázatait, amelyek hatással lehetnek ránk. Alvízi ország révén a vízmennyiségünk és vízminőségünk is kitett a felvízi vízhasználóknak. Habár ennek a kutatásnak a keretei nem terjednek ki gazdasági, mezőgazdasági elemzésre, a vízkészlet és csapadékgazdálkodás gyakorlat megváltozásával előnybe vagy hátrányba is kerülhet a későn reagáló fél.

⁴⁰ Dr. Padányi József The Effects of Climate Change on the Military: Risks, Challenges and Answers Budapest, Magyarország : Ludovika Egyetemi Kiadó (2024) , 260 p.

⁴¹ Olajosné Lakatos Boglárka: Természeti kihívások - A vízbiztonság kérdései In.:Klimaváltozás és biztonság Magyarországon Összefoglaló Jelentés Green Policy Center, 2024 Április <https://www.greenpolicycenter.com/2024/04/15/klimavaltozas-es-biztonsag-magyarorszagon-szakpolitikai-javaslatok/>

⁴² Kiss Tibor, Hetesi Zsolt, Füzi Tamás Az átlaghőmérséklet és a csapadékmennyiség alakulása Mosonmagyaróváron Statisztikai Szemle, 97. évfolyam 6. szám 568—593. DOI:[10.20311/stat2019.6.hu0568](https://doi.org/10.20311/stat2019.6.hu0568)

⁴³ Bozó L. Horváth L. – Láng I. – Vári A. (szerk.) [2010]: Környezeti jövőkép – Környezet- és klímabiztonság. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.

2.1. Éghajlati hatások globálisan és Európában

A Föld történetében számos jelentős, az egész bolygót megváltoztató éghajlatváltozás történt⁴⁴ eddig főleg a természeti környezet változása miatt (vulkánkitörés, tektonikai mozgás, óceáni áramlás, naptevékenység).⁴⁵

Az éghajlat nemcsak a légkör, hanem a vele érintkezésben levő négy geoszféra (krioszféra, hidroszféra, bioszféra, atmoszféra) kölcsönhatásban álló együttese.⁴⁶ Az éghajlati rendszer központi, leginkább instabilis és legnagyobb változékonyságú komponense a légkör.⁴⁷ Amennyiben az éghajlati rendszer bármely komponense változik, úgy az éghajlat is változik. Ebben a rendszerben bizonyos változékonyság minden külső kényszer nélkül is ki tud alakulni. Ezt a globális éghajlati modellek kontroll futtatásai bizonyítják, melyeket sem természetes, sem hatások sem befolyásoltak.⁴⁸ A jelenkori éghajlatváltozás és az átlaghőmérséklet növekedésének fő kiváltó oka az üvegház gázok légkörben való felgyülemzése.⁴⁹

A globális éghajlati forgatókönyvekből Európára kiolvasható előrejelzések is erősen különböznek egymástól, a csapadék tekintetében akár a változás előjelében is. Az időtáv növekedésével a bizonytalanság is növekszik. A bizonytalanságok ellenére az éghajlati forgatókönyvek abban megegyeznek, hogy mind a hőmérséklet, mind a csapadék előre jelzett változása minden esetben meghaladja a természetes változékonyságot.

A globális felmelegedés következtében olvadó sarki jég és gleccserek miatti tengerszint emelkedése elkerülhetetlen. Egyes pesszimista scénáriók alapján a jelenlegi trend folytatódásával a 2030-as évek második felére nyáron teljesen jégmentessé válhat az Északi-sarkvidék. A sarki jég csökkenése jelentős, 2,7 %/év, nyáron 7,9 %/év.⁵⁰ A vízszint emelkedés

⁴⁴ Wolfgang Behringer A klíma kultúrtörténete, 2017 Corvina Kiadó

⁴⁵ Salma I. (2006): A légköri aeroszol szerepe a globális éghajlatváltozásban. Magyar tudomány. MTA folyóirata. Budapest. 167 (2): 205-211. <http://www.matud.iif.hu/06feb/13.html>

⁴⁶ Stocker, T. (2011). Model Hierarchy and Simplified Climate Models. In: Introduction to Climate Modelling. Advances in Geophysical and Environmental Mechanics and Mathematics. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-00773-6_2

⁴⁷ Hantel, M. (2013). *Einführung Theoretische Meteorologie*. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg.

⁴⁸ Mika J. (2014): Szünetelő melegedés –kihívások és következtetések az IPCC jelentéseiben (2013-2014). VII. Magyar Földrajzi Konferencia. Abstract Volume, Miskolc: 12-13. https://foldrajz.uni-miskolc.hu/files/20535/VII_Magyar_Foldrajzi_Konferencia_Kotet.pdf

⁴⁹ Mika János: Adalékok az éghajlatváltozás tudományos hátteréhez Tanulmányok geometodika 7. 2. (2023) Pp. 5–26. Doi: <https://doi.org/10.26888/Geomet.2023.7.2.1>

⁵⁰ Wang, M., Overland, J. E. (2009): A sea ice free summer Arctic within 30 years? Geophysical Research Letters 36 (7). doi: 10.1029/2009GL037820. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009GL037820>

1993 és 2014 között átlagosan 2,9-3 mm/év, ez közel kétszer akkora, mint 1963 és 1993 között (1,3 mm/év).⁵¹ Ez a folyamat más antropogén hatásokkal együtt súlyosbítva, veszélyezteti a parti ökoszisztémákat, így az emberek biztonságát is.

Az átlaghőmérséklet emelkedése miatt fokozódik a vízkörforgás intenzitása. Az átlagos évi lefolyással jellemzett megújuló, hasznosítható vízkészlet a 21. század közepére globálisan közel 10%-kal növekedhet, ezen belül 10–40%-kal növekedhet a magasabb földrajzi szélességeken és egyes nedves trópusi területen, 10–30%-kal csökkenhet a közepes földrajzi szélességeken és a száraz trópusi térségben. A csökkenés többnyire olyan területeket érint, amelyek vízben ma is szegények, mint Európában a Földközi-tenger medencéje, az Egyesült Államok nyugati partvidéke, Afrika déli része, Brazília észak-keleti vidéke, Ausztrália egyes térségei. A felszín alatti vizek utánpótlása globális léptékben várhatóan alig változik, kismértékben inkább növekedhet, de egyes térségekben (pl. Európa mediterrán vidéke) csökkenhet. A gleccserek és a hótakaró olvadása miatt az elkövetkező két, három évtizedben nőhet a lefolyás, a teljes vagy nagymértékű elolvadást követően azonban csökken, sőt megszűnik a lefolyás éven belüli kiegyenlítésében játszott szerepük, amiért számottevően csökkenhet a tavaszi és nyári időszak lefolyása. Az Alpok gleccserei nagy részének olvadását követően a nyári lefolyás akár 50%-kal is csökkenhet.⁵²

Az IPCC Ötödik Helyzetértékelő Jelentésében (AR5, 2013) olvasható, hogy az elmúlt három évtized mindegyike melegebb volt az azt megelőző évtizedeknél és 2035-ig a globális átlaghőmérséklet valószínűleg további 0,3-0,7 °C-kal fog emelkedni. A hosszútávú, 2100-ig tartó időszak utolsó három évtizedében várhatóan átlagosan 1,5 °C- kal vagy akár 2 °C-kal is meghaladhatja a globális felszínhőmérséklet az iparosodás előtti szintet. A Jelentés is megerősíti, hogy az óceánok felső, 700 méterig terjedő szintje melegebb lett és az óceánok mélyebb szintjei is valószínűleg melegedtek (főleg a déli-félteke óceánjai). A jelentés szerint a hó a felszíntől a mély óceánok felé fog terjedni és hatással lesz az óceáni cirkulációra is. Az IPCC jelentésének egyik legfontosabb megállapítása, hogy a 20. század közepe óta valószínűleg az emberi tevékenység is hatással volt a globális vízkörforgalomra, pl. nőtt a száraz időszakok hossza Eurázsia belső területein, illetve nőtt a csapadék az északi félteke

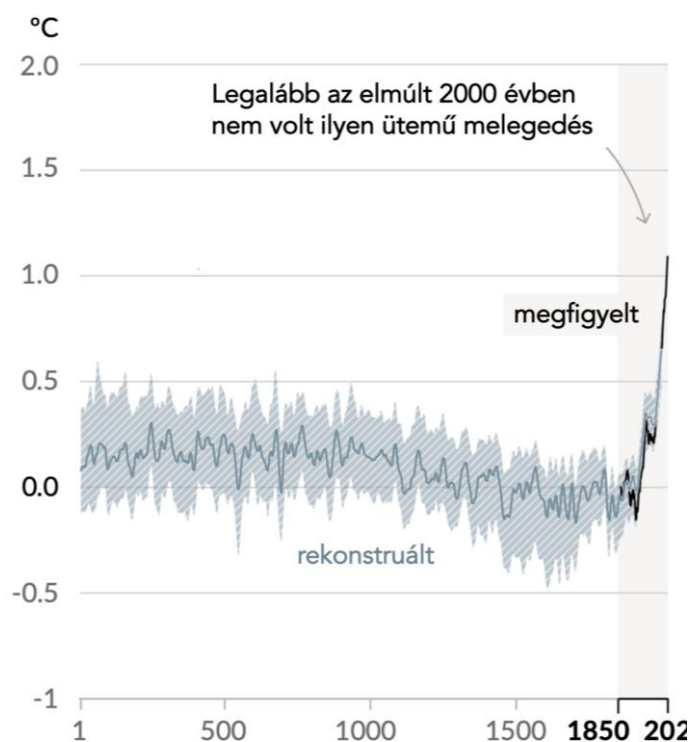
⁵¹ Watson, C. S., White, N. J., Church J. A., King, M. A., Burgette, R. J., Legresy, B. (2015): Unabated global mean sea-level rise over the satellite altimeter era. *Nature Climate Change* 5: 565-568. <https://www.nature.com/articles/nclimate2635>

⁵² Nováky Béla: Az éghajlatváltozás, hatásai és az intézkedések az IPCC Negyedik Értékelő Jelentése tükrében *Tájökológiai Lapok* 7 (1): 241–268 (2009) http://real.mtak.hu/126287/1/17_Novaky.pdf

közepes szélességeken.⁵³ Az IPCC Hatodik jelentésének (AR6, 2023) kiemelkedő megállapításai szerint

- Körülbelül 125 ezer éve nem volt ilyen magas az átlaghőmérséklet és legalább az elmúlt 2000 évben nem volt ilyen ütemű melegedés a Földön (2. ábra).

2. ábra A globális felszíni átlaghőmérséklet alakulása az elmúlt 2000 évben



Forrás: [IPCC AR6 WGI](#), és Lehocky Annamária⁵⁴ fordítása

- Nagymértékű és hirtelen változások következtek be a légkörben, az óceánban, a krioszférában és a bioszférában. Az ember okozta éghajlatváltozás már most is számos időjárási és éghajlati szélsőséget érint a világ minden régiójában.
- Az alkalmazkodás tervezése és végrehajtása minden ágazatban és régióban előrehaladt, dokumentált előnyökkel és változó hatékonysággal. Az előrehaladás ellenére az alkalmazkodási folyamatokban hiányosságok vannak, és a végrehajtás jelenlegi

⁵³ IPCC IPCC's Fifth Assessment Report (AR5). 2013

⁵⁴<https://masfelfok.hu/2022/08/09/voros-riasztas-az-emberisegnek-8-teny-amit-tudnod-kell-a-legutobbi-ipcc-jelentesrol/>

ütemével tovább fog növekedni. Egyes ágazatokban és régiókban helytelen alkalmazkodás történik. Az alkalmazkodáshoz szükséges jelenlegi globális pénzügyi folyósítások nem elegendőek az alkalmazkodási intézkedésekhez. (AR6)⁵⁵

1950 óta számos szélsőséges időjárási és éghajlati eseményben figyeltek meg változásokat az emberi tevékenységgel összefüggésben is, ilyen többek között a hideg szélsőségek csökkenése, a meleg szélsőségek extrém növekedése, illetve a szélsőséges időjárási események számának gyarapodása.

Míg a gazdaság mára teljesen globálissá vált, annak minden áldásával és átkával, addig a globális szintű kormányzás gyermekcipőben jár. A civil szervezetek tudományok globális hálózatai pedig egyfajta köztes helyet foglalnak el, ahogyan azt a klímavédelem során az IPCC vagy a nagy környezetvédő szervezetek már látható szerepe, de egyelőre még csak korlátozott hatása is mutatja.⁵⁶

2.2. Az éghajlatváltozás hatásai a Kárpát-medencében

Magyarországon az éghajlatváltozás hatásai a vízhiány és a víztöbblet jelenségéből kialakuló problémák jellemzők. Az egyre gyakrabban elhúzódó csapadékhiányos és így a vízhiányos időszakok élelmiszerbiztonsági, ellátásbiztonsági, akár energiabiztonsági kockázata jelentősen fokozódik az elkövetkezendő években. A hirtelen nagy mennyiségben megjelenő víztöbblet pedig védekezési, infrastrukturális, illetve szintúgy kárenyhítési költségeinek kihívásai jelentősek. Az éghajlatváltozás gazdasági aspektusai hazai környezetben sem térnek el a globálisan várhatótól.

Az alfejezetben a Kárpát-medencei, különösen a Magyarországon fennálló hatásokat elemzem a legrelevánsabb kutatások eredményeiből és következtetéseiből.

A Kárpát-medencére és más európai régiókra vonatkozó várható hatásokat az IPCC Hatodik értékelő jelentése⁵⁷ tovább részletezi. A nagy felbontású, globális numerikus modellek előrejelzései szerint, a növekvő száraz időszakok a fű és a termés hozam csökkenését jelentik mind a hegyvidéki, mind az alacsonyabb területeken. A szárazföldön jelentősebb felmelegedést

⁵⁵ IPCC Sixth Assessment Report (AR6) 2023

⁵⁶ Besenyei Mónika, Fülöp Sándor, HEetesi Zsolt: Vigyázó szemünket Párizsra vetettük – a klímaváltozás és a klímamegállapodás versenyfutása ACTA HUMANA • 2016/2. 53–73.
https://real.mtak.hu/122254/1/AH_2016_2_Besenyei_Monika.pdf

⁵⁷ IPCC Sixth Assessment Report (AR6) 2023 8. fejezet, Douville et al. [4],

okoz, mint az óceánok felett, ami megváltoztatja a nagy léptékű légköri keringési mintákat, és így csökkenti a relatív páratartalmat a kontinens határterületében, ami hozzájárul a regionális aszályokhoz. Ezzel párhuzamosan a troposzféra középső és magasabb víztartalmának növekedése felerősíti a heves csapadékos eseményeket, amelyek fokozzák az árvízi veszélyek súlyosságát.⁵⁸

Az éghajlatváltozás hatásai közül a legjelentősebbek a víz körforgásának változásaiban jelentkeznek. A hőmérséklet-emelkedés hatására megnő a párolgás, a víz körforgása felgyorsul, több árvizes és aszályos időszak váltja majd egymást, és megnövekszik az extrém időjárási események valószínűsége és intenzitása is.

A 21. századra a regionális klímamodellek számítási eredményei alapján a hőmérséklet további emelkedésére kell számítanunk, amelynek mértéke 2021–2050-re minden évszakban szinte Magyarország egész területén eléri az átlag 1°C-ot, az évszázad végére pedig a nyári hónapokban a 4°C-ot is meghaladhatja az 1961–1990 referencia-időszakhoz viszonyítva. A csapadék éves összegében nem számíthatunk nagy változásokra, az eddigi évszakai eloszlás viszont nagy valószínűséggel átrendeződik.

Az "Éghajlatváltozás, hatások és sérülékenység Európában 2016-ban" (Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016⁵⁹) c. jelentés szerint az éghajlat megfigyelt változásainak szerteágazó hatásai már az ökoszisztémákban, a gazdaságban, valamint az emberi egészség és a jólét vonatkozásában is kimutathatóak az egész kontinensen, az éghajlatváltozás veszteseként említve a Kárpát-Medencét.⁶⁰

Hőmérséklet

Az ENSEMBLES szimulációk eredményei alapján az évi középhőmérséklet változása az évszázad közepén (2021–2050) várhatóan 1–2 °C közötti, az évszázad végén (2071–2100) 1,5–4 °C. A legnagyobb melegedés mindkét időszakban a kontinens északkeleti és déli részén

⁵⁸ Jánosi, I.M.; Bíró, T.; Lakatos, B.O.; Gallas, J.A.C.; Szöllosi-Nagy, A. Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. *Climate* **2023**, *11*, 118. <https://doi.org/10.3390/cli11060118>

⁵⁹ European Environment Agency: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 An indicator-based report EEA Report No 1/2017 ISSN 1977-8449 file:///C:/Users/lakatosb/Downloads/Climate%20change%20impacts%20and%20vulnerabilities%202016%20T HAL17001ENN.pdf

⁶⁰ Somfalvi-Tóth Katalin: Az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások, eredmények, hatások In: Éghajlatváltozás az agráriumban kihívások és megoldások MTA Pécsi Területi Bizottsága Pécs– MATE Kaposvári Campus Kaposvár 2021 [ISBN 978-615-01-0853-7](https://doi.org/10.1007/978-615-01-0853-7)

valószínűsíthető.⁶¹ Általában minden évszakban a legkisebb melegedés az óceáni területeken jelentkezik. Egész Európában a legnagyobb várható melegedés télen az északkeleti régióban valószínűsíthető, melynek mértéke akár az 5–6°C-ot is meghaladhatja. Hasonló a változás tavasszal és ősszel is, azaz Európa északkeleti térségében várható a legnagyobb évszakai melegedés az évszázad végére, s délnyugati irányba haladva csökken a prognosztizált melegedés mértéke. Ezzel ellentétben a nyári tendencia szerkezete, ahol a legnagyobb (4°C-ot meghaladó) melegedés a vizsgált terület déli részén, a Földközi-tenger körzetében jelentkezik. Magyarországon az évi középhőmérséklet területi eloszlása a következő (OMSZ adatok alapján): Észak-Alföld, Nyírség, Dél-Alföld, Dél-Dunántúl, Mecsek, Kisalföld térségében 1,6–1,8 °C, az ország többi részén 1,3–1,4 °C. A melegedési tendenciát leginkább a nyarak hőmérséklete tükrözi, az utolsó 30 évben közel 2 °C-kal emelkedett az évszaki középhőmérséklete. Előfordultak hűvösebb nyarak is, de ezek leginkább a 20. század első felét jellemezték. Az őszi esetben a lineáris melegedés 0,68 °C, mely nem egyértelmű, de jelentős, a tél középhőmérséklete 0,65 °C-kal emelkedett (Lakatos et al., 2018).⁶²

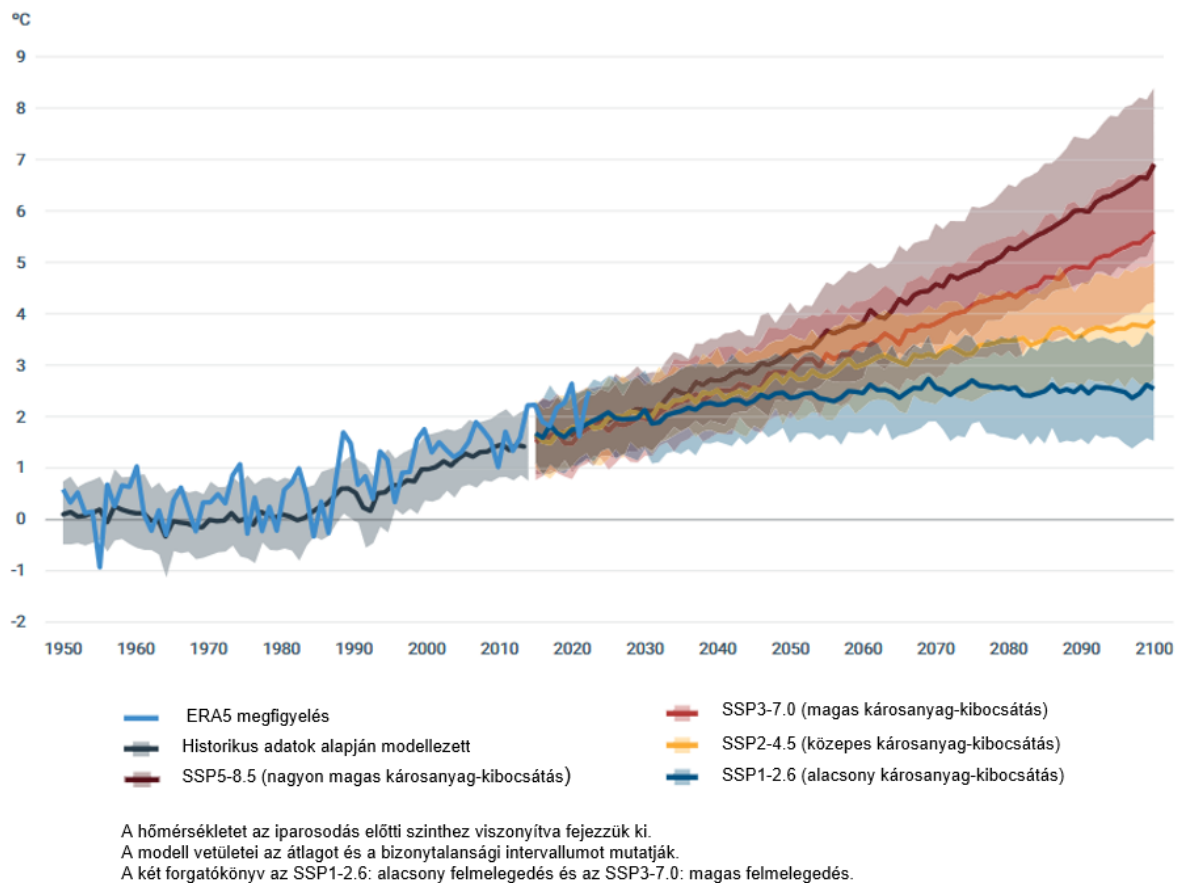
Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2024-es jelentése szerint a legtöbb éghajlati veszély Európában a 21. század folyamán tovább fog növekedni a párizsi megállapodással összeegyeztethető optimista forgatókönyvek szerint, de a nagyságrend és a változás üteme az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére irányuló globális erőfeszítésektől függ.⁶³

3. ábra Megfigyelt és előrejelzett hőmérséklet-emelkedés az európai szárazföldön

⁶¹ Bartholy Judit, Bozó László, Haszpra László: *KLÍMAVÁLTOZÁS – 2011 Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére* Budapest, 2011 ISBN 978-963-284-232-5

⁶² Lakatos M., Bihari Z., Hoffmann L., Izsák B., Kircsi A., Szentimrey T. (2018): Éghajlatváltozás. Megfigyelt változások Magyarországon. OMSZ (2018. február 20.), www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag

⁶³ European Environment Agency European Climate Risk Assessment Report, EEA Report 1/2024 <https://www.eea.europa.eu/publications/european-climate-risk-assessment> ISBN: 978-92-9480-627-7



Forrás: Szerző saját szerkesztése és fordítása a Copernicus Climate Change Service (C3S) adatai és az EEA Report 01/2024 alapján.

Csapadék

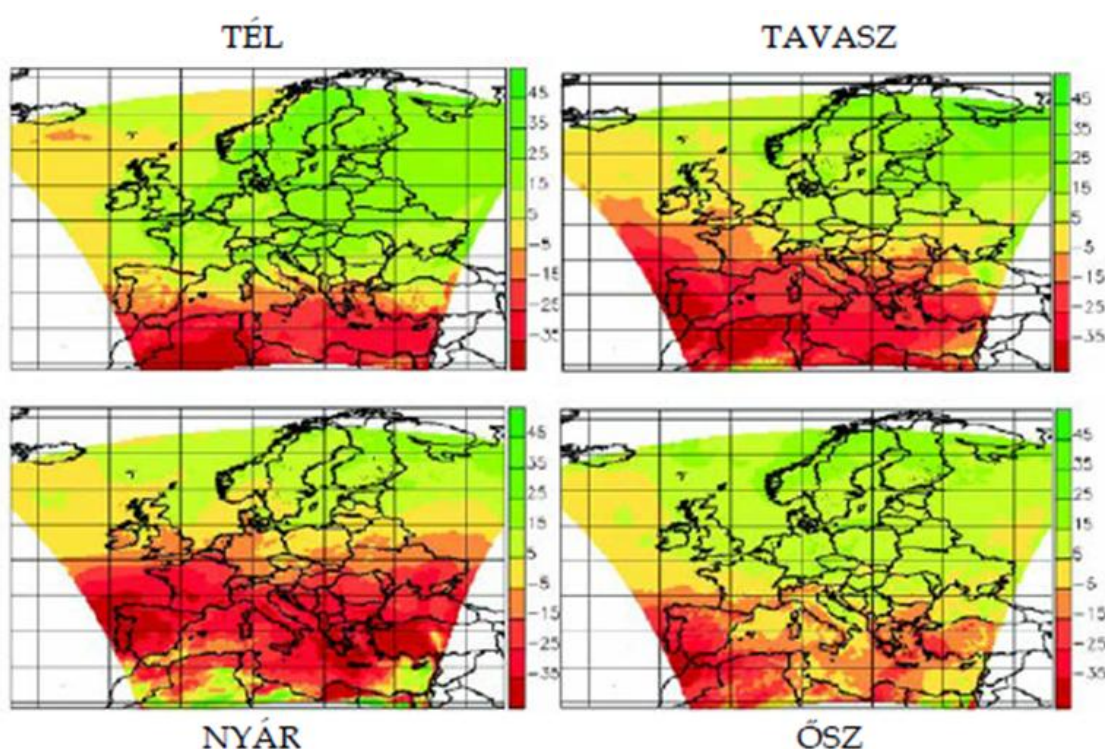
A csapadék a Kárpát-medencében térben és időben eltérő paraméter, így a tendenciákat nehezebb kimutatni. Magyarországon az éves csapadék mennyisége csökken 110 éves idősoron, hazánkban Dél-Európához hasonló tendencia tapasztalható. Míg az évi középhőmérséklet az elmúlt 30 évben szignifikáns növekedést mutat, addig a csapadék változása nem mutatható ki egyértelműen (Lakatos et al., 2018). (Kiss et.al. 2019)⁶⁴ tanulmányban a szerzők Mosonmagyaróvár, mint közép város adatainak elemzésével vizsgálják az átlaghőmérséklet és a csapadékösszeg változását 1871 és 2018 között. A mindennapok híradásainak, kutatásainak megfelelően alakították ki hipotéziseiket, miszerint az átlagos hőmérséklet nő, a csapadék mennyisége csökken, és mindkét esetben szélsőséges

⁶⁴ Kiss-Hetesi-Füzi: Az átlaghőmérséklet és a csapadékmennyiség alakulása Mosonmagyaróváron Statisztikai Szemle 97. évfolyam 6. szám 568-593. oldal DOI: 10.20311/stat2019.6.hu0568

válí az időjárás, tehát a melegebb éveket még melegebbek követik, a kevesebb csapadékot hozó év még kevesebb csapadékot eredményez a következő évben/években. Az idősorokban levő trendek kimutatására regresszióanalízist, a szélsőségesnek tekinthető időjárási viszonyokra GARCH-modelleket alkalmaztak. A tanulmány megállapításai szerint a csapadékmennyiség csökkenésén kívül a hipotézisek igazolhatók.

A 2071–2100-ra várható átlagos évszakos csapadékváltozásokat az 5. ábra foglalja össze az RCM-szimulációk alapján. A térképek jól követhető, hogy a csapadékcsökkenést és -növekedést elválasztó zóna földrajzi szélessége jelentősen eltér egymástól a különböző évszakokban.

4. ábra Az évszakos csapadékmennyiség átlagos változása (%) 2071-20100-ra az A1B
scenárió esetén, referenciaidőszak: 1960-1990



Forrás: Bartholy Judit et al⁶⁵

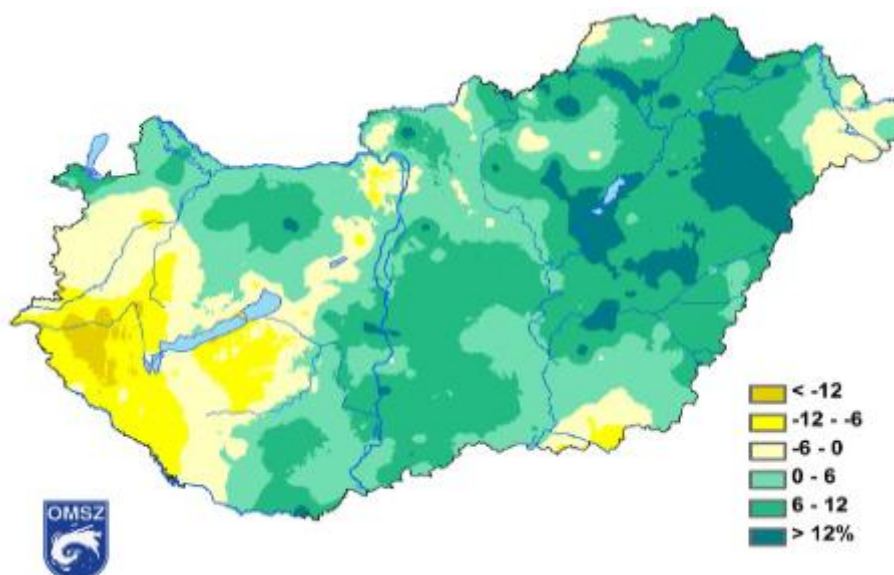
A nyári csapadék a következő évtizedekben 5%-ot, az évszázad végére pedig 20%-ot elérő csökkenése bizonyosnak tűnik, amelyet nagy valószínűséggel az őszi és a téli csapadék növekedése fog kompenzálni. A nagy mennyiségű és intenzív csapadékos jelenségek várhatóan

⁶⁵ Bartholy Judit, Bozó László, Haszpra László: *KLÍMAVÁLTOZÁS – 2011 klímaszenáriók a Kárpát-medence térségére* Budapest, 2011 ISBN 978-963-284-232-5 124. oldal

ősszel lesznek gyakoribbak, a száraz időszakok hossza pedig nyáron fog leginkább növekedni. A szélsőségek várható alakulása jellegzetes térbeli eloszlást mutat, és elsősorban Magyarország középső, déli és keleti területeit érinti kedvezőtlenül, ami a területisértékeltség-vizsgálatok jelentőségére hívja fel a figyelmet.

A múlt század közepétől végbement csapadékváltozás területi eloszlásában kijelenthető, hogy leginkább a Nyugat-magyarországi peremvidéken és a Dél-Alföldön csökkent a lehullott csapadék mennyisége, 10-15 %-kal (6. ábra).

5. ábra Az éves csapadékösszeg %-os változása 1961 és 2016 között



Forrás: OMSZ

A négy évszak összehasonlításában a legnagyobb csapadékcsökkenés tavasszal következett be, értéke megközelíti a 20 %-ot. A mezőgazdaság szempontjából kritikus 500 mm-es szint alatti csapadék előfordulása gyakoribbá vált: ez 1901 és 1950 között 6 alkalommal, 1951 és 2000 között 10 alkalommal, 2001 és 2015 között 4 alkalommal, mely területi eloszlásban változó (Anda és Kocsis, 2010).⁶⁶

⁶⁶ Anda A., Kocsis T. (2010): Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazda Kiadó

Bartholy és Pongrácz⁶⁷, Bartholy és Pongrácz⁶⁸, Bartholy és Pongrácz⁶⁹ elemzései feltárták, hogy a 20. század második felében megnőtt a szélsőséges csapadékesemények intenzitása és gyakorisága. különösen a nyolcvanas évek óta, miközben a teljes (éves) összeg enyhén csökkent. Domonkos⁷⁰ egy korábbi tanulmánya már az összesített havi adatok alapján kimutatta az éves csapadékösszeg jelentős csökkenését a 20. században. Ilona et al.⁷¹ a történelmi (1871–1918) és a közelmúltbeli (1971–2020) időszakok összehasonlításával is jelentős változásokat tárt fel a csapadék összesített értékében. A síkvidékeken a tavaszi és őszi szezonban a csapadékösszeg csökkenése meghaladja a 20%-ot. Az eloszlások eltolódása csak néhány állomáson figyelhető meg.

Szél

A Kárpát-medencében az újraelemzési adatok statisztikailag szignifikáns negatív tendenciákat jeleznek a nyugati szélsőbesség magasabb troposzférikus szintjein, és pozitív tendenciákat a nagyon magas sztratoszférikus szinteken.⁷² A sarki körbefutó áramlások erősen meghatározzák

⁶⁷ Bartholy, J.; Pongrácz, R. Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Glob. Planet. Chang.* **2007**, *57*, 83–95 <https://www.mdpi.com/2225-1154/11/6/118#B30-climate-11-00118>

⁶⁸ Bartholy, J.; Pongrácz, R. Tendencies of extreme climate indices based on daily precipitation in the Carpathian Basin for the 20th century. *Időjárás (Q. J. Hung. Meteorol. Serv.)* **2005**, *109*, 1–20. Available online: <https://www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/idojaras/index.php?id=238>

⁶⁹ Bartholy, J.; Pongrácz, R. Analysis of precipitation conditions for the Carpathian Basin based on extreme indices in the 20th century and climate simulations for 2050 and 2100. *Phys. Chem. Earth* **2010**, *35*, 43–51. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474706510000264>

⁷⁰ Domonkos, P. Recent precipitation trends in Hungary in the context of larger scale climatic changes. *Nat. Hazards* **2003**, *29*, 255–271. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1023690014955>

⁷¹ Ilona, J.; Bartók, B.; Dumitrescu, A.; Cheval, S.; Gandhi, A.; Tordai, A.V.; Weidinger, T. Using long-term historical meteorological data for climate change analysis in the Carpathian region. *Atmosphere* **2022**, *13*, 1751. <https://www.mdpi.com/2073-4433/13/11/1751>

⁷² Zsilinszki, A.; Dezső, Z.; Bartholy, J.; Pongrácz, R. Synoptic-climatological analysis of high level air flow over the Carpathian Basin. *Időjárás (Q. J. Hung. Meteorol. Serv.)* **2019**, *123*, 19–38.

<https://real.mtak.hu/100710/1/c721a8ff88ae4c892ce3ada69a6f892c-123-1-2-zsilinszki.pdf> (letöltés 2024 11.13)

a szélsőséges hőségek mintázatát.⁷³ Lóczy et al.⁷⁴ nyomán a Kárpát-medence 26.5 % -a jelentősen kitett a szélerózió hatásának. A modell szimulációk eredményei arra utalnak, hogy míg Közép- és Nyugat-Európa északi részén a szélsőséges szélsőségek gyakorisága és intenzitása növekedni, addig Dél-Európában várhatóan csökkenni fog a jövőben. A potenciális vihkárokat regressziós modellek felhasználásával becsülték. Az extrém szélsőségek változásához hasonlóan Nyugat- és különösen Közép-Európa térségére a vihkárok jelentős növekedése valószínűsíthető.⁷⁵

Légköri nedvesség

A légköri nedvesség nagy térbeli és időbeli változékonyságát szépen demonstrálja Cséplő et al. munkája⁷⁶, amelyben 60 év köd klimatológiáját vizsgálták Magyarországon. Egyértelmű tendenciák nem igazán voltak megfigyelhetők; ehelyett az időbeli viselkedés határozott helyfüggőséget mutatott. Azonban Ilona et al.⁷⁷ összevetette az 1886–1916 közötti történelmi köd rekordokat az 1990–2020 közötti friss adatokkal. Míg az évtizedes trendek nem voltak jelentősek, a ködös napok átlagos száma egy évben 16,2 nappal nőtt az elmúlt három évtizedben a 19. század fordulójához képest.

Hidrológiai trendek

Mivel a melegedő éghajlatban a extrém száraz és extrém csapadékos események súlyossága megnövekszik (jelentős regionális és szezonális inhomogenitások mellett), az ilyen változások nyilvánvalóan minden hidrológiai változót befolyásolnak.

⁷³Jánosi, I.M.; Bíró, T.; Lakatos, B.O.; Gallas, J.A.C.; Szöllosi-Nagy, A. Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. *Climate* **2023**, *11*, 118. <https://doi.org/10.3390/cli11060118>

⁷⁴ Lóczy, D., Á. Kertész, J. Lóki, T. Kiss, P. Rózsa, G. Sipos, L. Sütő, J. Szabó, and M. Veress. 2012. Recent landform evolution in Hungary. In *Recent landform evolution*, ed. D. Lóczy, M. Stankoviansky, and A. Kotarba, 205–247. New York: Springer.

⁷⁵ Jánosi, I.M.; Bíró, T.; Lakatos, B.O.; Gallas, J.A.C.; Szöllosi-Nagy, A. Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. *Climate* **2023**, *11*, 118. <https://doi.org/10.3390/cli11060118>

⁷⁶ Cséplő, A.; Sarkadi, N.; Horváth, A.; Schmeller, G.; Lemler, T. Fog climatology in Hungary. *Időjárás (Q. J. Hung. Meteorol. Serv.)* **2019**, *123*, 241–264. in ref 47.

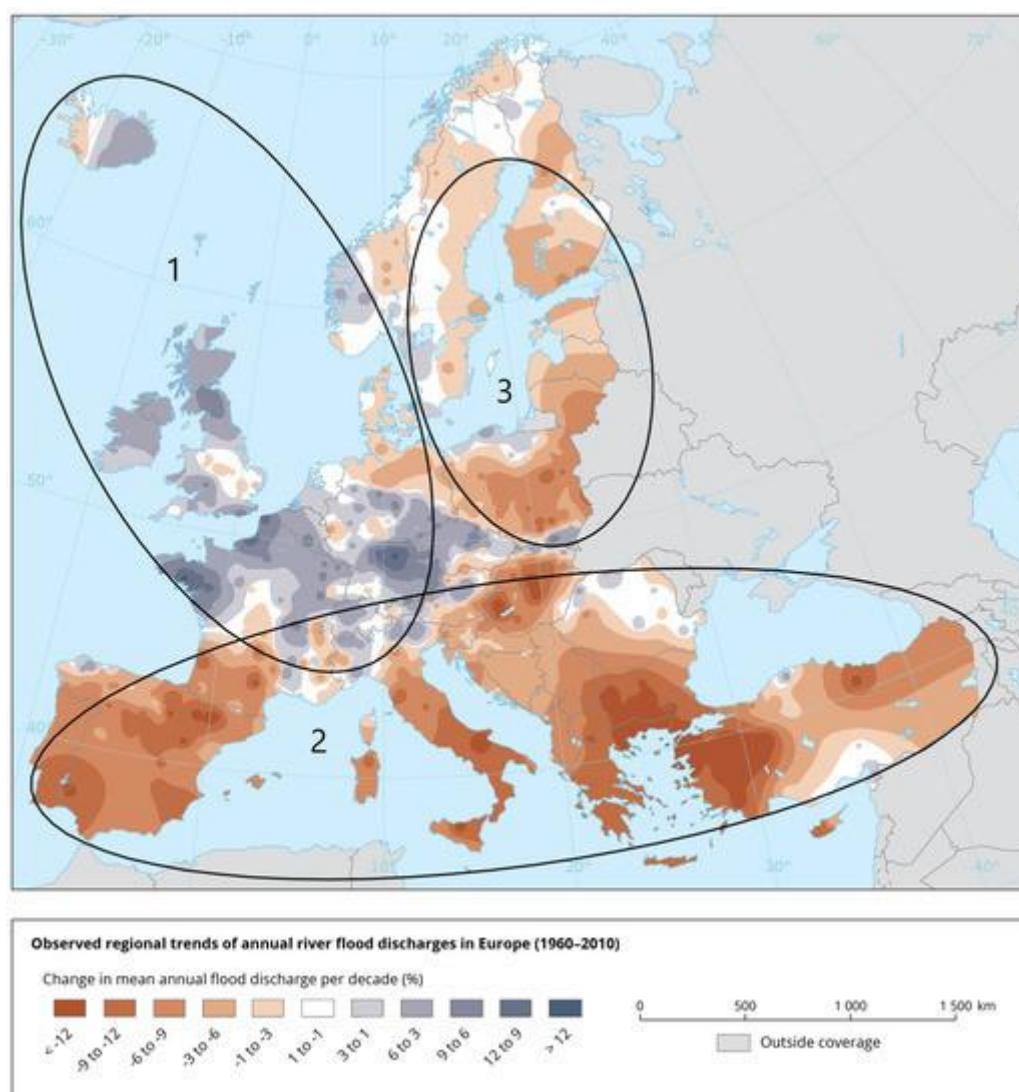
⁷⁷ Ilona, J.; Bartók, B.; Dumitrescu, A.; Cheval, S.; Gandhi, A.; Tordai, A.V.; Weidinger, T. Using long-term historical meteorological data for climate change analysis in the Carpathian region. *Atmosphere* **2022**, *13*, 1751.

Továbbá a hidrológiai trendek szezonális minimumának és maximumának időbeli eltolódása főként a hó és a gleccserek olvadása által dominált alpesi vízgyűjtőkön figyelhető meg. Egy az Európai Árvízi Adatbázison alapuló friss tanulmány⁷⁸ megállapította, hogy az évszázadonként egyszer előforduló árvizek tendenciái Európában hasonló földrajzi mintázatot mutatnak, mint az 1960–2010 közötti időszak átlagos árvizei, néhány eltéréssel a régió és a vízgyűjtő terület nagyságában. Blöschl et al.⁷⁹ az 1960–2010 közötti időszakra vonatkozó folyami árvizek regionális tendenciáit gyűjtötte ki Európában. Az elemzés 3738 hidrometriai állomás 1960–2010 közötti időszakra vonatkozó folyóvízhozam-megfigyeléseire alapul. Az eredményt a 6. ábra mutatja.

6. ábra Európa nagy folyóinak árvízi tendenciái 1960–2010 közötti

⁷⁸ Hall, J.; Arheimer, B.; Aronica, G.T.; Bilibashi, A.; Boháč, M.; Bonacci, O.; Borga, M.; Burlando, P.; Castellarin, A.; Chirico, G.B.; et al. A European Flood Database: Facilitating comprehensive flood research beyond administrative boundaries. *Proc. Int. Assoc. Hydrol. Sci.* **2015**, 370, 89–95.

⁷⁹ Blöschl, G.; Hall, J.; Viglione, A.; Perdigão, R.A.P.; Parajka, J.; Merz, B.; Lun, D.; Arheimer, B.; Aronica, G.T.; Bilibashi, A.; et al. Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature* **2019**, 573, 108–111. https://github.com/tuwghydro/europe_floods



Forrás: Blöschl et al.⁸⁰

A három számozott alrégió különböző úgynevezett elsődleges “driver” tartozik. 1: Északnyugat-Európa: Növekvő csapadék és talajnedvesség. 2: Dél-Európa, csökkenő csapadék és növekvő párolgás. 3: Kelet-Északkelet-Európa, csökkenő csapadék és korábbi hóolvadás. A Kárpát-medence területe évtizedenként 5-12%-kal csökkenő éves maximális vízhozam-tendenciát mutat. Egy részletes statisztikai elemzésben Rottler et al.⁸¹ értékelte a folyók vízhozamára vonatkozó adatok tendenciáit néhány közép-európai vízgyűjtőn az 1869–2016

⁸⁰ Blöschl G.; Hall, J.; Viglione, A.; Perdigão, R.A.P.; Parajka, J.; Merz, B.; Lun, D.; Arheimer, B.; Aronica, G.T.; Bilibashi, A.; et al. Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature* 2019, 573, 108–111.

⁸¹ Rottler, E.; Franke, T.; Bürger, G.; Bronstert, A. Long-term changes in central European river discharge for 1869–2016: Impact of changing snow covers, reservoir constructions and an intensified hydrological cycle. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2020**, 24, 1721–1740. <https://hess.copernicus.org/articles/24/1721/2020/>

közötti időszakra vonatkozóan. Négy mérőállomás biztosította az Inn és a Rajna folyók kivételesen hosszú idősorát. A szerzők jelentős változásokat észleltek a folyók lefolyásának szezonálisában a csapadék és hóolvadás által dominált helyeken, főként a huszadik század második felében. A folyók lefolyásának szezonálisága az elmúlt évtizedekben a légkör felmelegedési tendenciája miatt csökkent, mivel az összes csapadék egyre nagyobb hányada folyékonnyá vált.

Felszín alatti vizek

A légkör és a felszín alatti vizek közötti kapcsolat a beszivárgás és a vízkivétel és az evapotranszpiráció folyamataiban nyilvánul meg. Az ivóvízbázisok klímaváltozásnak való kitettségét ennek megfelelően azoknak a meteorológiai elemeknek a változékonysága és várható jövőbeli alakulása jelenti, amelyek ezeket a folyamatokat döntően meghatározzák. Ilyen tényezők a csapadék változékonysága, valamint a csapadékhullást megelőző időszakban az adott talajzónából történő párolgás, illetve párologtatás, mely utóbbi nagyrészt a hőmérsékletváltozás függvénye. A felszín alatti ivóvízbázisok sajátos formáját képezik.

A Kárpát-medencében található sekély alföldi talaj víztározók többnyire mezőgazdasági célokat szolgálnak; így az 1930-as évektől már kúthálózat is kiépült.

A talajvízszintek hosszú idősorai jelentős ingadozásokat, szezonálisitást és dekadális tendenciákat mutatnak. Főleg az 1970-es évektől jellemző a szisztematikus kimerülés a megfigyelő kutak többségénél. Egy friss becslés ⁸² több helyi vízgyűjtőre (5-10 ezer km²) kimutatta, hogy a talajvízkészlet 3-5 km³-t tesz ki /év pozitív és negatív irányban is változik az éghajlati hatások miatt. Ez az éves tartomány összemérhető az emberi vízhasználattal (házánkban ezek összesen mintegy 5 km³/év); következésképp a klímaváltozás jelentősen befolyásolja a regionális vízkészletek változásait.

A Kárpát-medencében várhatóan gyakrabban fordulnak elő árvizek a téli-kora tavaszi időszakokban, mivel a Duna szinte minden mellékfolyója a környező hegyekből ered, ahol a tél hó helyett már inkább az eső jellemző. Ugyanez a várható további téli felmelegedés csökkenti a jégtorlódásos árvizek kockázatát a térségben.

⁸² Tran, H.Q.; Fehér, Z.Z.; Túri, N.; Rakonczai, J. Climate change as an environmental threat on the central plains of the Carpathian Basin based on regional water balances. *Geogr. Pannonica* **2022**, *26*, 184–199. <https://www.aseestant.ceon.rs/index.php/geopan/article/view/37271>

A Duna vízgyűjtőjére (DRB) a Nemzetközi Duna Védelmi Bizottság 2012-ben kapott felhatalmazást egy alkalmazkodási stratégia kidolgozására és 2018-ban a stratégia aktualizálására a klímaváltozással és annak vízzel kapcsolatos hatásaival foglalkozó, aktuális kutatási és fejlesztési projektek és tanulmányok számos dokumentumát részletesen elemezték és az eredményeket összegezték. Eredményeik szerint a hőmérséklet a medence egészében emelkedni fog. A csapadék trendje erős északnyugat-délkeleti gradienst és jelentős szezonális-változásokat mutat. A lefolyási minták megváltoznak, és felerősödnek a szélsőséges időjárási események. Az eredmények nagyságrendje azonban a Duna Régió heterogenitása miatt erős térbeli változékonyságot mutat. A felmérések szerint ezek a változások többnyire negatív hatással lesznek minden vízzel kapcsolatos ágazatra.⁸³

Az éghajlatváltozás Magyarországon tapasztalható és jellemző szélsőséges éghajlati jelenségei: az árvíz, belvíz, aszály, villámárvíz. A következő alfejezetekben a fogalmak tisztázása után a hazai védekezési koncepció és az erre felépített infrastrukturális berendezkedés kerül bemutatásra.

2.2.1. Árvíz

Az árvíz egy folyóvíz vagy vízfolyás középvízmedrének partélét meghaladó, illetve a középvízi mederből kilépő víz. Köznapi szóhasználatban az árvíz a víz szintjének olyan mértékű emelkedése, amikor az a medréből kilép. Fontos megkülönböztetni az áradástól, amikor a vízszint ugyan megemelkedik, de a mederből nem lép ki a víz. Az árvíz nem jelent feltétlenül katasztrófhelyzetet.⁸⁴ Az árvizek három nagy csoportja, a jégtorlódásból adódó jeges árvíz (ilyen volt például az 1838-as pesti ár), az egyszerre olvadó hótömegből keletkező tavaszi árvíz (ez okozott a Duna felső szakaszán 150 éve nem látott vízszintet 2006 márciusában), illetve a nagy tavaszi vagy nyári esőzésekből keletkező ár.

Hazánk árvízi veszélyeztetettsége Európában a legnagyobb. Az országon belül kiemelt fontosságú a Tisza vízgyűjtője, ahol az ártéri öblözetek 3/4-e található. A Felső-Tiszán és a

⁸³ Stolz, Roswitha, Monika Prasch, Michael Weber, Franziska Koch, Ruth Weidinger, Manuel Ebner, and Wolfram Mauser. 2018. "Climate Change Impacts on the Water Resources in the Danube River Basin and Possibilities to Adapt: – The Way to an Adaptation Strategy and Its Update". *Journal of Environmental Geography* 11 (3-4):13-24. <https://doi.org/10.2478/jengeo-2018-0009>.

⁸⁴ Magyar nagylexikon 2. kötet 443. old.

Kőrösökön lehulló csapadék hatására a vízszint 1-2 nap alatt akár 8 m-t is emelkedhet. A kiváltó tényezők változatosak: tavaszi áradás, téli csapadék, hóolvadás, a mellékfolyók árvizei és a különböző események időbeli- és területi egybeesései. Különböző folyóink, tájegységeink árvizeinek statisztikai átlagai alapján az országban 2-3 évenként kisebb vagy közepes, 5-6 évenként jelentős, 10-12 évenként pedig rendkívüli árvizek kialakulására kell számítani. A magyarországi folyók – a Zala és a Zagyva kivételével – mind külföldről erednek, befogadjuk a Duna vagy a Tisza. A magyarországi folyók teljes hossza 2 822 km, vízgyűjtő területük pedig 93 000 km². A határainkhoz érkező folyók kereken 290 000 km²-ről, tehát Magyarország területének több mint háromszorosáról gyűjtik és szállítják a vizeket. A folyók vízjárását éppen ezért döntően nem a hazai, hanem más országok vízgyűjtő területén keletkező vizek alakítják, befolyásolják.⁸⁵

Az árvíz kockázat - fogalma szerint - az emberi egészségre, környezetre, kulturális örökségre és a gazdasági tevékenységre csökkentése és kezelése érdekében, az árvíz kockázatok értékeléséről és kezeléséről szóló, 2007. október 23-i 2007/60/EK Európai Parlamenti és Tanácsi Irányelv a követendő. Az Árvízi Irányelv 7. cikkének (3)-as pontja megállapítja, hogy: Az árvíz kockázat-kezelési tervek az árvíz kockázat-kezelés minden szempontjára kiterjednek, összefoglalva a megelőzésre, védelemre, felkészültségre, beleértve az árvíz-előrejelzéseket és a korai riasztó rendszereket, valamint figyelembe veszik az adott vízgyűjtő vagy részvízgyűjtő jellemzőit. Az árvíz kockázat-kezelési tervekben a fenntartható területhasználati gyakorlatok támogatását, az árvíz visszatartás javítását, valamint bizonyos területek árvízesemények esetén történő ellenőrzött elárasztását is fel lehet venni.⁸⁶ Az ármentesítések kezdetétől az árvízvédelmi töltések magasságát az előfordult legnagyobb árvizek tetőző szintjeihez viszonyítva határozták meg. Ehhez igyekeztek kiépíteni, erősíteni a védműveket. Később az árvizek vízszintjének növekedése a mértékadó árvízszintek újabb és újabb módosítását tette szükségessé.⁸⁷

Az árvíz értelmezéséhez fontos hidromorfológiai kitérő a folyószabályozás. A Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat sokat hivatkozott “A Kárpát-medence vízrajza az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt” térképszerzőn a térképhez tartozó információ

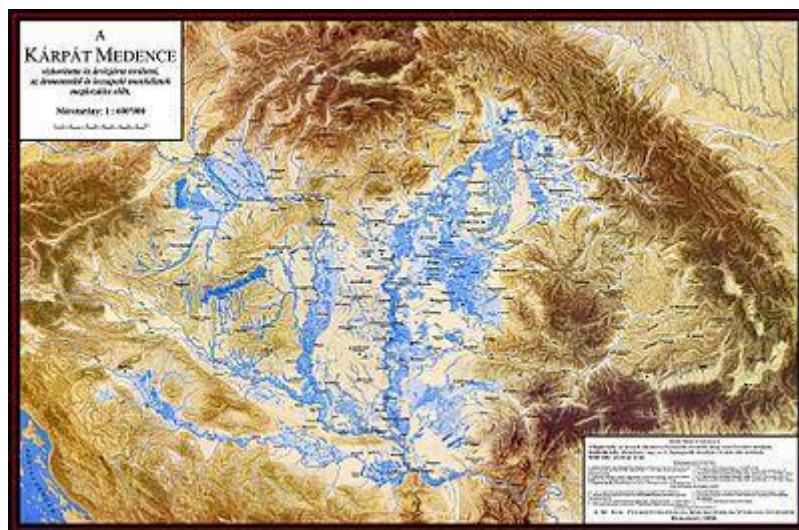
⁸⁵ Dobó Kristóf, Göncz Benedek, Iványi Krisztina: Az árvíz- és belvízvédelem országos helyzetképe Hidrológiai Közöny 100.évf. 1. szám 2020 http://real-j.mtak.hu/15184/1/HK_2020_1.pdf#page=6

⁸⁶ 2007/60/EK IRÁNYELVE az árvíz kockázatok értékeléséről és kezeléséről. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0060>

⁸⁷ Dobó Kristóf: Differenciált Árvízvédelem Magyarországon Hadmérnök XIII. Évfolyam 4. szám – 2018.december

szerint: „A folyószabályozások előtt a történelmi Magyarország 13,7 százaléka (38.771 négyzetkilométer) volt ártér, melyből 36.700 négyzetkilométert ármentesítettek. Hazánk mai méretének eredeti árterülete pedig 22.000 négyzetkilométer volt, ebből jelenleg a folyóink uralma alatt álló hullámtér csupán 1500 négyzetkilométer. A XX. század elejéig a Dunán 18 helyen vágták át a kanyarokat, amellyel 123 kilométerrel rövidítették meg a folyót.

7. ábra A Kárpát-medence vízrajza az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt



Forrás: Hadtörténeti Intézet és Múzeum⁸⁸

A hatalmas természetföldrajzi változást még jobban érzékeltetik a Körösök 248 kanyarátvágása pedig 546 kilométernyi rövidülést okozott.” A folyószabályozás részeként megépülő, később is bővülő és egyre magasabb gátrendszernek köszönhetően megnőtt a mezőgazdasági termelés alá vonható területek aránya, és az ármentesített területeken intenzíven terjeszkedtek a települések is. A megváltozott körülmények hatására nagymértékben átalakuló tájban a mezőgazdasági termelés tehát egyre intenzívebbé vált, ugyanakkor számos olyan negatív jelenséggel küzd napjainkig, melyek részben épp az intenzifikálás, illetve a táji adottságoktól eltérő használat következtében okoznak problémát. Ide tartozik a belvizesség is, melynek potenciális területi kiterjedésén átsejlik a szabályozások előtti vízrajzi viszonyok mintázata.

Akkor fontos szempont volt a hajóutak kialakítása is, mely a kereskedelmet gyorsította fel, a szállítási útvonalakat biztosította. A növekvő népesség miatt a munkát szükségesnek és

⁸⁸ https://maps.hungaricana.hu/hu/HTITerkeptar/2206/B_IX_b • B IX Ausztria–Magyarország • B I–XV. Európa

gazdaságilag is indokoltnak látták. Úgy gondolták, hogy a folyók gátak közé szorításával a pusztító árvizeket is meg lehet akadályozni. Az 1846-ban megkezdett Tisza-szabályozás során 94 kanyart vágtak át, és 453 kilométerrel rövidítették meg a folyó hosszát. A reformkor nagyjait a legjobb szándék vezette, de munkájuknak negatív következményei is voltak. Sok élőlény pusztult ki életterük megszűnésével, és sok foglalkozás (pl. pákász, csikász, mely halászmesterségek voltak) vált lehetetlenné. Akkoriban egész Nyugat-Európában a természetesen kanyargó folyókat szinte kivétel nélkül csatornákká alakították.⁸⁹

Árvízvédelmi koncepció és infrastruktúra akkor

Az ármentesítés első időszakán mégis a Széchenyi István reformtevékenysége előtti időszakot értjük. Ebben az időszakban összesen 792 km hosszan épültek meg védőgátak - 464 km a Duna és 328 km a Tisza mentén -, amelyek révén 345 000 hektár méretű terület vált ármentessé. A szabálytalanul épült árvízvédelmi létesítmények nagyobb árvizek esetén nem voltak hatékonyak, azonban korukban jelentős hatást gyakoroltak hazánk gazdasági életére, és elősegítették a vízügyek felelősségi határainak kialakulását. 1870-re az árvízvédelmi töltések hossza a Duna völgyben 526, a Tisza völgyben pedig 776 km-re növekedett, összesen 1302 km-re.

A korábban, szórványosan és összefüggéstelenül épült kis gátak 20 millió m³-re becsülhető földmennyiségét is beleértve, töltéseinek köbtartalma az időszak végére a négyszeresére ugrott. A fejlesztés a sokszor ismétlődő, közepes méretű árvizek elleni védelem kiépítésében jelentős eredményeket hozott, amelynek hatására 1,95 millió hektár ártéri terület vált mezőgazdasági termelésre és közlekedésre alkalmassá.⁹⁰

A 1876 és 1945 közötti időszakot a védművek további kiépítése jellemezte. Az 1876-os dunai és tiszai, valamint az 1879-es, 1881-es és 1888-as tiszai árvízkatasztrófákat követte a védelmi intézkedések további fokozása. A Tiszán, majd az 1895-ös dunai árvíz után pedig a Dunán is egységesítették a gátméreteket. A mentesített ártér nagysága elérte a 2,3 millió hektárt. A fent

⁸⁹ <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/termeszetismeret/ember-a-termeszetben-5-osztaly/az-erintetlen-es-az-atalakitott-taj/folyoszabalyozas-magyarorszagon>

⁹⁰ Frisnyák Sándor: A tájhasználat történeti szakaszai a Kárpát-medencében (895-1918) In Történeti Földrajzi Közlemények 11. évf 3-4 szám 2023 Miskolc ISSN 2064-390X http://gistory.hu/docs/TFK_11_2023_Nr3-4.pdf#page=19

említett második és harmadik időszakokban összesen 72 árvíz pusztított, mely összesen 3 550 000 hektárt öntött el. Bár a statisztikák hiányosak, figyelembe véve Szeged város 1879. évi árvízkáráit is, az árvízkárok értéke elérte a 3,5 milliárd forintot.⁹¹ A 19. század második felében 50, a 20. század első felében pedig 22 alkalommal következett be árvíz. Az elárasztott területek fajlagos kára viszont a gazdasági fejlődés miatt 1000 Ft/ha-ról 1500 Ft/ha mértékűre növekedett.

A fejlesztések költséghatékonyságáról az 1960-as években számításokat végeztek. Az árvizek okozta fajlagos kárt az 1954 és 1956. évi árvíz kárai alapján kerekítve 12 000 Ft/ha-ra becsülték az Alföldön, amellyel éves szinten 1,4 milliárd forint kárt kellett volna elszenvedni. A védművek százéves tervezési időhorizontjára kivetítve 140 milliárd forintos kár alakulhatott volna ki, ha a fejlesztések elmaradtak volna. Ebből az értékből levonva az időszak alatt ténylegesen bekövetkezett 5 milliárd forint vagyoni kárt 135 milliárd forint kárköltség kapható. Ez az érték áll szemben az ármentesítési munkálatokra költött 8 milliárd forinttal.⁹²

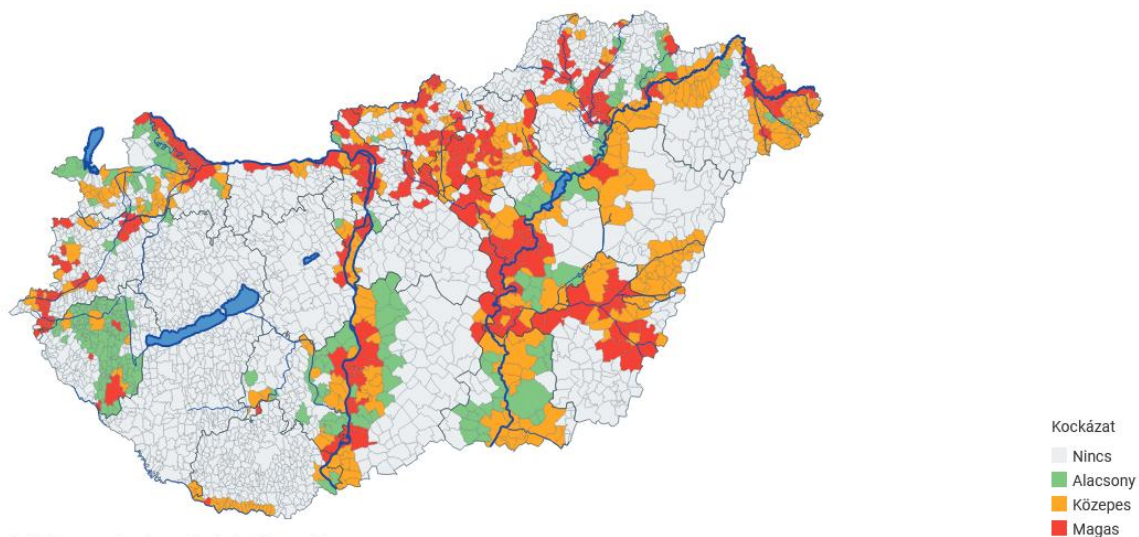
Árvíz védekezési koncepció ma

Az árvízvédelem célja az állam tulajdonában lévő védművek fenntartása és fejlesztése, továbbá azokon a védekezési feladatok ellátása. Az árvíz elleni szervezett védekezési tevékenység két, jól elkülöníthető tevékenység csoportra osztható. Egy részük a védekezés műszaki feladatainak, másik a védekezés államigazgatási feladatainak szervezésére, irányítására és ellátására irányul.

8. Magyarország Településeinek árvízi kockázati besorolás (2016)

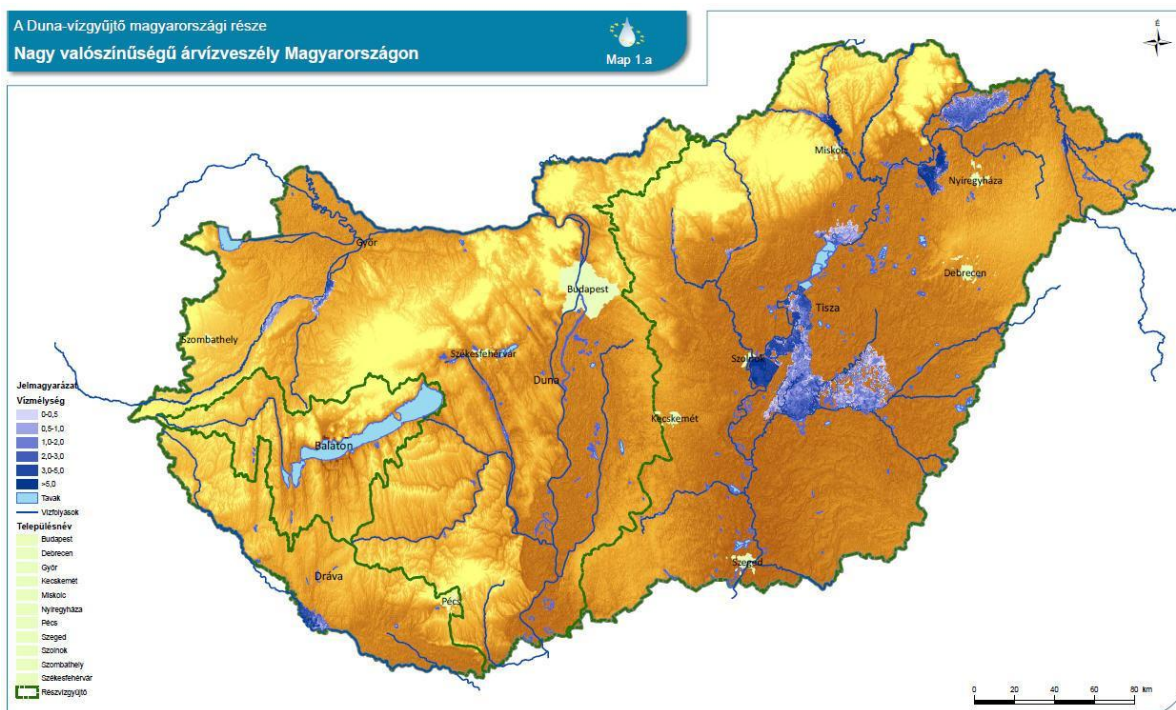
⁹¹ Dobó Kristóf: Differenciált árvízvédelem Magyarországon Doktori (PhD) értekezés https://kmdi.uni-nke.hu/document/kdmi-uni-nke-hu/Dob%C3%B3%20Krist%C3%B3f_%C3%A9rtekez%C3%A9s-tervezet_20230517.pdf

⁹² Dobó Kristóf: Differenciált árvízvédelem Magyarországon Doktori (PhD) értekezés https://kmdi.uni-nke.hu/document/kdmi-uni-nke-hu/Dob%C3%B3%20Krist%C3%B3f_%C3%A9rtekez%C3%A9s-tervezet_20230517.pdf



Forrás: KHS, Nemzeti Katasztrófakockázat-értékelés, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság 2011

9. ábra Nagy valószínűségű árvízveszély Magyarországon



Forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság⁹³

Az árvízvédelmi biztonság fogalma térben és időben változó, ugyanakkor jelentős mértékben függ az egyén és a közösség fejlettségétől, tűrőképességétől. Ahhoz, hogy a biztonság kezelhető (számszerűsíthető, tervezhető, mérlegelhető) legyen, az első és legfontosabb

⁹³ <https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=62>

szempont az árvízvédelmi biztonság politikájának megfelelő szintű megfogalmazása. A biztonságpolitikai deklarálása kormányzati feladat, mely politika megvalósulása intézményi, szabályozási és költségvetési lehetőségeken keresztül történik. A biztonság műszaki oldala egyrészt különböző szabványokban, műszaki irányelveken keresztül valósul meg, másrészt olyan előírásokon keresztül, melyek módszertani, illetve eljárási szabályokat rögzítenek.⁹⁴ Jelenleg az árvízkárok megelőzésére az “árvízmentesítési intézkedések” kifejezés használatos. Megkülönböztetünk szerkezeti és nem szerkezeti intézkedéseket. Szerkezeti intézkedési módszerek:

- Az árvízvédelmi töltések magasítása az előírásoknak megfelelően
- Az árvízvédelmi töltések áthelyezése, ezzel a hullámterek vízlevezető képességének növelése és javítása.
- A hullámterek feltöltődöttségének csökkentése kotrással, övzátonyok eltávolítása, a hullámterek vízszállító képességének növelése.
- Mederrendezés és szabályozás, partvédelem, folyószabályozási művek megfelelő karbantartása.
- Szükség tározók, árapasztó csatornák és lefolyás-szabályozó tározók kialakítása.
- Mellékágak kotrása, rehabilitálása, revitalizálása.
- Nyári gátak eltávolítása a hullámtérről.

Nem-szerkezeti intézkedési módszerek:

- Művelési ág megváltoztatása, optimalizálása.
- Az árterek és hullámterek használatának szabályozása (földhasználati korlátok, építési tilalmak és preferenciák).
- Árvízi veszély- és kockázati térképezés.

⁹⁴ Dr. Szilávik L, Tóth S., Nagy L., és Szél S., - Árvízi kockázatok elemzésének és térképezésnek irányelvei / Vízügyi Közlemények 2002. / 4

- Tudatosítás, felkészítés.⁹⁵

A nem szerkezeti intézkedési módszerek közül a művelési ág megváltoztatására és az árterek szabályozására is nagyon kevés példa van.

Árvízi tendenciák

A folyószabályozások után a várttal ellentétben megfigyelt legnagyobb vízállások (LNV) fokozatosan emelkedtek. Az árhullámok növekvő LNV szintjei és csökkenő visszatérési ideje megingatta az árvédelmi koncepciót.⁹⁶ Az éghajlati hatások pedig a legújabb kutatások szerint a Kárpát-medence területén, évtizedenként 5-12% - al csökkenő elöntési tendenciával becsülhetők.^{97, 98}

Árvíz koncepció evolúció

A tendenciáknak megfelelően a nagy térségi árvíz-szabályozási koncepció kidolgozásánál három eszköz alkalmazása jöhetett szóba (a hazai Tisza-völgyre vonatkozó Vásárhelyi-terv továbbfejlesztésénél is alapvetően ezekre alapoztak: (a) a tradicionális töltésemelés, (b) szabályozott vízkivezetéssel és tározással történő vízszintcsökkentés, (c) a nagyvízi meder vízszállító képességének javítása. Ezek a módszerek a Tisza vízgyűjtőn, helytől függően természetesen igen sokféle kombinációban alkalmazhatók.⁹⁹

⁹⁵ Országos Vízügyi Főigazgatóság <https://ovf.hu/arvizvedelem-vizkarelharitas/arvizvedelem/arvizvedelem>

⁹⁶ Koncsos László: A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében (NKFP-3/A 0039/2002 kutatás rövid összefoglalása) Kiadja: Magyar Természetvédők Szövetsége 2006. december ISBN 978-963-86870-9-8 https://mtvsz.hu/dynamic/tisza_koncsos.pdf

⁹⁷ Kis Anna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit, Szabó János Adolf: Az éghajlatváltozás várható hatásának integrált, modell alapú becslése a Felső-Tisza vízjárására, a bizonytalanság számszerűsítésével Hidrológiai Közöny 2023. 103. évf. 4. szám DOI: <https://doi.org/10.59258/hk.13172>

⁹⁸ Jánosi, I.M.; Bíró, T.; Lakatos, B.O.; Gallas, J.A.C.; Szöllősi-Nagy, A. Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. Climate 2023, 11, 118. <https://doi.org/10.3390/cli11060118>

⁹⁹ Koncsos László: A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében (NKFP-3/A 0039/2002 kutatás rövid összefoglalása) Kiadja: Magyar Természetvédők Szövetsége 2006. december ISBN 978-963-86870-9-8 https://mtvsz.hu/dynamic/tisza_koncsos.pdf

A Tisza-völgy árvízi biztonságának növelésére vonatkozó koncepció a Vásárhelyi Pál által tervezett, a 19. században megvalósult rendszerre épül, azt fejleszti tovább azzal, hogy a különösen veszélyes árvizek által szállított fölösnek titulált vizeket az ártér egy részén helyezik el és ennek a víznek a felhasználásával a Tisza mentén új fejlődési perspektívára, „új” típusú tájgazdálkodásra nyílik lehetőség. A 2001–2003-ban kidolgozott koncepció ezért kapta a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése (továbbiakban: VTT) elnevezést. A terv alapján a rendkívüli árvizek károkozás nélküli levezetésére az alábbi legkedvezőbb két megoldás ötvözetét célszerű alkalmazni:

A nagyvízi meder rendezése, mintegy tízféle beavatkozási módszer kombinációjával

- az ősmeder és a hullámtér áramlási viszonyainak javítása (övezőgátok, nyári gátak visszabontása, a hullámtéri feliszapolódás csökkentése)
- a nagyvízi meder vízszállító képességének javítása (a növényzet, a művelési mód és az építmények szabályozásával)
- a töltések által okozott szűkületek megszüntetése (töltésáthelyezéssel, árapasztással)

A hazai árapasztó tározórendszer megvalósítása, az ártér reaktíválása szabályozott vízkivezetéssel:

- a töltésben megfelelő helyeken elhelyezett nagyméretű zsilipekkel megcsapolják az árhullámok csúcsait
- az árvizeket síkvidéki tározókban tartják vissza az árhullám levonulásáig,

Az árvízi tározók létesítésének kulcskérdése a földtulajdonosokkal való megállapodás. A tervek szerint árvízmentes években a tározók területén zavartalan lehet a gazdálkodás; sőt, kiemelt támogatás nyerhető az ökogazdálkodáshoz. A földtulajdonosok egyszeri kompenzációt kapnak, amikor a tározó létesül és árvíz idején teljes kártalanítást, ha igénybe veszik a földjeiket. A VTT koncepciója a Tisza-völgy árvízvédelmi biztonságának növelését egyértelműen az árvízszintek csökkentésében határozta meg, a nagyvízi meder vízszállító képességének javításával, az 1970-es mederállapotok visszaállításával, valamint a hazai ártéren kiépíthető árapasztó tározós rendszer megvalósításával úgy, hogy a katasztrófával fenyegető árvizek árapasztása együtt járjon az ártér szabályozott vízkivezetéssel történő reaktíválásával. A legszükségesebb hullámtéri beavatkozásokkal és a tározási lehetőségekből kiválasztott 10-14 tározóval, 1,5 milliárd m³ árvíztömeg visszatartásával, (ez közel kétharmada a Balaton teljes vízkészletének) a Tisza hazai szakaszán mintegy 1 m-es vízszintcsökkentés érhető el. A

VTT koncepciója alapelveként rögzíti az árvízi biztonság és az ökológiai állapot egyidejű javításának szükségességét.¹⁰⁰

A Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése program keretében hat oldaltározó épült meg a nagyvíz kivezetése, illetve állandó víz biztosítására a tározótérben. A cigándi tározóban a tervek szerint a Tisza kellően magas vízállásakor évente kivezetett vízzel a Cigándtól Tiszakarádig terjedő térségben az egykori erek helyreállításával és belső vízkormányzással megteremthetők az ártéri gazdálkodás vízi infrastrukturális feltételei. A komplex tájhasználat váltáshoz azonban kevésnek bizonyult. Kellően magas vízállás és kivezetés esetén az állam kártérítést köteles fizetni a gazdáknak, ha árvízi védekezés okán megnyitják a tározót. Ezeket a tározókat időszakos víztömegek kormányzására és nem nagy víztömeg folyamatos megtartására tervezték. A cigándi tározó esetében a tájhasználat váltás és a tározók gazdasági hasznosítása nem történt meg.

A jelenlegi árvízvédelmi működés tehát továbbra is kockázat alapú, védekezés fókuszú. Védekezés a lehetséges vízkár ellen. A megelőzést már kiterjesztve a tájhasználati fejlesztésekre nagy beruházásokkal központi irányítással és szürke infrastruktúrával kiépített rendszerek gondozása, amely továbbra is teljes egészében kitett minden hidrológiai szélsőségeknek.

Az aktív adaptációhoz komplexitásra és megelőzésre van szükség. Például: árvízszint-csökkentés tározással, a tározott víz hasznosítása a szárazodásnak kitett területeken, egyidőben a természetes alkalmazkodóképességű növényállomány telepítésével. A jelenlegi tervezési és fejlesztési mechanizmusok hiányosságai éppen az ilyen eszközök alkalmazhatóságát gátolják. A meglevő vízgazdálkodási rendszerek átalakíthatósága és módosíthatósága (rugalmassága) alapvetően határozza meg az alkalmazkodás képességét¹⁰¹

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásra való társadalmi igények az elmúlt években növekedtek, köszönhetően az egyre hosszabban elnyúló szinte évről évre szárazabb nyaraknak.

2.2.2. Belvíz

¹⁰⁰ Petró Tibor (2017): A magyarországi árvízvédelmi fejlesztések, a kapcsolódó lakosságvédelmi feladatrendszer újszerű megközelítése. A magyarországi árvízvédelmi projektek. Doktori értekezés. Budapest.

¹⁰¹ OVF (2017). Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv). Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest. 61. o <https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/997966DE-9F6F-4624-91C5-3336153778D9/Nemzeti-Vizstrategia.pdf>

Magyarország körülbelül egynegyede olyan mélyfekvésű sík terület, amelyről nem folyik le a víz. A belvízzel veszélyeztetett terület nagysága eléri a 4,4 millió hektárt, amelyből intenzíven művelt mezőgazdasági terület 2,7 millió hektár, a művelt terület 41%-a.

A talajban a belvízi elöntések hatására végbemenő káros folyamatok (eliszapolódás, kilúgozódás, talajélet csökkenése stb.) évekre vethetik vissza az adott terület termékenységet. A vízborítások miatt bekövetkező talajszerkezeti degradáció akár már ugyanabban az évben növeli az aszályérzékenységet, azaz a vízgazdálkodási szélsőségek fokozottan érintik a belvív által veszélyeztetett területeket. Annyi bizonyos, hogy a hazai agrárágazat teljesítőképességét – az aszályal karöltve – érdemben visszaveti. A belvív nem csak a mezőgazdaságot sújtja. A belterületeken keletkezve az épületek állékonyságát veszélyezteti, közegészségügyi vonzatai vannak, de a közlekedési infrastruktúrákra is potenciális kockázatot jelentenek az elöntések.¹⁰²

A belvív definíció szerinti összegzése során a meghatározások tartalmilag megegyeznek abban, hogy „a belvív a sík vidékek időszakos, de meglehetősen tartós és viszonylag nagy területre kiterjedő jelensége, sajátos vízfajtája”.¹⁰³ A belvív elleni védekezést a magyar vízgazdálkodás sajátosságának tekinthetjük, hiszen a veszélyeztetettség területi arányát tekintve hazánk egyedi helyzetben van. Az alföldi területek egységes műszaki beavatkozással elvégzett ármentesítése új vízgazdálkodási helyzetet teremtett. Az árvédelmi gátak 19. századi megépítését követően a belvizek elleni védekezés rövid időn belül ugyanolyan fontos kérdéssé vált, mint maga az árvízvédelem. Az ármentesített területek talajtani, domborzati és hidrológiai adottságai jó alapot teremtenek a belvív képződéséhez.¹⁰⁴ A gátak, töltések, egyéb védművek kiépítettsége, állapota meghatározó az egyes területek árvíz veszélyeztetettségének megítélésében, sérüléseik, vízállóságuk alapvetően befolyásolják az érintett terület lakosságának, anyagi javainak biztonságát- mindez kölcsönhatásban van belvív veszélyesség kialakulásával, minősítésével.¹⁰⁵

¹⁰² Bíró Tibor: Amikor sok víz van a területen - belvív Magyar Tudomány 178(2017)10, 1216–1227 DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.5 http://epa.niif.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10_1216-1227.pdf

¹⁰³ Dr. Rakonczai János, Csató Szilvia, Dr. Mucsi László, Kovács Ferenc, Szatmári József: Az 1999. és 2000. évi alföldi belvízelöntések kiértékelésének gyakorlati tapasztalatai <http://www.geo.u-szeged.hu/web/sites/default/files/publikaciok/ML/55.pdf>;

¹⁰⁴ Vizi Dávid Béla: A hazai belvízrendezés fejlődésének lehetséges irányai Műszaki Katonai Közlöny • 33. évfolyam (2023) 2. szám 97–111. • DOI: 10.32562/mkk.2023.2.8 https://tudasportal.unike.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/20910/08_vizi_97-111_MKK_2023_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y

¹⁰⁵ Bárdos Zoltán – Muhoray Árpád HAdmérnök VII. Évfolyam 1. szám - 2012. március http://hadmernok.hu/2012_1_bardos_muhoray.pdf

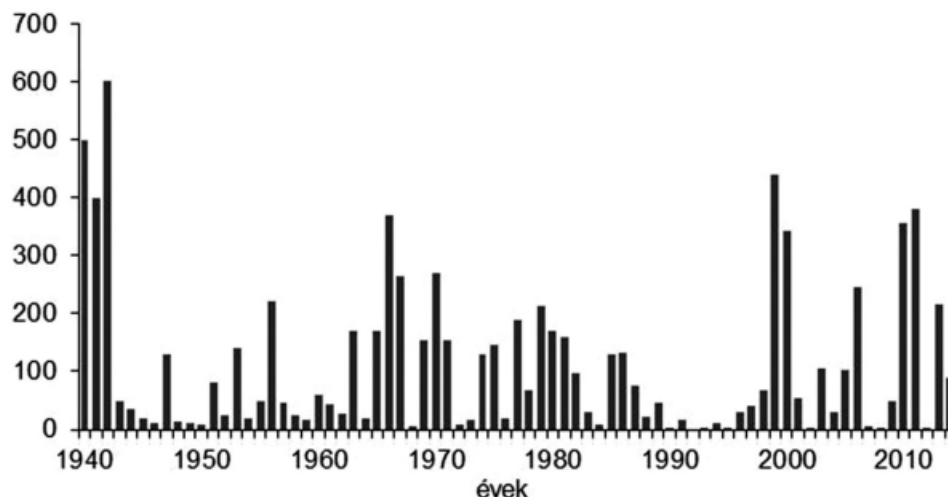
Az alföldi területeken az 1840-es évektől kezdődően végrehajtott folyószabályozási munkák következtében kapott kiemelt figyelmet, hiszen a folyók mentén emelt védművek által mentesített területeken továbbra is megjelentek elöntések. Egyes források (Babos Zoltán, Mayer László (1939)¹⁰⁶ szerint az árvízvédelmi töltések megjelenése előtt a belvíz ismeretlen fogalom volt. A vízrendezés műszaki eszközeivel (tereprendezés, csatornaépítés, talajcsövezés, szivattyúzás) lényegében a domborzati viszonyokba is beavatkozás történt. A belvíz keletkezése szempontjából megkülönböztetünk „előkészítő” és „kiváltó” csapadékot. Az előbbi hosszan tartó, a talaj nedvességtartalmát növelő az utóbbi csak néhány napos csapadékjelenség eredménye, amely a már telítődött talajra érve nem talál elfolyási lehetőséget. Az egyik legtipikusabb ok a talajfagy: tavasszal ugyanis a hőmérséklet emelkedése a fagyott talajokat a felszín felől kezdi kiolvasztani, így egy ideig az átfagyott alsóbb talajrétegek megakadályozzák a beszivárgást, s a felszínen vízborítás alakul ki. Továbbá kialakulásának körülménye között említendő a éves csapadék nagyfokú ingadozása is. A leghosszabb száraz periódus 1981-1990 közötti tíz év, a leghosszabb nedves periódus az 1876-tól 1884 közötti 9 év. A medencejelleg a csapadék-periodicitással párosulva a síkvidéki területeken a vízkészlet évről évre történő fokozatos kiürülését és felhalmozódását vonja maga után.¹⁰⁷ A belvíz az árvíznél nehezebben mérhető, számszerűsíthető, sokkal több paraméterrel, pontatlanabbul írható le, és jóval bizonytalanabbul jelezhető előre. Nagy területeken, változékony kiterjedéssel és térbeli mintázottsággal jelenik meg, ezért a belvíz természete nehezebben kutatható.¹⁰⁸

¹⁰⁶ Babos Zoltán-Mayer László: Az ármentesítések, belvízrendezések és lecsapolások fejlődése Magyarországon (Második rész) Vízügyi Közlemények, 1939 (21. évfolyam)2. szám / III. https://adt.arcanum.com/hu/view/VizugyiKozlemenyek_1939/?query=SZO%3D%28els%C5%91+vil%C3%A1gh%C3%A1bor%C3%BA%29&pg=305&layout=s

¹⁰⁷ Várallyay György: A talaj, mint víztározó; Talajszárazodás „Klíma-21” Füzetek klímaváltozás – Hatások – Válaszok 2010. 59. Szám ISSN 1789-428x <https://core.ac.uk/download/pdf/148785826.pdf>

¹⁰⁸ Bíró Tibor: Amikor sok víz van a területen - belvíz Magyar Tudomány 178(2017)10, 1216–1227 DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.5 http://epa.niif.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10_1216-1227.pdf

10. ábra Belvízi elöntések Magyarországon (ezer hektár)



Forrás: <https://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=280>

A Kárpát-medence és ezen belül a Tisza vízgyűjtőjének további hidrológiai sajátossága, hogy az alföldi szakaszokon nagyon kicsi az esés így az árhullámok is lassan haladnak lefelé. Tovább fokozza a helyzetet a mellékfolyók jelentős vízhozama is (Maros). A hegyvidékeken kialakuló árhullámok a kis esésű alföldi szakaszokon utolérlik egymást, a mellékfolyó vízhozamától is növekedve halmozódnak. A vízgyűjtő jellemző tényezők közül a talaj és kötöttsége határozza meg a belvizekkel való viselkedését. A kötött, vagyis tömör talajok minden szempontból hátrányosabbak, mint a laza, nagy szabad hézagterefogatú talajok, amelyeken a víz könnyed átfolyást talál. Magyarországon a talaj felső 1 m-es rétege mintegy 25–30 km³ víz raktározására képes. Ennek mintegy 55–60%-a a növények számára nem hozzáférhető, ún. holtvíz, 40–45%-a pedig hasznosítható víz. A felszínre hulló csapadék mintegy kétharmada szivárogná be a talajba ideális esetben.¹⁰⁹

A talajminőség a talajban található szerves anyag mennyiségével és minőségével fejezhető ki. A talaj szerves anyaga magába foglalja a felszínen és a talajban található valamennyi elhalt növényi és állati eredetű anyagot, valamint azok szerves átalakulási termékeit. A szántóföldi talajok szervesanyag-tartalma 1–5% között van. Értékét a genetikai talajtípus és a talajhasználat módja befolyásolja leginkább. Változása befolyásolja a talaj szerkezetét és stabilitását, vízgazdálkodási tulajdonságait, tápanyag-kicserélő képességét és a benne zajló biológiai tevékenységet. Ha a szerves anyag mennyisége csökken, hosszú távon a talaj

¹⁰⁹ Rakonczai János, Farsang Andrea, Mezösi Gábor, Gál Norbert: A belvízképződés elméleti háttere. Földrajzi Közlemények 135. évfolyam 4. szám 2011

védtelembbé válik olyan degradációs folyamatokkal szemben, mint például a talajtömörödés.¹¹⁰

Itt egészülnek ki a befolyásoló tényezők azokkal a bizonyos emberi tevékenységből származó hatásokkal, amelyek nagyban befolyásolják a talaj beszivárgó képességét. Például a vízrendezés jellemzők: belvív-csatornázottság, melioráltság, vízelvezető rendszer pillanatnyi elvezetési potenciálja, a földművelés-agrotechnika: öntözés, termesztett növény típusa, talajművelési eljárások, belterületek változása: terület növekedése, beépítettség változása, talajfelszín fedettségének változása.¹¹¹ A talaj beszivárgó vagy vízáteresztő képessége a szerkezete, tározóképesége, fizikai félesége, illetve az adott tájhoz és talajhoz tartozó hidrogeológiai tulajdonságok, mint a talajvíz mélysége, vertikális és horizontális irányú mozgása, az eredeti adottságok mellett nagyban a talaj használatából erednek. A fedetlen talaj jobban kedvez a belvíznek, mint az érdes, növényzettel benőtt talaj. A vegetáció víztárazó képessége megsokszorozza a talaj vízmegtartási képességét. A mezőgazdasági tevékenységek (nehéz gépek okozta talajtömörödés) és agrotechnikai hiányosságok (nem megfelelő táj és talajhasználat, öntözés, a termesztett növény típusa, talajművelési módszerek) nagymértékben felelősek a folyamatok kedvezőtlen alakulásáért. Tehát a kedvezőtlen éghajlati eredetű jelenségek hatását gazdálkodási hibák súlyosbítják.¹¹²

A szakemberek szóhasználata a belvizet és egyébként minden jellegű természeti folyamatot hajlamosak „csapásként” értelmezni. Más megközelítés szerint talán a vasút, vagy a szántó van rossz helyen, illetve, hogy a talajok fedettsége és a talajszerkezete meghatározó.

A Pálfai-féle belvív-veszélyeztetettségi térkép a belvízelöntési térképeit gyűjtötte össze. Az „Árvízi kockázati térképezés és stratégiai kockázatkezelési terv készítése” (KEOP-2.5.0/B/09-12-2013-0001) projekt keretében Bozán Csaba vezetésével 2015-ben az eredményeket tovább pontosították. A módszertan alapja, hogy a legfőbb állandó és változó tényezők figyelembevételével olyan térképsorozatot szerkesztettek, amely lokális pontossággal

¹¹⁰ Várallyay György: A talaj, mint víztárazó; Talajszárazodás „Klíma-21” Füzetek klímaváltozás – Hatások – Válaszok 2010. 59. Szám ISSN 1789-428x <https://core.ac.uk/download/pdf/148785826.pdf>

¹¹¹ Kozák, Péter, and Hajdú Zsuzsanna Priváczkíné. "Belvív–Volt, van, lesz? Rövid helyzetjelentés, közép-és hosszútávú kilátások az Alsó-Tiszai vízgyűjtőkön." (2022).[https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/20856/BELV%c3%8dZ%20%e2%80%93VOLT VAN LESZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/20856/BELV%c3%8dZ%20%e2%80%93VOLT%20VAN%20LESZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

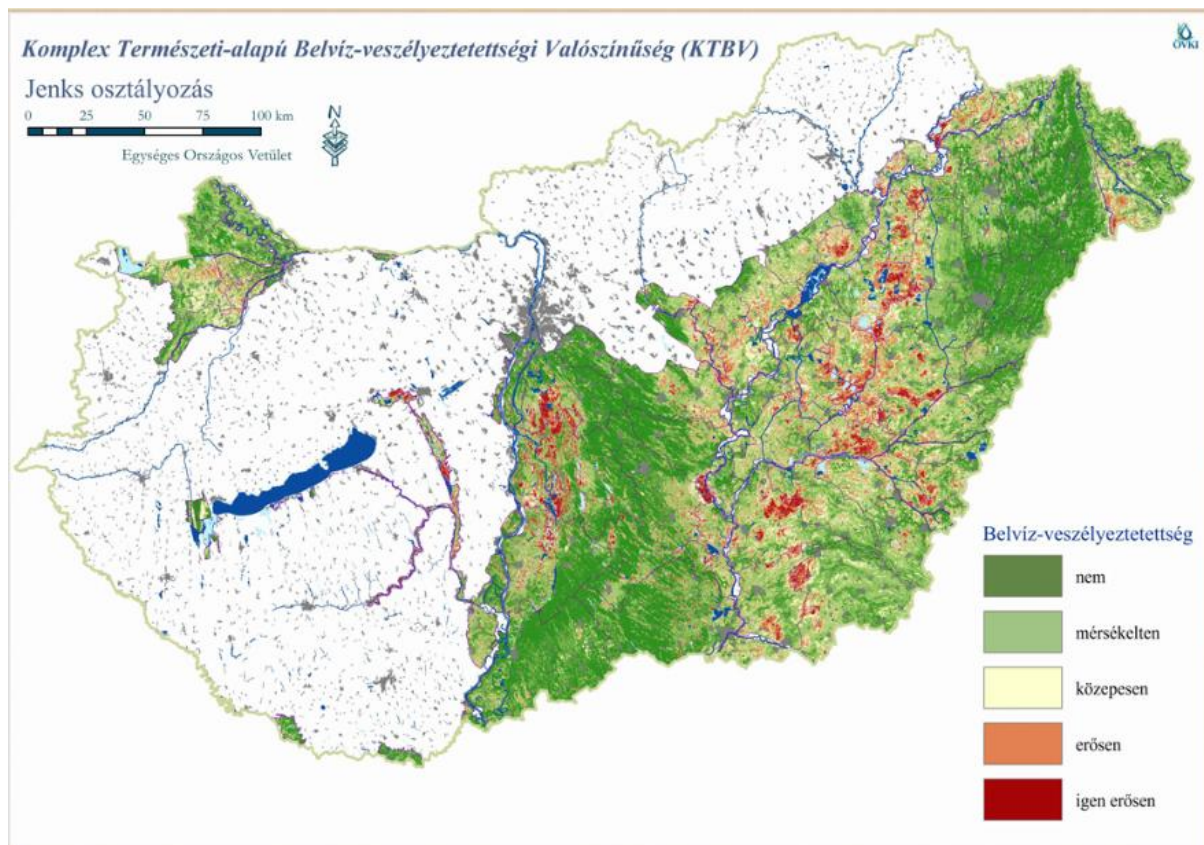
¹¹² Birkás Márta, Kende Zoltán, Pósa Barnabás: A környezetkímélő

talajművelés szerepe a klímakár-enyhítésben Madarász B. (szerk) 2015. Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon. pp. 32–40. MTA CSFK FTI, Bp. <https://mek.oszk.hu/20100/20114/20114.pdf>

jellemezi a vizsgálati terület belvízi veszélyeztetettségét. Ehhez 6 fő tényező digitális térképét készítették el, melyek alapja egy-egy jól definiált, 1-től 5-ig terjedő paraméter. A belvízi veszélyeztetettség és a természeti tényezők kapcsolatának tisztázását célzó korábbi kutatásaik eredményeire támaszkodva az alábbi 6 fő értéket határozták meg és használták fel a végső térképek szerkesztésénél:

1. Hidrometeorológiai tényező, 2. Domborzati tényező, 3. Talajtani tényező, 4. Földtani tényező, 5. Talajvíztényező, 6. Földhasználati tényező

11. ábra Komplex Természeti- Alapú Belváz-Veszélyeztetettségi Valószínűség Térkép



Forrás: OVF¹¹³

A kutatás olyan hiányosságokat mutatott ki, mint például, hogy a csatorna alaptérkép nem tartalmazza az üzemi csatornákat (harmadlagos művek), pedig ezek alapvetően határozzák meg a területi lefolyást. A csatornák adott pillanatnyi benőttsége, az aktuális vízzárló képessége,

¹¹³ Dr. Bozán Csaba, Körösparti János, Iványi Krisztina: Abelvíz-veszélyeztetettségi térképezés fejlődése az ákk projekt keretében térképezés fejlődése az ákk projekt keretében Sodorvonal (az Országos Vízügyi Főigazgatóság lapja) v. évfolyam 4. szám 2022. december
https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/SODORVONAL_2022_04.pdf

hatóterülete is mind hiányzó adat. ¹¹⁴ Ezt az un. „null” térképet kiegészítéseként, az időbeli változást megtestesítő befolyásoló tényezők, - elsősorban emberi hatások – elemzéséhez, belvíz-veszélyeztetettségi forgatókönyveket készítettek. Kimutatták, hogy az hogyan változik a belvízvédelmi rendszerek működtetésének, fizikai állapotának; a vízkormányzás; a területhasználat-váltás; az agrotechnikai beavatkozások és a hidrometeorológiai szélsőségek (klímaváltozás) figyelembevételével. A különböző funkcionálási szintekkel végzett vizsgálatok alapján kijelenthetjük, hogy a belvízelvezető és kettős működésű csatornák a 40%-os benőttségi szintig csökkentik legnagyobb mértékben a belvív-veszélyeztetettséget, nagyobb benőttség esetében már nem funkcionálnak, sőt, a belvív előfordulására már inkább negatív hatást gyakorolnak. A vizsgálat megerősítette, hogy a vízvisszatartás és -tározás a komplex belvízgazdálkodás részét kell, hogy képezze. Ezért indokolt az egyes belvízvédelmi szakaszok rendszerszemléletű lokális és regionális felülvizsgálata. ¹¹⁵

A belvív levezetése vagy visszatartása elsősorban földhasználati kérdés. Az Alföld felszínén vagy felszíne közelében felhalmozódó belvív és magasan álló talajvíz elvezetése ellentétes az aszályos zónában, de jó agrárökológiai potenciállal jellemezhető ármentes mezőgazdasági területeken gazdálkodó agrárium, a természetvédelem és más érintett szektorok érdekeivel is. A belvív visszatartása, esetleg árvízi kivezetéssel párosítva, a szántóföldi művelés cseréje a belvizes területeken és a talajtani, éghajlati, továbbá a hidrológiai adottságokhoz illeszkedő haszonvételekre való áttérés a belvizes területeken csökkenti vagy meg is szüntetheti az aszály- és belvízkár gazdasági kockázatát és összhangban áll a VKI-ban megfogalmazott célokkal. ^{116,117}

2.2.3 Aszály

¹¹⁴ ¹¹⁴ Dr. Bozán Csaba, Körösparti János, Iványi Krisztina: A belvív-veszélyeztetettségi térképezés fejlődése az ákk projekt keretében térképezés fejlődése az ákk projekt keretében Sodorvonal (az Országos Vízügyi Főigazgatóság lapja) v. évfolyam 4. szám 2022. december https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/SODORVONAL_2022_04.pdf

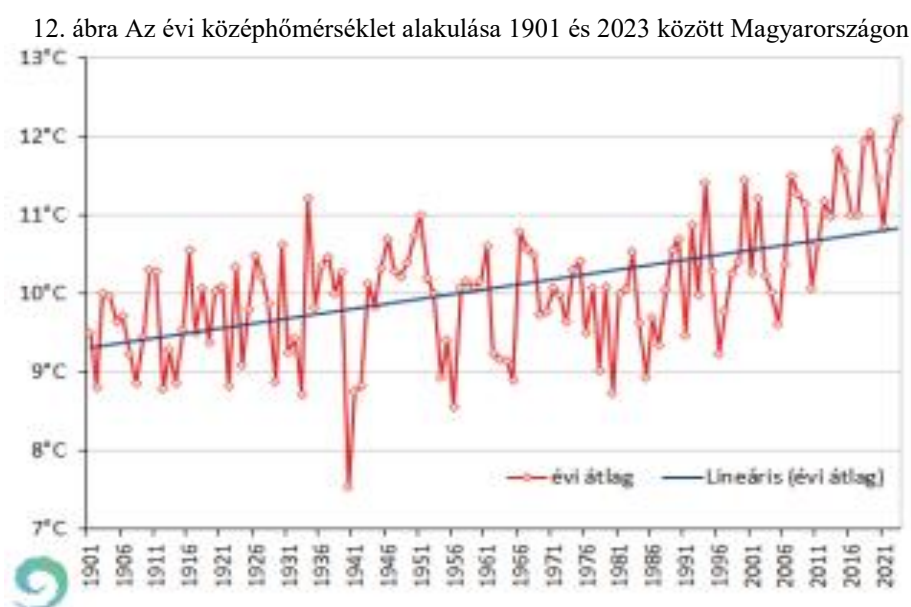
¹¹⁵ Az Országos Vízügyi Főigazgatóság Lapja V. Évfolyam 4. Szám 2022. December https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/SODORVONAL_2022_04.pdf

¹¹⁶ Pinke Zsolt: Aszály-, belvízkárok és az árvízvédelmi ökoszisztéma szolgáltatás értékelése Tájökológiai Lapok 10 (2): 271–286. (2012) http://real.mtak.hu/126587/1/06_Pinke.pdf

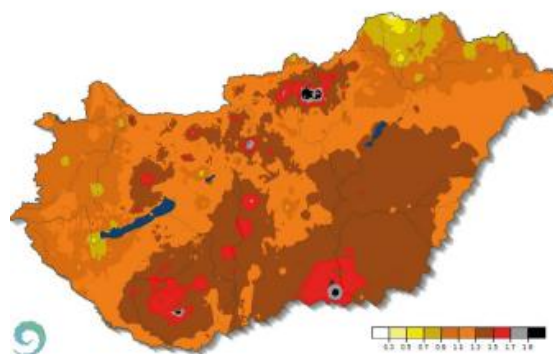
¹¹⁷ Kozma, Z., Jolánkai, Z., Kardos, M. K., Muzelák, B., Koncsos, L. “Adaptive Water Management-land Use Practice for Improving Ecosystem Services – a Hungarian Modelling Case Study”, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 66(1), pp. 256–268, 2022. <https://doi.org/10.3311/PPci.18369>

Magyarország aszály kitétsége nagy, a kockázat egyre nagyobb az éghajlatváltozás miatt. A társadalom számára a másik kihívást a kisvizek tartós süllyedése jelenti, hiszen így a vízkivétel (ivóvíz, öntözővíz és hűtővíz) ütközik egyre nagyobb nehézségekbe, illetve a meder sekélyebbé válása miatt a hajózás feltételei romlanak, az ártéri ökoszisztéma sérül. Bár ezek nem tartoznak a látványos problémák közé, mégis jelentősek, hiszen az éven belül egyre hosszabb időnkeresztül jelentkeznek és gazdasági hatásaik is vannak.

A Hungaromet térképei mutatják az évi középhőmérséklet növekedésének trendjét több, mint 120 év alatt. Ehhez a 2023-as középhőmérséklet eltérése az 1991-2020-as normáltól, majd 2023. évi csapadékösszeg az 1991-2020-as normál %-ában.

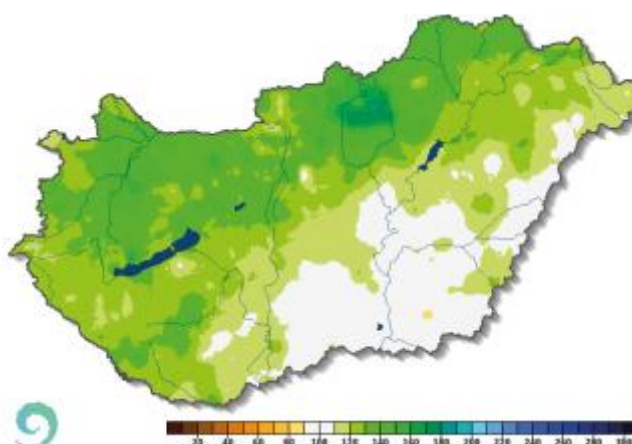


13. ábra A 2023. évi középhőmérséklet eltérése az 1991-2020-as normáltól (°C)



Hungaromet¹¹⁸

14. ábra A 2023. évi csapadékösszeg az 1991-2020-as normál %-ában



Forrás: Hungaromet

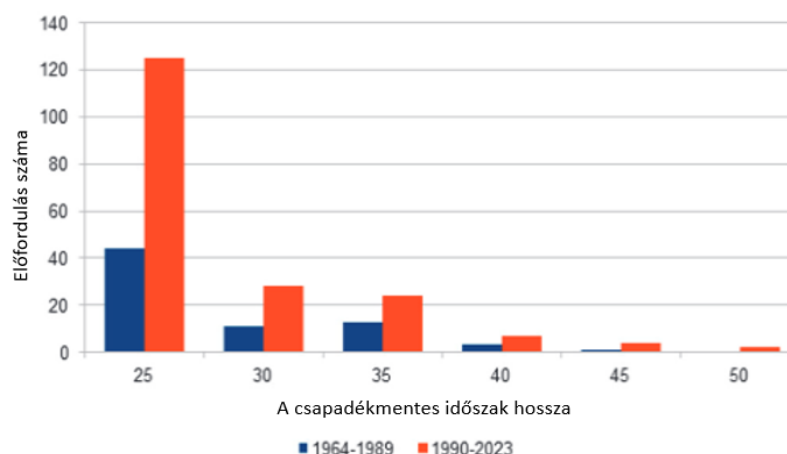
Az aszály nem ismeretlen az Alföld lakói előtt sajnos. 1863-ban az Alföldi vidékeket sújtó példátlan aszály a történeti klimatológiában kis jégkorszaknak nevezett, nagyjából a 19. század közepéig tartó európai hideghullám utolsó nagy csapásaként jelentkezett. A megelőző két évben az enyhület nélküli szárazság mellett marhavész is pusztított, majd 1863 nyarán, (de már) márciustól szeptemberig egyetlen csepp eső sem esett az ország keleti felében. Az elmaradt aratást éhínség követte, a téli hónapokra és a rákövetkező évre ezrek maradtak élelem nélkül. A kiszáradt legelőkön a járványtól megtizedelt jószágok lábon haltak éhen. A

¹¹⁸ Hungaromet szakmai ismertető A 2023. év éghajlata globálisan és Magyarországon
https://www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/ismertetok/index.php?id=3484&hir=A_2023._ev_eghajlata_globalisan_es_Magyarorszagon

földművelők közül sokan elvándoroltak – az első emigrációs hullámban Erdélybe, később a tengeren túlra – akik maradtak, ínséglistén, főképp vad növényekből örölt lisztpótlókon tengődtek. A sanyarú viszonyok következtében a közbiztonság is fenekestül felfordult. A házkiasás, útonállás, rablás, gyilkosság, gyűjtogatás megfékezésére hivatkozva a hatóságok országos statáriumot hirdettek (B. Nagy, 2014:127-128). 1952 tekinthető a XX. század legaszályosabb évének. Az 1952-es aszály kritikus időszakában (június 27.-augusztus 17.) a csapadék mennyisége a sokéves átlag 10%-át sem érte el. Az aszály jelentősen hozzájárult az életszínvonal 1952-es mélypontjának kialakulásához, 1953 első hónapjaira élelmiszerhiány alakult ki.¹¹⁹

Az Alföld északi részén a csapadékmentes napok egybefüggő időtartamának változását vizsgálta Hetesi Zs., Bódi T. 1964–1989 és 1990–2022 között a vegetációs időszakban, a a TIVIZIG 15 mérőállomás adatai alapján.¹²⁰ Az alternatív hipotézis szerint a rendkívül hosszú (>25 napos) csapadékmentes időszakok megoszlása eltér a két intervallum között. Az adatsorokon elvégzett F-próba eredményeit 95% megbízhatósági szinten azt mutatja, hogy jelentős a (növekedés) különbség fordult elő a csapadékmentes napok hosszában az 1964–1989 és 1990–2022 év között az Alföld északi részén, amit figyelembe kell venni figyelembe kell venni a jövőbeli aszálymegelőzési stratégiák kidolgozásakor.

15. ábra A csapadékmentes időszakok hossza (napokban) 1964-1989 között és 1990-2023 között



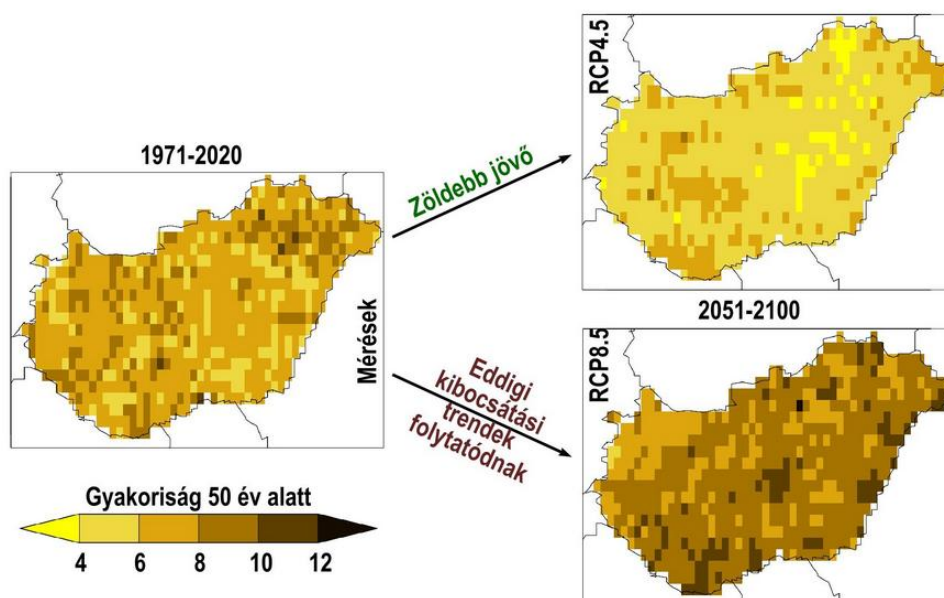
¹¹⁹ Rákóczi Attila: A 2022-es történelmi aszály margójára Polgári Szemle, 18. évf. 4–6. szám, 2022, 71–83., DOI: [10.24307/psz.2022.1206](https://doi.org/10.24307/psz.2022.1206)

¹²⁰ Birinyi Edina, O. Lakatos Boglárka, Belényesi Márta, Kristóf Dániel, Hetesi Zsolt, Mrekva László, Mikus Gábor [Contribution of data-driven methods to risk reduction and climate change adaptation in Hungary and beyond](#) IDŐJÁRÁS / Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service 127 : 4 pp. 421-446. , 26 p. (2023) <https://www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/idojaras/index.php?no=2023.4.1>

A rendkívüli szárazság nem egy regionális jelenség, globális háttér folyamatok eredménye. A légköri áramlási rendszer globális mintázatában, a trópusokon csökkenő vegetációból adódó csökkenő párolgás, a növekvő nyári átlaghőmérséklet, valamint a Kárpát-medencei kiszáradó talajok a különböző mértékben, de egymásra épülve, de akkumulálódnak és az hatásuk többek között az aszályban is megtestesül.^{121 122},

Az időszakos aszály természetes folyamat. Így az észak Alföld után az országos aszályhelyzet változásról kerestem adatot. Az aszályok gyakorisága és intenzitása a az elmúlt közel 100 év mért értékeiből, illetve a hosszútávú előrejelzésekből kiindulva növekvő tendenciát mutat Kis A. és társai vizsgálata alapján. (13. ábra)

16. ábra A súlyos aszály 1971-2020 időszakban megfigyelt előfordulási gyakorisága (balra), valamint a 2051-2100 időszakra az optimistább RCP4.5 (jobbra fent) és a pesszimista RCP8.5 (jobbra lent) forgatókönyvet figyelembe vevő klímaszimulációk átlaga alapján



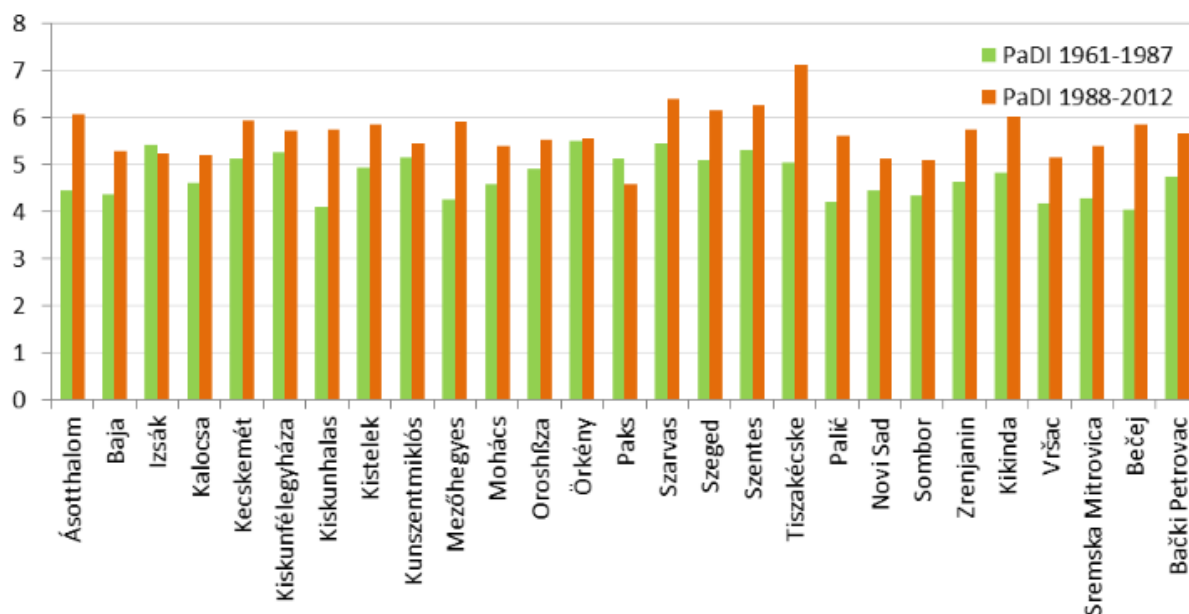
¹²¹ ua:¹⁰⁰ Kis Anna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit, Szabó János Adolf: Az éghajlatváltozás várható hatásának integrált, modell alapú becslése a Felső-Tisza vízjárására, a bizonytalanság számszerűsítésével Hidrológiai Közöny 2023. 103. évf. 4. szám DOI: <https://doi.org/10.59258/hk.13172>

¹²² Horváth Á. és Breuer H.: A 2022-es rendkívüli szárazság fizikai-meteorológiai háttere. Légkör 68, 2-8. 2022 <https://doi.org/10.56474/legkor.2023.1.1>

Az aszály által csak a mezőgazdaságban közvetlenül okozott kártétel összegét 1 990-ben 50 milliárd forintra becsülték, és hasonló nagyságrendű volt az okozott kár 2000-ben, valamint 2003-ban is, az egész nemzetgazdaságra nézve pedig még ennél is nagyobb értékű károk keletkeztek. Hazánkban az aszály az árvizekhez és a belvizekhez hasonló nagyságú területeket érint, és az aszály által okozott károk meghaladják az árvizek, illetve a belvizek által okozott károk nagyságát.¹²⁴

Magyarországon az aszály az egyik legjelentősebb környezeti veszély, mely átlagosan 3-5 évente alakul ki és az utóbbi évtizedekben mind az aszályok gyakorisága, mind azok súlyossága növekedett. A hazai helyzet részletesebb adatait Fiala K. 2014 Pálfay-féle aszályindex értékekkel végzett vizsgálatának eredményeiből ismertetem a 12. ábrán.

17. ábra Pálfay-féle aszályindex értékek a 27 vizsgált magyar állomásról 1961-1987 és 1988-2012 között



¹²³ Kis A., Szabó P., & Pongrácz R. (2023). Spatial and temporal analysis of drought-related climate indices for Hungary for 1971–2100. *Hungarian Geographical Bulletin*, 72(3), 223-238. <https://doi.org/10.15201/hungeobull.72.3.2>

¹²⁴ Az Aszály kezelésének hosszú távú koncepciójáról Konzultációs anyag <https://2010-2014.kormany.hu/download/7/0a/90000/Aszalystrategia.pdf>

Az első időszakban (1961-1987) az éves aszályindex csak 5 év alatt (mérsékelt szárazság) érte el a 6 °C/100 mm értéket a 27 éves időszakban. Jelentősebb változás a második időszakban (1988-2012) volt megfigyelhető. Gyakrabban fordultak elő aszályos évek, a 25 éves periódusban 12 év alatt az éves aszályindex meghaladta a 6 °C/100 mm értéket.

A szélsőségesen aszályos években szinte az egész ország területére kiterjedő károkat okoz a mezőgazdaságban. A 2012. évi aszály következtében pl. a kukorica terméseredménye több mint 40%-kal csökkent az ország déli részén, de néhány megyében meghaladta az 50%-ot is.¹²⁶

Az aszály az ország területének 90%-át érinti, de súlyosságát tekintve a Nagy-Alföld kitettsége a legnagyobb. Az aszály hatása az érintett ágazattal összefüggésben változik. Ennek megfelelően definíciója a vizsgált területtől függően más és más, lehet meteorológiai, mezőgazdasági, hidrológiai és társadalmi-gazdasági a következők szerint (EEA, 2009):

Fontos elkülöníteni a meteorológiai aszályt, amelyet a csapadékhiány (tartósság és/vagy intenzitás szempontjából) a hosszú idejű átlaghoz viszonyítva számolják. Azzal az időtartammal (hónap, év) lehet jellemezni, amely alatt a tényleges csapadék bevitel egy adott helyen tartósan elmarad a klimatikusan elvárhatótól. SPI (Standardized Precipitation Index – standardizált csapadékindex a gamma-eloszlás alapján számolják.

A hidrológiai aszályt a felszíni és felszín alatti víz hiányára utal, a vízfolyások hozamának, a hó mennyiségnek, és a tavak, tározók, valamint felszín alatti vízáradók szintjéből számítják. Az SRI (Standardized Runoff Index) – standardizált lefolyás indexel, amely adott hidrológiai valószínűségekre vonatkoztatva 1–3–12–18 hónapos időszakra számolja a halmozott vízhiányt, adott folyó adott vízgyűjtőjén. Továbbá a felszín alatti vízszintváltozással és a vízkitermelési indexel jellemzik WEI (Water Exploitation Index).¹²⁷

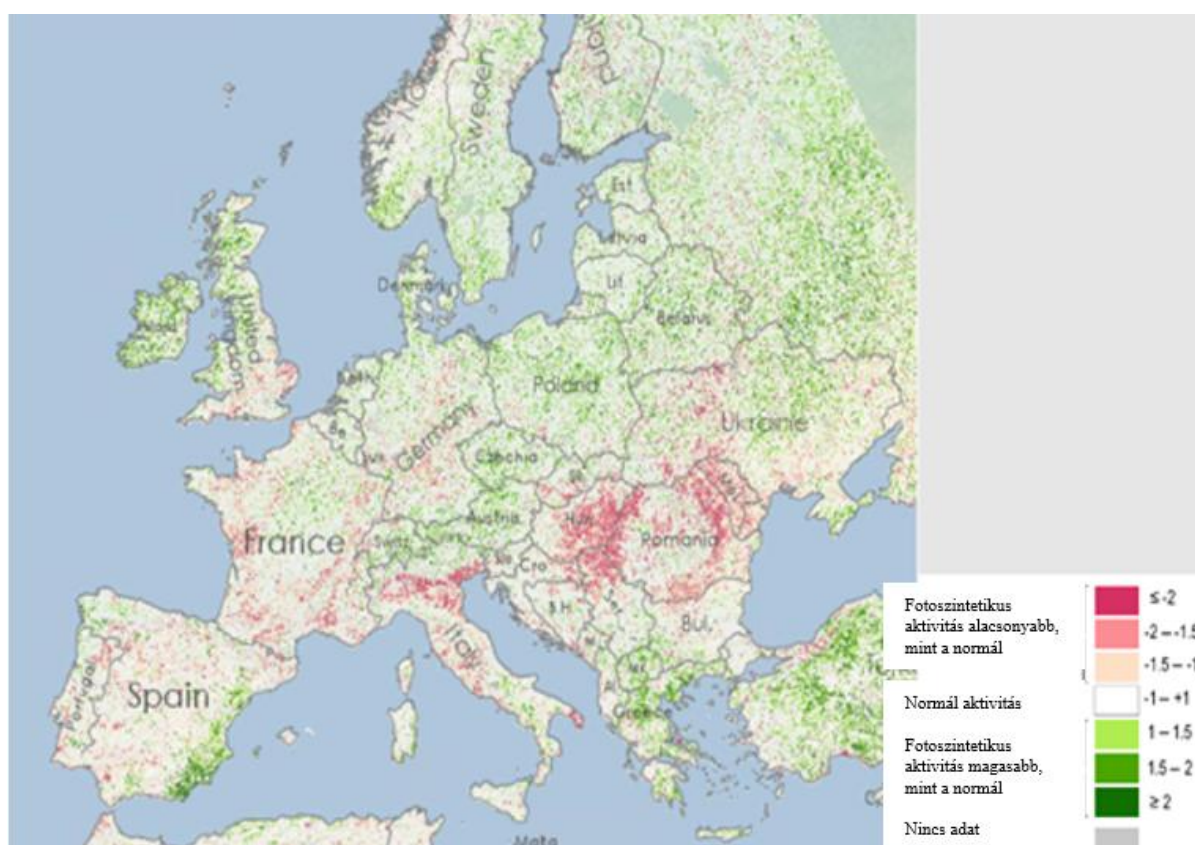
¹²⁵ Fiala, Károly, Viktória Blanka, Zsuzsanna Ladányi, Péter Szilassi, Balázs Benyhe, Dragan Dolinaj, and Imre Pálfi. 2014. "Drought Severity and Its Effect on Agricultural Production in the Hungarian-Serbian Cross-Border Area". *Journal of Environmental Geography* 7 (3-4):43-51. <https://doi.org/10.2478/jengeo-2014-0011>.

¹²⁶ Mezösi Gábor, BATA Teodóra, BLANKA Viktória, Ladányi Zsuzsanna: Klímaváltozás hatása a környezeti veszélyekre az alföldön Földrajzi Közlemények 2017. 141. 1. pp. 60–70. https://www.epa.hu/03000/03022/00011/pdf/EPA03022_foldrajzi_kozlemenyek_2017_1_060-070.pdf

¹²⁷ Tamás János: AZ ASZÁLY Magyar Tudomány 178(2017)10, 1228–1237 © 2017 Akadémiai Kiadó

A mezőgazdasági aszály pedig az elégtelen talajnedvesség egy adott termény igényeihez képest, egy adott időben. Az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – normalizált vegetációs index a biomasza-intenzitást mutatja, a FAPAR (Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation) pedig – a növényzet által abszorbeált fotoszintetikusan hasznos napenergiát számítja. A mezőgazdasági aszály a terményhozam csökkenésén mutatkozik meg, a növény átlagoshoz képest elmaradó vízellátása miatt.

18. ábra FAPAR anomália 2022 augusztus elején Európában



Forrás: Drought Report Europe 2022 Joint Research Center¹²⁸

A térképen jól látható a fotoszintetikus tevékenység sokkal alacsonyabb az ilyenkor megszokottnál. Az augusztus végén kiadott jelentése szerint Európa 47 %-át sújtotta aszály

DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.6 http://epa.niif.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10_1228-1237.pdf

¹²⁸ Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., de Jager, A., Di Ciollo, C., Hrašt Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S., Spinoni, J., Drought in Europe August 2022, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/264241, JRC130493.

vagy szárazság. A talaj nedvességtartalma egyértelműen alacsony volt az egész kontinensen, Európa 17 %-án pedig kritikus mértékben kiszáradtak a talajok, a növénytermesztés vízgazdálkodási kiszolgáltatottsága jelentősen megnőtt. Míg az 50-es években 91 mm/év csapadék jutott átlagosan 1 tonna kukoricára, addig (a megnövekedett hozamok miatt is) napjainkban csak 34 mm/év.¹²⁹ Ha figyelembe vesszük, hogy ez a tenyészidőben egyre hektikusabban érkezik, a kockázat jelentősége még nagyobb. A hatás súlyossága szempontjából fontos, hogy az aszály milyen fejlettségi és egészségi állapotban éri az adott növényt. Ugyanaz a bőséges tápanyag-ellátottság, amely optimális volt egy jó vízellátottsági évben, aszályos évben súlyos károkat okozhat a megnövelt és aktív párolgófelület révén. Az aszálytűrő fajták is csak abban az esetben képesek a vízstresszt kompenzálni, ha a tápanyag-gazdálkodás, növényvédelem, talajegészségi lehetőségek együttesen működnek a termelési területen. Különösen akkor, ha figyelembe vesszük, hogy az összes szántóterület maximum 10%-a öntözhető.¹³⁰

A társadalmi-gazdasági aszály, pedig a fizikai vízhiány hatása az egészségre, jólétre, életminőségre, illetve amikor veszélybe kerül egy gazdasági termék előállításához szükséges vízellátás. A csökkenő vízellátás mérhető hatása a társadalomra, pl. termelés-kiesés, a vízi úton történő szállítás korlátozása, az ivóvízellátás korlátozása, ipari hozzáférés csökkenése.

Végül az aszály élelmiszerbiztonsági vetületeit itt már csak a NAK aszálykár adataival árnyalnám: 2024 augusztus elejére elérte a 75 ezer hektárt és hetente további több tízezer hektárral gyarapszik az aszálykárra bejelentett területek nagysága, a termelők pedig 700 ezer hektárra kötöttek aszálybiztosítást. A 2022-es aszályos év ugyanezen időszakában már több, mint 1 millió hektár aszálykárt regisztráltak az elektronikus bejelentő felületen, ugyanis két éve nemcsak a tavaszi, hanem a vegetációs időszak korábbi szakaszában már az őszi kultúrák is számottevő kárt szenvedtek el. Az aszálykárok mintegy nyolcvan százalékában a kukorica és

¹²⁹ Dr. Lakatos Mónika, Szentes Olivér, Bihari Zita: Történelmi aszály 2022-ben Európában és Magyarországon Agrofórum 2023/3 34. évfolyam 12. oldal

¹³⁰ Tamás János: AZ ASZÁLY Magyar Tudomány 178(2017)10, 1228–1237 © 2017 Akadémiai Kiadó DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.6 http://epa.niif.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10_1228-1237.pdf

napraforgó kultúra érintett, de ezen túlmenően a siló- és csemegekukorica esetében is komoly méretű károkat tapasztalhatunk.¹³¹

(Ugyanennek az összefoglalónak a végén a következő mondat szerepel: “Feldman Zsolt felidézte, 2022-ben a kárenyhítési alap révén egy díjtámogatott biztosítással rendelkező, 100%-os kárt szenvedett kukorica termelő akár 250 ezer Ft/hektár kárenyhítő juttatást is kapott, de a legalacsonyabb mértékű aszálykárt szenvedett, biztosítással is rendelkező gazdálkodó is 60 ezer Ft/hektár kifizetésre vált jogosulttá. A biztosítással nem rendelkező és az öngondoskodás lehetőségével nem élő termelők ugyanezen esetekben az uniós szabályok okán a fenti összegek hozzávetőleg felét kaphatták csak meg kárenyhítő juttatásként.” - a feljebb bemutatott irodalmak alapján érthetetlen, hogy a 2022-es tapasztalat és 2024-es helyzet után a biztosítás kötésének előnyei mellett nem szerepel legalább ugyanekkora hangsúllyal az éghajlati alkalmazkodás fontossága. Az Agrárgazdasági Kamara hivatalos honlapján.)

A Viziterv Environ által 2019-ben készített aszálykockázat kezelési tanulmányban (VGT háttéranyagban) a vízhiány és aszály, mint kockázati tényezők szempontjából a legjelentősebb „előrejelzett, jövőbeli” hatótényezőivel zárom a fejezetet:

- tovább emelkedő hőmérséklet, amely eredményeként a téli lefolyás nő, rövidül a felhalmozódási időszak
- csökkenő csapadékmennyiség, megváltozik a vízrendszerek természetes
- vízjárása, amely előidézi a vízrendszerek közötti vízkészlet megosztási konfliktusokat,
- a csapadék kedvezőtlen időbeli eloszlása miatt egyes időszakokban a lefolyás növekszik, míg másokban számottevően csökken, így további műszaki beavatkozásokat generál,
- a felszín alatti vízkészlet csökkenése, amely az antropogén hatásra még intenzívebbé válhat, hiszen nem lesz felszíni elérhető készlet,
- nem megfelelő tájgazdálkodás, amelynek további közvetlen hatásai lehetnek:
- a talaj felső/alsó rétegeinek tartós kiszáradása, így a vízgazdálkodási intézkedésekre vonatkozó felülről érkező nyomások növekedni fognak,

¹³¹ Nemzeti Agrárgazdasági Kamara 2024 Megjelent: 2024-08-07 11:41:44<https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgaltatas/mezogazdasagi-termeles/107559-aszalykarok-a-mezogazdasagban>

- a felszíni vízkészletek további csökkenése, a kisvizes periódusok hosszának növekedése (hidrológiai aszály jelenségének fokozott megjelenése)
- az ökológiai állapot jelentős romlása, víztől függő ökoszisztémák degradációja
- a gazdaság teljesítőképességének jelentős csökkenése

Közvetett hatások:

- a vízgazdálkodás felértékelődése, ugyanakkor jelentős kitétség
- a talajdegradációs folyamatok erősödése, porviharok
- az őshonos növény-, állatvilág eltűnése
- a mezőgazdasági terméskiesés miatt az import arányának növekedése
- a felszín alatti készletek intenzívebb használata
- a tartósan vízhiányos aszályos területekről elvándorlás kezdődik¹³²

A különböző mezőgazdasági és vízhiány témájú fórumokon már rendszeresnek mondható olyan kisgazdaságok képviselője, akik saját bevallásuk szerint már klímamenekültek. A alföldi régióban már csak nyomokban megtalálható hagyományos (nem ipari méretű) kecske, vagy juh tartással foglalkozóknak komoly gondot okoz a takarmányt adó legelők csapadék ellátottsága.

2.2.4 Villámárvíz

A definíciója szerint a villámárvizeket elsősorban az különbözteti meg az árvizektől, hogy rövid idő alatt, akár néhány óra leforgása alatt nagy intenzitású csapadék hullik egy kisebb vízgyűjtő területre. Ez a számokra lefordítva azt jelenti, hogy 1-3 óra alatt akár 100 mm csapadék is hullhat az adott területre. A villámárvíz elsősorban a sebessége miatt veszélyes, az egyre pontosabb csapadék előrejelzések ellenére néhány óra alatt akár több, mint 100 mm víz befogadására nincsenek felkészülve sem a lakosok, sem a kevésbé szélsőséges időjárási viszonyokra tervezett infrastruktúra. A villámárvizek által okozott károk nagysága és

¹³² Az aszálykockázat kezelése és a klímaalkalmazkodási képesség javítására irányuló intézkedések meghatározása A Víz Keretirányelv Előírásai Szerinti Állapotértékelések, Elemzések, Vizsgálatok, Valamint a Vízyűjtő-Gazdálkodási Tervek Második Felülvizsgálata És Korszerűsítése Kehop-1.1.0-15-2016-00008 Megrendelő: "Országos Vízügyi Főigazgatóság" 2019 https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2021/04/Aszaly_VGT3_2021.pdf

gyakorisága az megnövekedett az elmúlt években és a természeti veszélyforrások közül az egyik legjelentősebb.

A villámárvíz fogalmának megjelenése, az események összefoglaló leírása az 1970-es években kezdődik el.^{133,134,135} Ekkor kerül előtérbe a villámárvizekkel kapcsolatos kérdések vizsgálata. 2002-es tanulmányukban következtetéseként kiemelik, hogy nagyobb hangsúlyt kell helyezni a villámárvíz-riasztással kapcsolatos társadalmi folyamatok megértésének növelésére, különösen a reagálási szakaszokban, illetve a sebezhetőség csökkentésének, amely összeegyeztethető a hosszú távú gazdasági és társadalmi célokkal. A hidrometeorológia és a társadalomtudomány kapcsolatát kritikus fontosságúnak tekintik a villámárvizekkel való megbirkózási képességeink fejlesztésében.

A villámárvíz az egyik legjelentősebb természeti veszéllyé vált Európában, amely komoly életveszélyt, valamint épületek és infrastruktúra tönkretételét okozza. Ennek ellenére - és mert gyakran nem monitorozott vízgyűjtőket érint, még mindig rosszul dokumentált jelenség. A rendelkezésre álló információk hiányosságainak orvoslására, és különösen az 500 km²-nél kisebb területű vízgyűjtőkön előforduló csúcskibocsátások lehetséges tartományainak felmérésére, valamint a veszély földrajzi helyzetének leírására Európa-szerte hét európai hidrometeorológiai régióra vonatkozóan végeztek intenzív adatgyűjtést. Ez a leltár az első lépés az európai szélsőséges villámárvizek atlasza felé. Több mint 550 dokumentált eseményt tartalmaz a Katalán, Spanyolország mediterrán régió, Cevennes-Vivarais, Franciaország, Mediterrán régió, olasz Alpok és Ligury, alpesi mediterrán és mediterrán régió, Szlovákia, szárazföldi kontinentális régió, Görögország, mediterrán régió Románia, szárazföldi kontinentális régió, Ausztria, Alpok szárazföldi kontinentális régió adataival. A kezdeti megfigyelések azt mutatják, hogy a legszélsőségesebb villámárvizek nagyságrendileg nagyobbak a mediterrán országokban, mint a belső kontinentális országokban, és hogy a villámárvizek előfordulása erős szezonálisitást mutat, ami az egyes régiókban eltérő éghajlati kényszer mechanizmusokat tár

¹³³ Gruntfest, E. (1977): What People Did during the Big Thompson Flood. – Working Paper No. 32, Natural Hazards Research–applications Information Center, Boulder, CO. <https://hazards.colorado.edu/uploads/workingpaper/wp32.pdf>

¹³⁴ Eve Gruntfest, Burrell E. Montz: Flash flood mitigation: Recommendations for research and applications March 2002 *Environmental Hazards* 4(1):15-22 DOI: [10.1016/S1464-2867\(02\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S1464-2867(02)00011-6)

¹³⁵ Flash Flood Preparedness of Public Entities in Colorado Brian Hy Gruntfest, Eve, "What we have learned since the Big Thompson Flood: Proceedings of the Tenth Anniversary Conference, July 17-19, 1986, Boulder, Colorado" (1987). *FMHI Publications*. 61.

https://digitalcommons.usf.edu/fmhi_pub/61

fel.^{136,137} Magyarországon Faragó és társai 1991,¹³⁸ illetve Szilágyi, 1954¹³⁹ tanulmányai mutatnak rá az éghajlatváltozás vízgazdálkodási és hidrológiai vonatkozásaira, a villámáradások időbeli rövidségére, illetve a csapadék intenzitásának jelentőségére egy-egy esemény során.

A villámárvizek meteorológiai szempontból a konvektív csapadék rendszerekhez, azaz záporokhoz és zivatarokhoz köthetők, amikor a vonalba rendeződött zivatarok egymás után mozognak, így egy adott terület fölött rövid időn belül több – intenzív csapadékot adó – zivatarcella is átvonulhat. Ilyen intenzív csapadékesemények az év szinte bármely hónapjában előfordulhatnak. 2021 júliusában¹⁴⁰ Belgiumban, Németországban, Észak-Kelet Franciaországban, Luxemburgban és Hollandiában csapott le egy villámárvíz-sorozat. Nyugat-Németország és Kelet-Belgiumban 48 óra alatt több víz hullott le, mint általában két hónap alatt.¹⁴¹

Ha a feljegyzett villámárvizek morfológiai körülményei azt mutatják, hogy a legveszélyeztetettebb helyzetben a dombvidéki jellegű területek vannak, ahol a térszínek hirtelen váltanak át síksági formára, vagy ahol a völgytalpat hirtelen szűkületek tagolják. Egy heves esőzés vizét több évtizede száraz deráziós völgyek (a rétegsorban betelepülő agyagos, plasztikusan viselkedő üledékek miatt a terület hajlamos tömegmozgásos folyamatok -pl. csuszamlás, folyás- kialakulására.) is vezetik, ezért a domborzatot a villámárvizek esetében sokkal részletesebben kell vizsgálni, mint a hagyományos nagyvízi árvizek során.

¹³⁶ Eric Gaume, Valerie Bain, Pietro Bernardara, Olivier Newinger, Mihai Barbuc, Allen Bateman, Lotta Blaškovičová, Günter Blöschl, Marco Borga, Alexandru Dumitrescu, Ioannis Daliakopoulos, Joachim Garcia, Anisoara Irimescu, Silvia Kohnova, Aristeidis Koutroulis, Lorenzo Marchi, Simona Matreata, Vicente Medina, Emanuele Preciso, Daniel Sempere-Torres, Gheorghe Stancalie, Jan Szolgay, Ioannis Tsanis, David Velasco, Alberto Viglione, A compilation of data on European flash floods, Journal of Hydrology, Volume 367, Issues 1–2, 2009, Pages 70-78, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.12.028>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169409000079>)

¹³⁷ Koutroulis, A.G. & Tsanis, I.K. (2010): A method for estimating flash flood peak discharge in a poorly gauged basin: Case study for the 13–14 January 1994 flood, Giofiros basin, Crete, Greece. Journal of Hydrology, 385: 150-164

¹³⁸ Faragó T.; Führer E.; Garbai L.; Iványi Zs.; Járó Z.; Jászay T.; Márkus L.; Mika J.; Molnár Á.; Nováky B.; Práger T.; Szalai S.; Szász G.; Szentimrey T.; Tóth L. F., 1991: Az éghajlat változékonysága és változása II.: ..(szerk.: Faragó T.; Iványi Zs.; Szalai S.) Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium - OMSZ, Budapest, 210 o. ISBN 963 7702 45 8 II.k

¹³⁹ Szilágyi J. (1954): Az Által-ér és a Váli-víz rendkívüli árvize 1953. június 9.-én. (Extreme flooding of the Által-ér and the Váli víz on June 9, 1953). Vizügyi Közlemények, 36: 169-176.

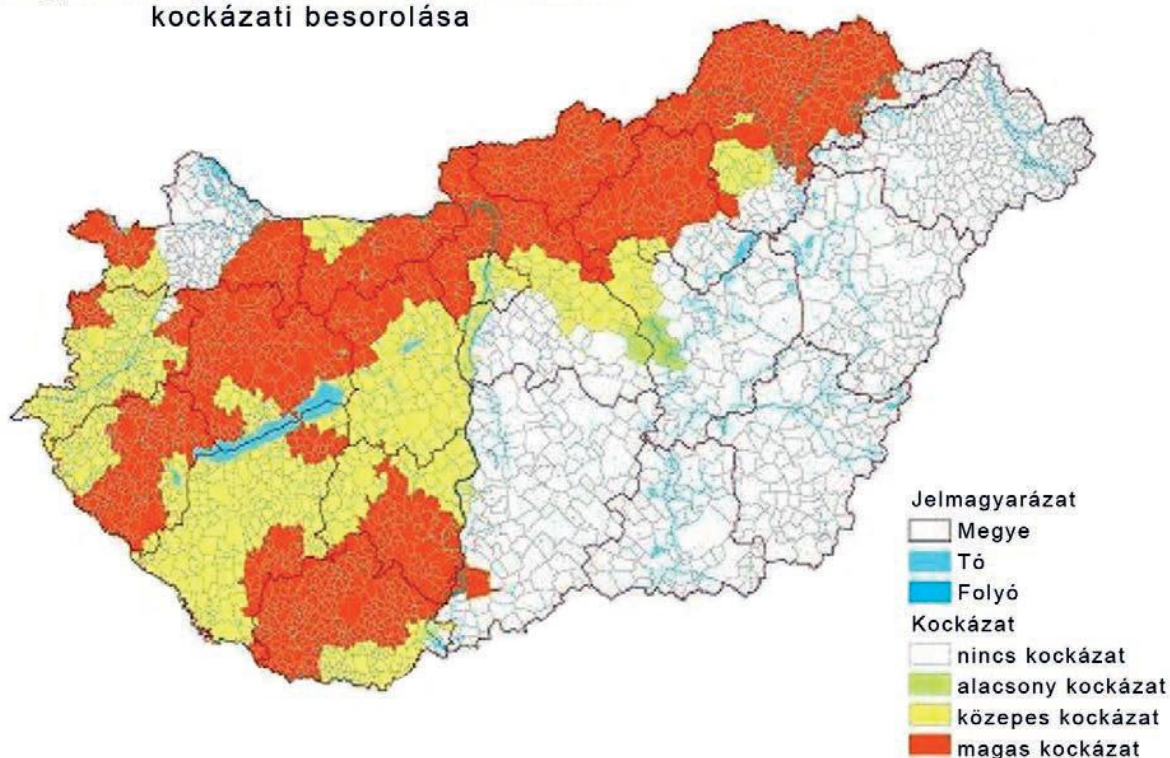
¹⁴⁰ <https://www.severe-weather.eu/europe-weather/destructive-flooding-germany-belgium-mk/>

¹⁴¹ https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3062

A dombvidéki települések, így Magyarország településeinek jelentős része esik villámárvíz-kockázati besorolás alá. Az 19. ábrán láthatók az ÉK–DNY-i vonalon lévő fekvő magas kockázatú megyék. A legnagyobb veszélyt az 5– 10%-nál nagyobb lejtésű területek jelentik, ahol intenzív mezőgazdasági művelésű dombvidéken találhatók.

19. ábra Magyarország településeinek villámárvízi kockázati besorolása

Magyarország településeinek villámárvízi kockázati besorolása



Forrás: Katasztrófavédelem ¹⁴²

A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény 4.§ (1) pontjában rögzíti a települési önkormányzatok vízgazdálkodással összefüggő feladatait, amelynek értelmében a település önkormányzatának dolga a helyi vízrendezés, ár- és belvízelvezetés és a települési vízkárelhárítás ellátása. A villámárvíz helyi vízkár eseményét a z önkormányzat esetenként a katasztrófavédelemnek jelenti. Ezen felül egyik hazai szerv sem köteles számon tartani a

¹⁴² www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/412-ar-es-belviz-valamint-villamarviz-kockazat-ertekelese-hazankban.pdf
Pécsi Tudományegyetem

villámárvizek előfordulását, gyakoriságát, a keletkezett károkat. A tudományos publikációk főleg a lefolyás modellezéshez elérhető adatokkal dolgoznak.

Rimóc, Nógrádsipek és Püspökszilágy településeket személyesen is látogattam. A Rimóc-Sipek patak villámáradása a helyiek elmondása szerint mindössze 20 perccel az esőzés kezdete után már életveszélyessé vált. 300 ingatlant és 600 embert veszélyeztetett, és hat lakóház lakhatatlanná vált. A vis maior Rimócon sok helyen a gázvezetékek is megrongálódtak, aminek az ügyintézése hónapokba telik a polgármester asszony elmondása alapján. A betonozott mederből óriási betondarabok úsztak majd álltak meg keresztbe, duzzasztva ezzel a lezúduló vizet. Az illegális hulladékok lerakása a településen átfolyó mederben szintén nem segített. Közút és híd is megrongálódott, a mentőautó útvonal biztosítása külön feladat ilyenkor.

2.2.5. A Kárpát-medence alföldi Duna- és Tisza-szakaszainak hidrológiai dinamikája

Anyag és módszer

A feljebb bemutatott kockázatok és hatások tükrében az Országos Vízügyi Főigazgatóságnál hozzáférhető adatbázisból a Duna és a Tisza alföldi szakaszának 41 hidrometeorológiai állomás adatait dolgoztuk fel (22 darab tiszai mérőállomás vízállás adatsorára és 19 dunai mérőállomás). Ezek közül több, két-három évtizedes időtartamot fed le, míg néhány 120 évre visszanyúló, napi vagy félnapi gyakorisággal mért adatsort tartalmaz. Az elkészült és publikálás alatt lévő tanulmány részletes statisztikai elemzést nyújt a Kárpát-medence területén elhelyezkedő Duna- és Tisza-szakaszok vízszint- és vízhozam-idősorairól. A vizsgálat a vízszint- és vízhozam-adatok szezonális mintázatait, hosszútávú tendenciáit és a statisztikai eloszlások főbb jellemzőit elemzi.

Az adatsorok nem egyenletes időbeli mintavétellel rendelkeznek, amelyet harmadfokú (cubic) spline interpoláció és resampling eljárásokkal egyenletes idősorokká alakítottuk.

A vízszintek és vízhozamok trendjeinek vizsgálatára a Theil-Sen regressziót alkalmazták, amely robusztus az outlierekkel szemben. A nem egyenletes idősorok spektrális vizsgálatára a Lomb-Scargle algoritmust alkalmaztuk, melyet Fourier- és Welch-módszerrel is összehasonlítottuk.

Eredmények

A Duna vízszintjének éves maximumértékei csökkenő trendet mutatnak ($-3,2 \pm 3,31$ cm/év), míg az éves minimumértékek trendje kevésbé markáns ($-1,07 \pm 1,52$ cm/év). A Duna vízhozama szintén csökkenő trendet mutat, a maximumok évi átlagos csökkenése $-26,36 \pm 38,14$ m³/s, a minimumoké $-1,38 \pm 4,81$ m³/s. Az éves idősorok klímatológiai átlagai viszonylag gyenge szezonális mintázatot mutatnak, de a maximális vízszintek és vízhozamok valószínűbb előfordulási időszaka az év első fele.

A Tiszánál a maximumértékek csökkenése még kifejezettebb ($-9,94 \pm 3,75$ cm/év), miközben a minimumértékek nem mutatnak jelentős változást ($-0,91 \pm 1,00$ cm/év).

A Duna esetében a maximumok előbb jelentkeznek, a Tiszánál viszont később.

A Lomb-Scargle analízis feltárt szekunder csúcspontokat a spektrumokban, amelyek nem kapcsolódnak az éves ciklushoz. A Fourier- és Welch-analízis szerint a Tiszánál 2,3 és 4,6 éves kvázi-periodikus komponensek jelentkeznek, míg a Duna esetében 1,3-1,5 éves ciklusok figyelhetők meg. A maximális vízszintek időbeli elhelyezkedése a Tisza esetében a sokéves átlagnál későbbre tolódik, míg a Duna esetében a sokéves átlagnál hamarabb jelentkeznek.

A minimumértékek időbeli eloszlása kevésbé egyértelmű, nagyobb szórást mutat.

(Megjelenés alatt: Imre M. Jánosi, István Zsuffa, Tibor Bíró, Boglárka O. Lakatos. András Szöllősi-Nagy és Zsolt Hetesi: The dynamics of lowland river sections of Danube and Tisza in the Carpathian Basin (2025) Frontiers)

2.2.6. Részösszefoglaló

Az éghajlatváltozás globális és Kárpát-medencét érintő legjelentősebb hatásai a hőmérséklet emelkedés, amely a vízkörforgás felgyorsulását elősegítve szélsőséges időjárási jelenségekké fajul, ez pedig nagyobb sérülékenységeset eredményez. A hidrológiai szélsőségekből eredő víz/- környezetbiztonsági kockázatok Magyarországon az árvíz, belvíz, villámárvíz és az aszály. A fentiekben bemutatott elemzések közül kivétel nélkül mindegyik a jövőbeni trendek erősödését prognosztizálja. Az alföldi hidrometeorológiai állomások adatainak statisztika feldolgozása ezt **alátámasztja**.

A második fejezetben elemzett víztöbblet és vízhiány hatások egyik **legfőbb konklúziója**, hogy a Kárpát-medence és Magyarország természetföldrajzi adottságai révén az éghajlati hatásokra való kitettsége és érzékenysége állandónak tekinthető. A sérülékenysége azonban

változónak. Továbbá **megállapítom**, hogy az éghajlati hatásokból eredő kockázatokat jelenleg a legtöbb szakirodalomban a bekövetkezés kockázatát elemzi. Sokkal kevesebb elemzés irányul a nem cselekvés kockázatának megismerésére, az is főleg közgazdasági alapú, mint ahogy erre a davosi kockázatelemzések is rámutatnak.

Ezen felül a második fejezet szakirodalma és a kutatás alatt olvasott egyéb tudományos jellegű eredmények alapján **hangsúlyozom** az éghajlatváltozás többszörösen azonosított nemzetbiztonsági, élelmiszerbiztonsági, és vízbiztonság kockázatait a Kárpát-medencében rövid, közép és hosszú távon is. Az éghajlatváltozás vízbiztonsági területen várható hatásai között fontos említeni a felszíni és a felszín alatti vízkészletek csökkenését és a növekvő fajlagos vízigényeket, mind a mezőgazdasági öntöző, mind az ipari hűtővíz tekintetében. A nem éghajlati hatásokból eredő szennyezések pedig felerősítik a kedvezőtlen állapotot, a vizek természetes öntisztuló képességének akadályozásával.¹⁴³ Az aszályhajlam és egyre nagyobb térséget érint.

Az egyik legfontosabb **megállapításom**, hogy a területi vízgazdálkodás egyik legnagyobb kihívásának azonosított sokszor egyazon területen jelentkező aszályt belvizet, illetve öntözési igény növekedését és a vízkészlet csökkenését kezelni kívánó átfogó stratégiák és cselekvési tervek megvalósulása akadályozottnak tűnik.

Állítom, hogy az éghajlatváltozás általános kommunikációja rendkívül eltolódott a katasztrófaturizmus irányába, ami egyáltalán nem segíti a társadalmasítás folyamatát. Hiányolom az olyan átfogóbb képet adó, de természettel vagy emberi hatással kapcsolatban objektívebb, vagy pártatlanabb írásokat, amely nem a hibáztatás és panaszkodás-kultúra általános eszközeit, hanem egy asszertívabb megközelítést alkalmaz. Ennek tipikus esetének találok a tudományos közösség felelősségre vonását az eredményeik gyenge kommunikációjáért. Továbbá **véleményem szerint** e közösség szervezési - sok rugalmasságot igénylő - mediatív jellegű - feladatot a robosztus és kötött működésű állami és közintézmények - amelyekbe az egyetemek, tehát a tudományos közösség is beletartoznak - képtelenek ellátni. Ha tudnák már megtették volna. Ilyen szempontból a civil közösségek hatékonysága az államihoz képest elgondolkodtató.

¹⁴³Olajosné Lakatos, Boglárka: A felszíni vizek ökológiai állapota: A Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság Közös Duna Felméréseinek ökológiai állapotra vonatkozó eredményeinek összehasonlítása 2001–2020-ig HADMÉRNÖK 16 : 2 pp. 107-125. , 19 p. (2021)
<https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/hadmernok/article/view/5303/4562>

Az éghajlati hatások, kockázatok ismertek. Ahogy ezt feljebb is megállapítom az természeti folyamatok kockázatnak titulálása számomra torzítónak hat. Ezért a következő fejezetben a sérülékenységek okát kutatom.

3. ÉGHAJLATI SÉRÜLÉKENYSÉG OKAI, EMBERI HATÁSOK FELTÁRÁSA

Az általánosan megállapított éghajlati folyamatok hatásainak vizsgálatakor véleményem szerint megkerülhetetlen lépés a globális hatásoktól indulni a lokális jellegű kivetülésekig, amely így sem biztosítja a teljes átláthatóságot a hatásláncolatokban a globalizált gazdasági és társadalmi aspektusok miatt. A körfolyamatok és komplex kapcsolatok révén nem is lehetne kezdőpontja egy globális rendszereket érintő vizsgálatnak, mégis a tudományos közösség egyetért abban, hogy a bioszféra eltartóképességének határán egyensúlyozva a társadalmi és gazdasági igényeket a környezeti feltételekhez kellene igazítani, nem pedig a környezetet átalakítani a gazdasági igények szerint. Vagyis a kérdés nem az, hogy hogyan védekezzünk az éghajlati hatások ellen, hanem az, hogy hogyan jutottunk idáig és hogyan tudnánk alkalmazkodni ahhoz, ami mindenképp bekövetkezik. A következő fejezetben a (hazai) sérülékenység kialakulásának okait vizsgálom.

A károsanyag kibocsátással kapcsolatos összefüggések egyértelműek és elfogadottak. Erre reagálnak a mitigációs stratégiák, intézkedések, amelyek - alátámasztva a fenti megállapításom, miszerint a cselekvési tervek végrehajtása akadályozott. - a különböző mérések szerint nem halad a megfelelő ütemben.

Az emberi hatások természeti sérülékenységet okozó hatásai közül a táj- és felszínformálást vizsgálom közelebbről, amellyel árnyalni szeretném azt az általános benyomást, hogy az emberi hatások az ipari forradalom kezdetére tehetők és kizárólag a szennyezést értjük alatta.

Mint az köztudott - de talán mégsem - az ember élettere, a javak, amelyeket használ, elfogyaszt a természeti rendszerek egyensúlyán és megfelelő működésén alapul. A természeti rendszerek elemei és az általuk biztosított javak és szolgáltatások létfontosságúak a jólét fenntartásához, valamint a jövőbeli gazdasági és társadalmi fejlődéshez. A természeti rendszerek – kiterjedtségétől és minőségétől függő – működésének köszönhető a tiszta víz, az élelmiszer, a fa- és rostanyag, a levegő tisztulása, a talaj képződése vagy a beporzás. Nincs két egyforma élőhely, diverzitásukat a természeti rendszeren belüli, illetve az azok közötti kapcsolódások határozzák meg. Társadalmi rendszereink az ökológiai rendszerekbe foglaltan léteznek, akkor is, ha azok nagymérvű átalakításával foglalnak helyet maguknak.

A földhasználat és a felszínborítás változása a felszíni víz- és energia költségvetésre gyakorolt hatása révén a regionális vízkörforgást is befolyásolják. A földhasználat változása és az öntözés céljára szolgáló vízkitermelés a 20. század közepe óta jelentős hatást gyakorol a vízkörforgás helyi és regionális alakulására. Az egyre nagyobb mértékű erdőirtás csökkentette a párolgást és növelte a lefolyást a kivágott területeken. Az urbanizáció valószínűleg növelte a helyi csapadék lefolyásának intenzitását. A felszín alatti vizek kimerülése - főleg öntözés céljából - a 21. század eleje óta megfigyelhető. Már az ókor óta vannak feljegyzések a régiók éghajlatának akár évtizedek alatt bekövetkező változásairól.

Theophrastus, az ókori görög filozófus, például a Kr.e. 4. században leírta, hogy a mocsarak lecsapolása miként tett egy adott helyet fagyveszélyesebbé. A reneszánsz európai és későbbi tudósok úgy látták, hogy az erdőirtás, az öntözés és a legeltetés az ősidők óta megváltoztatta a Földközi-tenger körüli területeket; feltételezték, hogy ezek az emberi beavatkozások befolyásolták a helyi időjárást is. 1088-ban megjelent könyvében az északi Song-dinasztia kínai tudósa és államférfija, Shen Kuo a fokozatos éghajlatváltozás elméletét hirdette, miután rájött, hogy az ősi megkövesedett bambusz vegetációra utaló maradványokat talált Yanzhou száraz északi régiójában, amely nagyon távol esik Kína melegebb, nedvesebb éghajlatú területeitől, ahol a bambuszok jellemzően nőttek.¹⁴⁴ Ennek egyik legújabb bizonyítékát a három dél-koreai egyetem közös kutatása mutatja be a kelet-ázsiai térségre vonatkozóan.¹⁴⁵

3.1. Történelmi tájalakulás, folyószabályozás és következményeik - árvíz

Az éghajlati és földrajzi kitettségből, valamint a tájhasználatból adódó vízkockázatok Magyarországon az árvíz, villámárvíz, belvíz, aszály, és főleg a Duna-Tisza közén az ivóvízellátás. A fejezet az antropogén jelenlét, a felszínformálás és területhasznosítása által megváltoztatott bioszféra egyensúly majd az üvegházgázok kibocsátása által is felgyorsított és súlyosbított éghajlatváltozás hatását mutatja be, melynek során a vízciklus változása az ország teljes területét érintő kitettségéből eredő kockázati besorolásokat, klímaérzékenységbe és sérülékenységbe taszítja.

Folyószabályozás

¹⁴⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_climate_change_science

¹⁴⁵ Seo, YW., Ha, KJ. Changes in land-atmosphere coupling increase compound drought and heatwaves over northern East Asia. *npj Clim Atmos Sci* 5, 100 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41612-022-00325-8>

Megközelítőleg tizenkétezer évvel ezelőtt alakul ki az Alföld jellegzetes ártéri szerkezete, ami a vízjárta területeken a mérsékelt övi őserdők uraltak. Becslések szerint az erdőterületek az ártér 80-90%-át jellemezték, míg a mocsárrétek, rétek, nyílt vízfelületek, vizesélőhelyek a maradék 10-20%-ra terjedtek ki. Az őskori civilizációk első, a tájszerkezet változásában is kimutatható jelei hozzávetőlegesen 8000 évvel ezelőtt, tehát valamikor a Kr.e. VI. évezredben jelennek meg. Ettől az időszaktól kezdve a táj lassú, ciklikusnak mondható átalakulásnak indult. Néhány területen az ekkor kialakuló bolygatott cserjeszintű erdők uralma a XV-XVI. századig fennmarad, máshol azonban már 7000 évvel ezelőtt is komoly változások játszódnak le. Az erdők aránya jelentősen, 50-70%-ra esik vissza, a vizsgált mintákban megjelennek a haszonnövények, illetve az égetés nyomai. Később a földművelés visszaesésével párhuzamosan az erdősültség enyhe növekedésével számolhatunk, összességében azt mondhatjuk, az ártéri területeken az erdősültség ez idő tájt nem növekedett 80% fölé, de nem is csökkent 50% alá. ^{146,147}

A medencének, az éghajlat- és csapadékviszonyok ellenére hosszú időn keresztül megmaradt termékenysége. A termékenység nem csupán a külső adottságoktól függött – ezt igazolják a csapadékeloszlás egyenetlenségei is –, hanem az éghajlati szélsőségeket kiegyenlítő természetes rendszerek működésének eredménye volt. E működésben nagy szerepet játszott az ember is a maga gazdálkodásával, tájhasználatával. Az élő-világ vízigényét a csapadék nem képes kielégíteni. Eh-hez szükség van egy a vizet szétterítő és tartalékoló (pufferoló) vízcsapdára. E csapda hiánya ma már egyértelműen érezhető, míg az elmúlt 16 000 évből ilyesfajta kiszáradásra utaló jelet nem ismerünk. Összességében tehát, ha az együttműködő formát nem is tekinthetjük kizárólagosnak, szerepe mindenképpen meghatározó volt. Erre olyan beavatkozások nyomai is utalnak, melyek nagyságrendjükben a XIX. századi folyószabályozásokhoz mérhetők, ugyan-ak-kor jól érzékelhetően a természetes folyamatok kiegyensúlyozása érdekében zajlottak. Ilyen önmagában a fokrendszer is, de ilyenek az Alföld hosszanti sáncai. ¹⁴⁸

¹⁴⁶ Andrásfalvy B. (1973). A Sárköz és a környező Duna-menti területek ősi ártéri gazdálkodása és vízhasználatai a szabályozás előtt. VÍZDOK - Vízügyi Dokumentációs és Tájékoztató Iroda, Budapest.

¹⁴⁷ Molnár G. (1991 – 1994). Az ártéri gazdálkodás – A Kárpát medencei gazdasági-politikai kontinuitás alapja. In: Országépítő, vol. 1991/2, 1991/3, 1991/4, 1992/1, 1992/3-4, 1993/3, 1993/4, 1994/1. Kós Károly Egyesülés, Budapest.

¹⁴⁸ Molnár Géza: Ember és természet ISBN: 978 963 662 253 4 Kiadás éve: 2009

Az Alföld akkori arcát tehát alapvetően a Tisza és mellékfolyóinak vízjárása határozta meg. Az itt élő őseink jól alkalmazkodtak a terület környezeti viszonyaihoz. Nem csak mindennapi szükségleteiket tudták biztosítani a rétek és mocsarak nyújtotta természeti javakból, de menedékként is kitűnően használták e vízjárta vidéket a tatárjárás során vagy a török hódoltság viharos évszázadaiban. A pákászat, csíkászat, darvaszat és számos más, napjainkra kihalt mesterség szolgálta a lápvidéki emberek mindennapi megélhetését. Mezőgazdasági művelésre csak a magasabban fekvő szárazulatok voltak alkalmasak, a természetes réteket leginkább rideg állattartással hasznosították. Igyekeztek mindemellett a folyók áradásait is a maguk hasznára fordítani. Az itt élő népesség megélhetésének nem a szántóföldi gazdálkodás adott alapot. Sokkal inkább az árterek állattenyésztése, halászata, kiegészítve a gyümölcsösökkel. Ezen alapult őseink évszázadokon át folytatott ártéri gazdálkodási formája, a fokgazdálkodás, ami szűkebb értelemben az ártéri gazdálkodás vízgazdálkodási módszertana.

Lényege, a természetszerű oldalirányú vízkivezetés, vagyis az árvizek “fokokon” való kivezetése az ártéri laposokba, tavakba, illetve átvezetése az ártéri laposok, tavak között. Ilyen értelemben beszélhetünk első- ill. másodlagos fokokról, ill. az árvízi víztöbblet tájba vezetésére épülő (víz)gazdálkodásról. Tágabb értelemben az ártéri gazdálkodás egészére is értik a fokgazdálkodást, minthogy az ártéri gazdálkodás kulcsa a fokgazdálkodás. A két fogalom elkülönítése javasolt, miszerint a fokgazdálkodás a vízkormányzási módszertan, a fentiek szerint, az ártéri gazdálkodás pedig az ártéri tájak eredendő természetes működéséhez igazított komplex mezőgazdasági rendszer, az árterek és az ár mentes szintek integrált természetszerű használata, számos haszonvéttel, ú.n. legeltetés, gyümölcsészet, az erdőélés különböző hasznai, a halászat sokféle formája és a vizek egyéb haszonvételei (pákászat, nád stb.).

A folyó és a fokok mentén nagy számban találunk malmokat is, amiben az ár mentes szántók gabonáit őrölhették. Feltételezések szerint a XV. század végén már 1500 malom működött, a XIX. század végén pedig 20 000 vízimalmot tartottak nyilván. A honfoglalás utáni századokból származnak az első mesterséges csatornák is, melyek egy részét öntözésre, egy-egy terület elárasztására használták.¹⁴⁹ A házépítésnek, a kézművességnek minden alapanyagát (nád, sás, fűzfavessző, agyag, vályog) az ártér szolgáltatta. Mindez pedig nemcsak az önellátást, és a földesúri járulékok szolgáltatását tette lehetővé, hanem a városi piacokra történő szállítást is. A gazdagság azonban nem volt ingyen: sok munka is kellett a fokokat karbantartásához tisztításához, a gátakat ellenőrizni, a halas tavakat kezelni, az egész rendszert pedig működtetni

¹⁴⁹ Babinszky Edit Térképek a múltból Pocsolyatérkép Élet és tudomány 72. évf. 29. sz. (2017. július 21.) (2024. 12. 10.) https://epa.oszk.hu/02900/02930/00343/pdf/EPA02930_elet_es_tudomany_2017_29.pdf

kellett. Ez is a folyószabályozásnak számít. Olyan gazdálkodási forma volt, amely a természethez igazodott, jól ismerte a vizek természetét, harmonikus egyensúlyt teremtett ember és környezete között. Ugyanakkor kora technikai szintjén a leghatékonyabban élt a természet adta lehetőségekkel, ügyelve arra is, hogy ne használja túl a rendelkezésre álló javakat.¹⁵⁰

A török hódoltság alatt bekövetkező erdőirtás, a katonai védelmi célú, védekezést elősegítő árasztások stb. mind hozzájárultak a vízrajzi viszonyok folyamatos átalakulásához. Két, egymással is összefüggő, hátrányos tendencia volt megfigyelhető: az erdőségek nagymértékű pusztulása, amelyet elsősorban a szüntelen háborúknak köszönhető állandó hadi készültség, az erődök, palánkok építéséhez, karbantartásához szükséges faanyag biztosítása, valamint a hamuzsír- és a faszéntermelés fellendülése okozott. Ennek hatására fokozódott a hegyvidéki felszínpusztulás, a folyók forrásterületeinek lefolyást fékező, víztározó hatása viszont csökkent, emiatt az árhullámok nagy eséssel, rövidebb idő alatt érték el a síksági területeket, ahol jelentősen megemelkedtek az árvízi vízszintek. Illetve a láp- és mocsárvilág nagymértékű terjeszkedése, amely az árvízszintek megemelkedése mellett az is gyorsította, hogy a hadban álló felek saját erősítéseiket a víz odavezetésével próbálták megközelíthetetlenné tenni. A Tisza menti őslakosság török idők alatti elvándorlásával a vízközel életmód tudása is elveszett.

151,145, 146

A mezőgazdaság fejlődése, a termények (elsősorban gabona) iránti rohamosan növekvő kereslet idővel azonban egyre több vízrendezési kezdeményezést vont maga után a termőterületek növelése érdekében. Időközben a kereskedelmi hajózás is egyre nagyobb teret nyert (gőzhajók megjelenése), valamint az árvizek kártételének csökkentése, a hordaléklerakódás okozta mederemelkedés megakadályozása mellett a jégtorlaszok hatékony elhárítása is fontos cél lett - ez utóbbi elsősorban a Dunán.

“A folyószabályozások előtt a történelmi Magyarország 13,7 százaléka (38 771 négyzetkilométer) volt ártér, melyből 36 700 négyzetkilométert ármentesítettek. Hazánk mai

¹⁵⁰ Vízgazdálkodás a középkori Magyarországon In: Gyöngyössi, Márton (szerk.) Magyar középkori gazdaság- és pénztörténet: Jegyzet- és forrásgyűjtemény Budapest, Magyarország : Bölcsész Konzorcium (2006) 342 p. pp. 105-152. , 48 p. <https://m2.mtmt.hu/gui2/?mode=browse¶ms=publication:3115301>

¹⁵¹ Babinszky Edit TÉRKÉPEK A MÚLTBÓL POCSOLYATÉRKÉP Élet és tudomány 72. évf. 29. sz. (2017. július 21.) (2024 12 10.) https://epa.oszk.hu/02900/02930/00343/pdf/EPA02930_elet_es_tudomany_2017_29.pdf

méretének eredeti árterülete pedig 22 000 négyzetkilométer volt, ebből jelenleg a folyóink uralma alatt álló hullámtér csupán 1500 négyzetkilométer.”¹⁵²

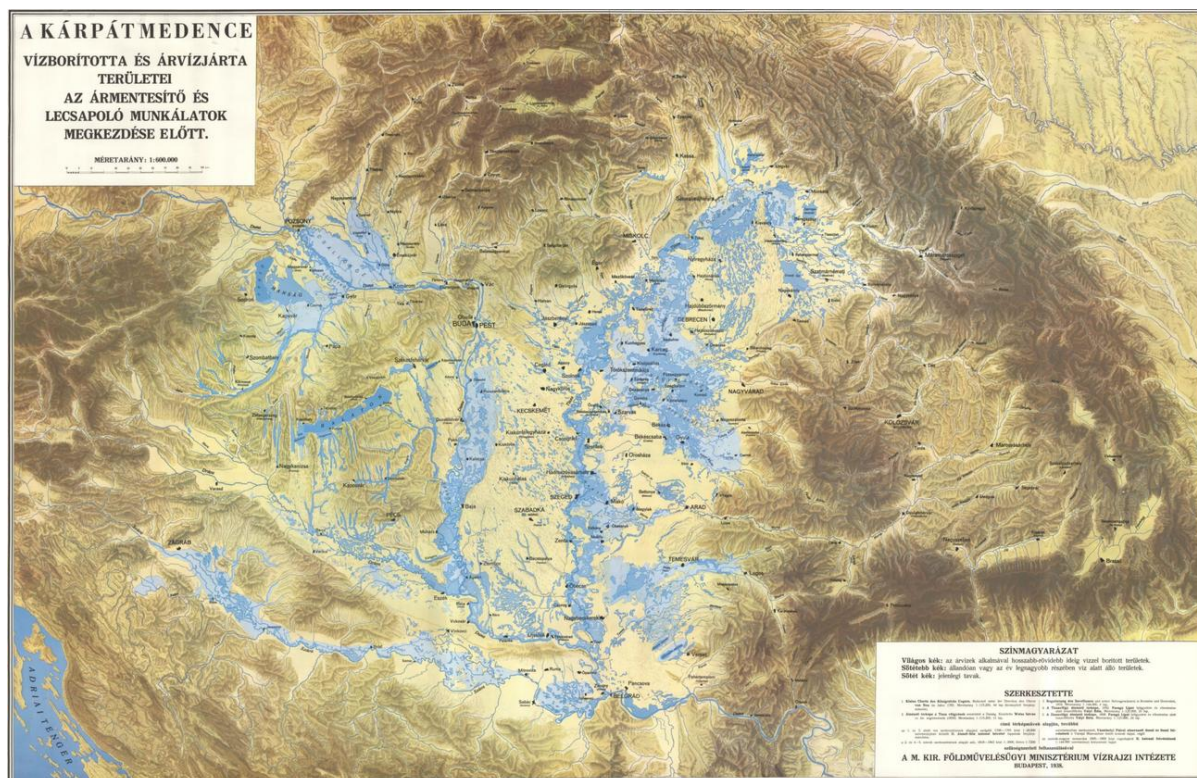
A Tisza szabályozása 1846. augusztus 27-én vette kezdetét. A szabályozás eredményeként a folyó új hossza 962 km lett, született 136 km új, épített meder, valamint 589 km holtág. A folyó esése a kilométerenként 3,7 cm-ről 6 cm-re növekedett. A szabályozás előtt mintegy két hónap alatt ért le az ár a Szamostól Szegedig, ma mindehhez 1-2 hét elegendő. A hajózható hossz ma 780 km. 1908-ban az országgyűlés elfogadta a Tisza újabb, immár húsz évre szóló fejlesztési programját. Az 1937-es XX. törvénycikk célja azonban: a folyamszabályozás, ármentesítés és lecsapolás negatív következményeinek korrekciója.¹⁵³ A XX. század elejéig a Dunán 18 helyen vágták át a kanyarokat, amellyel 123 kilométerrel rövidítették meg a folyót. A hatalmas természetföldrajzi változást még jobban érzékeltetik a Tisza vízgyűjtő területének adatai: a Tiszán végrehajtott 112 átvágás 453 kilométerrel csökkentette a folyó hosszát, a Körösök 248 kanyarátvágása pedig 546 kilométernyi rövidülést értek el.¹⁵⁴

20. ábra Magyarország vízrajza a folyószabályozások előtt.

¹⁵² Babinszky Edit TÉRKÉPEK A MÚLTBÓL POCSOLYATÉRKÉP Élet és tudomány 72. évf. 29. sz. (2017. július 21.) (2024 12 10.)
https://epa.oszk.hu/02900/02930/00343/pdf/EPA02930_elet_es_tudomany_2017_29.pdf

¹⁵³ vizugy.hu

¹⁵⁴ ua. 118



Forrás: Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat

Az alföldi területek aszálykitettsége a legmagasabb az országon belül.¹⁵⁵ Ma már tudjuk, hogy a kanyarulatok átvágása komoly szabályozó szereptől fosztotta meg az ártereket, melyek kihatnak mind a beérkező víz, csapadék mennyiségére mind a vízmennyiség elosztására és beszívargására.¹⁵⁶ A folyó völgy élő rendszer, melybe az éltető vizet a főfolyó szállítja, de a táj részét alkotó élő alrendszerekhez a kisebb vízfolyások juttatják el, csak úgy, mint testünkben az erek hálózata. Nem működik jól, ha csak artériák és vénák alkotják. Az árterek drasztikus csökkenésével további kritikus funkciója a hordaléklerakódás tere is csökkent. A hordalék így csak a töltések között a hullámtérben rakódik le és feltölti azt. Az árvíz szintje többek között

¹⁵⁵ Mezősi Gábor, Bata Teodóra, Blanka Viktória, Ladányi Zsuzsanna A klímaváltozás hatása a környezeti veszélyekre az Alföldön Földrajzi Közlemények 2017. 141. 1. pp. 60–70. https://www.epa.hu/03000/03022/00011/pdf/EPA03022_foldrajzi_kozlemenyek_2017_1_060-070.pdf

¹⁵⁶ Földi László: Változó természeti környezet, klímaváltozás. Az emberiség növekvő vízigénye és a vízforrások csökkenésének konfliktusa. In: Csengeri János, Krajnc Zoltán (szerk.): [A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században](#). Nemzeti Közszerológiai Egyetem, Budapest, 2015. Pp: 12-25.

emiatt is emelkedik. A vízszint ingadozás drasztikus emelkedése a legnagyobb áradás idején 4-5 méterrel magasabbra duzzaszthatja a vizet.^{157,158}

Tájhasználat

A 18. sz. elején megfigyelhető állapotához képest az elmúlt 250 évben jelentősen és gyorsan átalakult a táj és területhasználat. A folyószabályozás után az Alföld erdők, legelők és mezőgazdasági területhasználat változásait az 2. táblázat alapján következtethető.

2.táblázat A területhasználat változásai a Duna–Tisza között

év	erdő (%)	rét-legelő (%)	szántó (%)
10. század	35	na.	na.
18. század	4,5	48	26,5
1850	5	39,4	37,9
1895–1900	7,2	29	53,6
1935	6,6	21,2	58,9
1956	8,3	18,5	56,6
1990	15,4	14	60
2000	18,2	13,5	57,3
2006	19,9	13,8	55

Forrás: (A területhasználat változásai a Duna–Tisza között (CLC90, -2000, -2006, Harmati 1994 alapján Ferenc, Kovács., 2011 feldolgozás)¹⁵⁹

A korábban mozaikos tájszerkezetre alapuló sokrétű gazdasági hasznosítású területein (halászat, gyümölcsészet állattartás, nádgazdálkodás, ...) mára uralkodóan agrár-gazdasági hasznosítású másod-harmadlagosan átalakított kultúrtájja vált, döntőrészt szántóhasznosítás jellemző. Az Alföld jelentős része vízborítás alá került árvizek idején, a kis esés és az Alföldre jellemző mikrodomborzat pedig késleltette a víz lefolyását. Ekkor nagy felületen történhetett meg a párolgás és a felszín alatti vízpótlás. A folyó vízjárását kiegyenlítette a lassan visszahúzódó víztömeg. Ismerve ezt a fajta táji működést és az árvízmentesítés mai gyakorlatát,

¹⁵⁷ Balogh P. 2001: Az ártéri tájgazdálkodás koncepciója. In: Földrajzi Közlemények 2001/3-4.
<http://www.nagykoru.hu/arter>

¹⁵⁸ Dobrosi D.–Haraszthy L.–Szabó G. 1993: Magyarországi árterek természetvédelmi problémái. – WWF Füzetek 3. Budapest

¹⁵⁹Kovács Ferenc: *Az alföldi területhasználat és változásainak értékelése*. In: A környezeti változások és az Alföld 7. pp. 159-166. (2011) <https://acta.bibl.u-szeged.hu/62756/>

látható, hogy az nem illeszkedik a körkörösségbe, a vizek újrahasznosítása, megtartása nélkül engedjük elfolyni az országból az áradás adta víztöbbletét.^{160,161}

Az ár a bőségről a veszélyforrásá való átértelmezése. A vízbiztonsági fogalmak a kor gazdasági, természeti, politikai (háborús) körülményeinek áldozatai, amely az ember természethez való hozzáállásának egyik indikátorai is lehetnének.

3.1.1. A vízmérleg - aszály

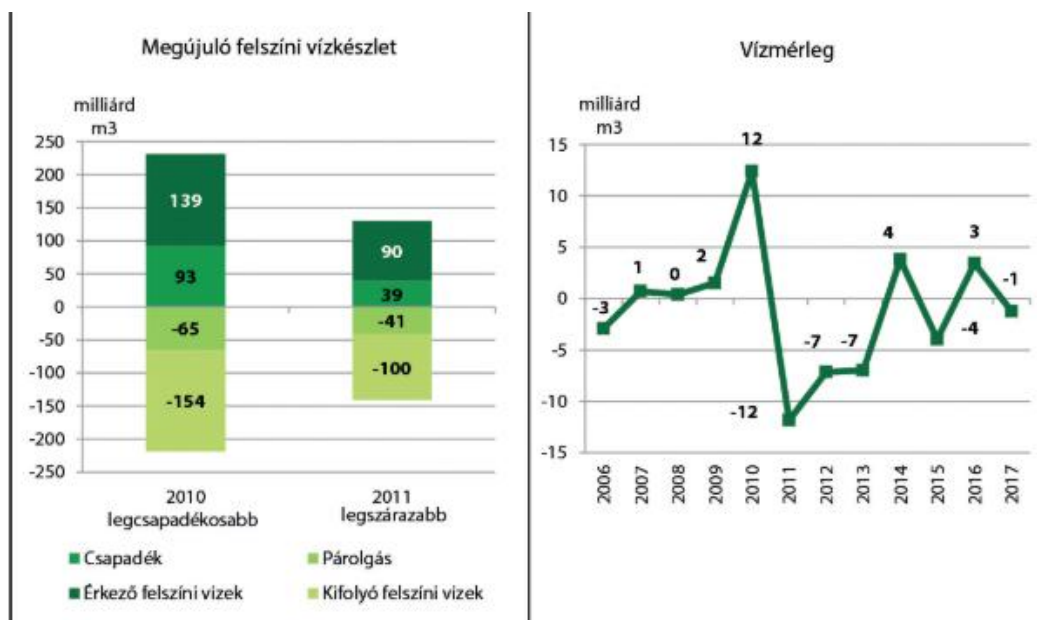
A jelenlegi aszály-sérülékenység okainak és folyamatainak kiemelkedően fontos tényezője az adott ország területén elérhető, minden évben megújuló vízkészlet mennyisége, amelynek a kialakult vízgazdálkodási gyakorlatának előzményeit feljebb levezettem.

A vízmérleg esetében feltűnik, hogy a legszárazabb években a vízmérleg mindig negatív, és bár a csapadékos 2010-ben, 2014-ben pozitív, a következő aszályos években a korábbi víztöbblet hatása nem érzékelhető. 2007–2009-ben átlagosnak tekinthetjük a csapadék ellátottságot, 2010 nedves év volt, 2011–2013 között száraznak mondhatók az évek. 2014 kiemelkedő csapadékmennyiséget hozott, de 2015-ben ismét deficitese a vízmérleg. Mindkét kiemelkedően csapadékos és befolyó vízzel jól ellátott év (2010, 2014) után aszályos időszak következett, és az előző évben mutatkozó víztöbblet nem hasznosult megfelelően. Hazánk megújuló felszíni vízmérlege egyre nagyobb kilengéseket mutat.

¹⁶⁰ Haraszthy L. et al. 2002: A tározó területek, területrészek tájgazdálkodási, illetve egyéb ökológiai célú hasznosítási lehetőségeinek (területhasznált módosításának) feltárása, különös tekintettel a Nemzeti AgrárKörnyezetvédelmi Programban foglaltakra. (kézirat részben felhasználva: Varga I. et al.: Árvízi tározók területének tájgazdálkodási, ökológiai célú hasznosítási lehetőségei és gazdaságossága. (5.1-3. fejezet, pp. 47-62.) – A KöViM megbízásából THESIS Kft, WWF Magyarország, VÍZITERV Consult Kft., Budapest.

¹⁶¹ Murányi Gábor: A körkörös gazdasági modell kiaknázása a területi vízgazdálkodásban Hidrológiai Közöny 2021. 101. évf. 3. szám
https://www.researchgate.net/publication/355903913_A_korkoros_gazdasagi_modell_kiaknazasa_a_teruleti_viz_gazdalkodasbanExploitation of the circular economy model in territorial water management

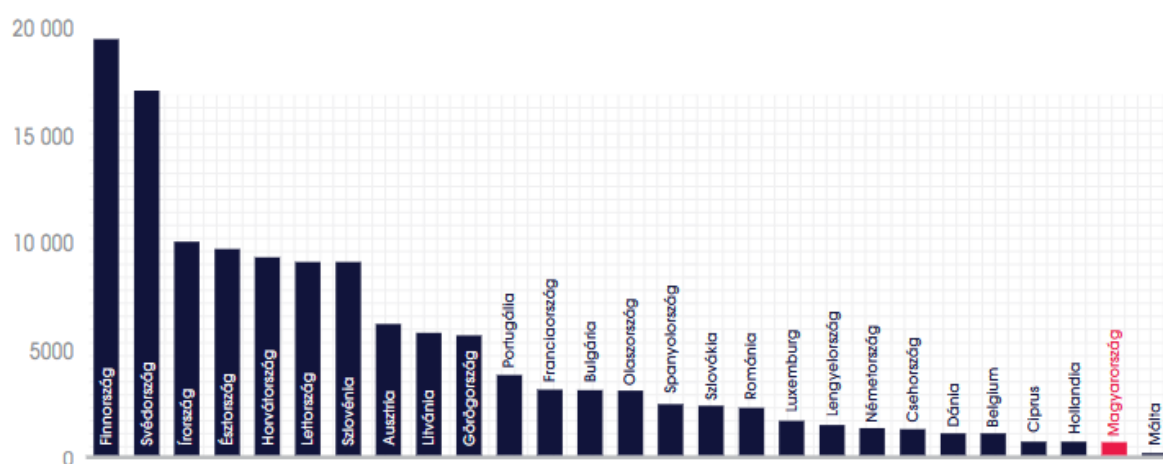
20. ábra Magyarország megújuló felszíni vízkészlete és vízmérlege 200-2017 ig



Forrás: Jó állam jelentés 2019, OVF

Továbbá, alvízi helyzetünkből adódó kiszolgáltatottságunk fokozza az éghajlati sérülékenység helyzetét. Hazai vízkészletek, vízfolyásaink vízkészleteinek több mint 90%-a a határon túlról érkezik, továbbá, hogy a belső megújuló vízkészletünk mennyisége az EU-ban az egyik legalacsonyabb.

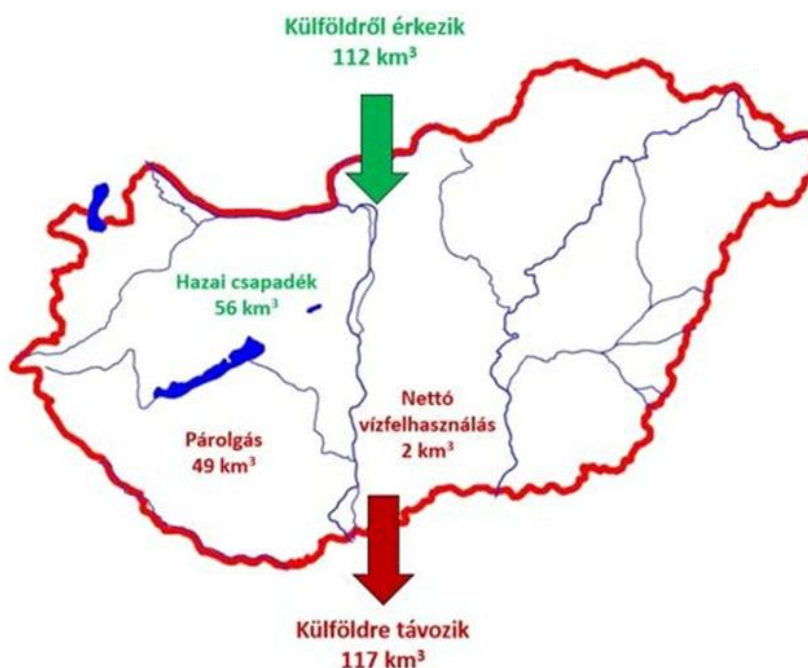
21. ábra A belső megújuló vízkészletek mennyisége 2020-ban az EU tagállamaiban, m³/fő, 2019–2020



(forrás: Our World in Data)³ Renewable internal freshwater resources per Capita. Our World in Data, <https://ourworldindata.org/grapher/renewable-water-resources-per-capita> – utolsó letöltés időpontja: 2024. november 25. (Egyensúly Intézet) ¹⁶²

A vízmérlegben a csapadék és az elfolyás mért adat, a párolgást viszont az elpárolgáshoz szükséges energia fizikai képlete alapján számolják, amihez elvben az adott területre beeső napenergia mennyiségét kell alapul venni. Ennek mérése problémás, ezért általában az energiamennyiséget a hőmérsékletre alapozva szokás becsülni. Természetesen, ha egy területen nincs elég víz a potenciális párolgáshoz, akkor a képletben megadott vízmennyiség nem párolghat el, ez esetben az adott területet aszály sújtja. A szakmai körökben jól ismert hosszútávú vízmérleg összesítést a 22. ábra mutatja.

22. ábra Magyarország hosszútávú vízmérlege



Forrás: <https://www.vg.hu/mnb-blog/2023/06/hova-folynak-el-a-vizeink-a-vizhiany-okai-magyarorszagon>
<https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/13535/Nemzeti%20Vizstrategia.pdf?sequence=1>

22. oldal

A szélsőséges vízforgalmú években a tavasszal érkező víztöbbletet ellen jelenleg védekezünk. A folyómenti védőtöltések, csatornák és egyéb vízügyi infrastruktúrát arra tervezték, hogy

¹⁶² Egyensúly Intézet szakpolitikai javaslatok a magyar vízbiztonság hosszú távú megteremtéséről HOGYAN LEGYEN MAGYARORSZÁG VÍZBEN GAZDAG ORSZÁG? 2024 No.4 https://egyensulyintezet.hu/wp-content/uploads/2024/12/Vizbiztonsag_javaslat_EI.pdf

elvezesse a vizet az országból az átvágott, kiegyenesített folyókanyarulatokon a töltések között. Hazánk éves vízmérlege tartósan negatív, több víz folyik ki az országból, mint amennyi érkezik. A 2019-es Nemzeti Vízstratégia hosszú távú vízmérlege szerint 112 köbkilométer víz érkezett Magyarországra, miközben 5 köbkilométerrel több távozott az országhatáron kívülre a Duna, a Tisza és a Dráva medrében. A negatív vízmérleg tartós jelenség, már az 1930-as évekből származó adatok is alátámasztják az egyensúlytalanságot, amely elsősorban az ország földrajzi fekvésével, a folyószabályozással és a belföldön lehulló csapadék nem elégséges visszatartásával magyarázható. Ezért is elvárás már, hogy a szabályozott folyókon történő vízelvezetés helyett a víz megtartására kell törekedni a vízkormányzás és a mezőgazdasági gyakorlat terén is.¹⁶³

Az elmúlt 122 évben átlagosan 612 milliméter csapadék hullott Magyarországon egy év alatt, miközben ez 2022-ben az átlagnál 19 százalékkal kevesebb, 497 mm esett. Voltak az országnak olyan részei 2022-ben, ahol kevesebb mint 340 milliméter csapadék hullott, míg olyan is, ahol közel 770. Ráadásul az egész éves csapadék 90 százaléka mindössze 60-70 nap alatt esik le, miközben az év négyötödében nem vagy csak minimális csapadék esik. Emellett fokozatosan csökken a csapadékos napok száma hazánkban: az elmúlt évtized átlagos értéke közel 20 százalékkal alacsonyabb a múlt század első évtizedének átlagánál.

A vízveszteség egy másik, az utóbbi néhány évben részletesebb kutatásokat érdemelt eleme a párolgás. Az emberi hatások éghajlati sérülékenységének egy eddig elhanyagolt okozója, amely túlmutat a vízügy technikai múltján is.

3.1.2. Párolgás - aszály

A hidrológiai ciklus és a globális légkörzés folyamatai a csapadékon és a párolgáson keresztül elválaszthatatlanul összekapcsolódnak és egy rendszert alkotnak. A víz a hőcserélő közeg szerepét tölti be a földi légkörzésben, az éghajlati energiacserélő folyamatokban, amelyekben a víz rendkívüli hőtani tulajdonságai és halmazállapot változásai semmi mással nem pótolható szerepet játszanak.¹⁶⁴ A globális cirkuláció folyamatában fontos szerepet kap a víz. A víz a fázisátalakulásokon keresztül egyfajta „energiahordozónak” tekinthető: a melegebb

¹⁶³ Besenyei Mónika Fenntarthatóság In: Jó Állam Jelentés szerk : Dr. Kaiser Tamás Energia- és vízgazdálkodás F.3.3. Megújuló felszíni vízkészlet 105. oldal https://joallamjelentes.unke.hu/2019_pages_PDF/Jo_Allam_Jelentes_2019_Elso_Valtozat.pdf

¹⁶⁴ Hesslerová, P., Pokorný, J., Huryňa, H., & Harper, D. (2019). *Wetlands and Forests Regulate Climate via Evapotranspiration. Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use*, 63–93. doi:10.1007/978-3-030-14861-4_ (chapter 4).

területekről elpárolgó vízgőz ugyanis a hidegebb területekre áramolva, majd ott kondenzálódva jelentős mennyiségű látens hőenergia felszabadulásával jár. A nyugati szelek övében kialakuló ciklonok erősségét alapvetően befolyásolja, hogy bennük mennyi vízgőz képes kicsapódni, és ezzel együtt mennyi látens hő szabadulhat fel. A globális cirkuláció tehát alapvetően befolyásolja a víz légköri körforgalmát. A kontinenseket sújtó aszályok, illetve az árvizeket okozó esőzések kialakulásának feltételeit legtöbbször nem a helyi légköri állapotváltozások, hanem a globális földi cirkuláció körülményei szabályozzák.¹⁶⁵

Magyarország éves átlaghőmérsékletének változása a 2000–2100-as időszakban az 1971–2000 időszak átlagához képest az OMSZ-ban alkalmazott regionális klímamodellek különböző forgatókönyvekkel készített szimulációs eredményei alapján nő.

23. ábra Magyarország éves átlaghőmérsékletének változása a 2000–2100-as időszakban az 1971–2000 időszak átlagához képest az OMSZ-ban alkalmazott regionális klímamodellek különböző forgatókönyvekkel készített szimulációs eredményei alapján. Az adott évhez tartozó érték a megelőző 30 éves időszak változását mutatja.



Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

¹⁶⁵ Bozó László: A VÍZ ÉS A LÉGKÖRI FOLYAMATOK – A HIDROLÓGIAI CIKLUS ATMOSZFERIKUS RÉSE Magyar Tudomány 178(2017)10, 1198–1205 DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.3 http://www.epa.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10.pdf

(Báder, 2023) cikkében a vízmérleg elemzéséhez a hidrológiai ciklus és a légkörzés egymásba fonódó folyamatait vizsgálta. A hidrológiai ciklus főbb tagjainak funkcióit elemezve egy egyszerű integrált légkörzés-vízkörzés modellt állít fel, amely segítségével a körforgás elemeinek funkcióját, azok hangsúlyát mutatja meg. Vizsgálja

- Magyarország éves átlaghőmérsékletének emelkedését 1981 és 2020 között
- az átlagos felszín hőmérsékletének növekedését, 2000 és 2021 között
- a nettó sugárzási mérleg éves átlag értékeit Magyarországra 1981 és 2020 között, átszámolva mm-re
- a sugárzási mérleg éves értékeit Magyarországon 1981 és 2020 között.
- a globálsugárzás éves értékeit Magyarországon 2001 és 2020 között
- a relatív nedvesség éves átlagos alakulását Magyarországon 1971 és 2020 között
- három nyári hónap hőmérsékletének, párolgásának és potenciális párolgásának havi átlagát Kecskemét környékén 1981 és 2020 között vizsgálva az alábbi következtetésre jutott:

Erdeményei és következtetése szerint “a vízmérleg egyenletében a párolgás nem veszteség, hanem az éghajlati energiák szállítását végző rendkívüli jelentőségű környezeti szolgáltatás.” A hidrológiai ciklus értelmezésekor célszerű olyan mérlegegyenletet használni, amelyben a bevételi oldallal szemben jelennek meg a szolgáltatási tényezők, ezek közül pedig a legjelentősebb – és a környezeti stabilitást meghatározó – a párolgás. Ha a közvetlen passzív párolgásról az ökológiai rendszereken keresztül történő önszabályzó párolgotatás felé tolódik el az arány az összesített párolgásban (evapotranszpiráció), az a hidrológiai ciklus és a légkörzés stabilitását és kiegyensúlyozottságát egyaránt segíti. Az édesvízi készletek folyamatosan megújulnak a szárazföldeken, amelyhez a nagy vízkör működése mellett (az óceáni nedvesség szállítása) a kis vízkör hozzájárulására is szükség van (amikor a párolgás segíti a csapadék képződését és újrahasznosul).¹⁶⁶

¹⁶⁶ Báder László: Magyarország vízmérlege és az éghajlatváltozás Hidrológiai Közlöny 2023. 103. évf. 1. szám http://real.mtak.hu/164339/1/0101_172_Bader_Magyarorszagvizmerlegenek_tordelesre_0130.pdf

Az átlag hőmérséklet növekedése miatt megnövekedett potenciális párolgás tényleges párolgási aktora a vegetáció!

A trópusi régiókra vonatkozó kutatások is figyelmeztetnek a párolgás éghajlati stabilizáló szerepére. Egy 2014-es kutatás eredménye kimutatta, hogy az Amazonas-medence délnyugati része nem csak közvetlen csapadék forrás a La Plata-medence felett, hanem egy kulcsfontosságú közvetítő régió is, amely az egész Amazonas-medencéből származó nedvességet elosztja a La Plata-medence felé a nedves időszakban. Eredményeik azt mutatják, hogy ezen a területen a területhasználat hatása a jelentősebben fokozta a csökkenő csapadékokat, mint azt korábban gondolták.^{167,168} Tehát az éghajlati energiák elosztását végző párolgásnak a szerepét nem veszteségként, hanem szolgáltatásként kell értelmeznünk: egyik legfontosabb funkciója a felszín melegedésének korlátozása.¹⁶⁹

László és társai 2020-as¹⁷⁰ tanulmánya alátámasztja a fenti kutatást. A párolgási régió és a csapadék izotópos összetétele közötti összefüggést vizsgálták. A csapadék izotópjellemzőinek változása a nedvességforrás régiójától függ. A csapadék hosszú távú stabil izotópos ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) mérését Debrecenben végezték 2001 és 2014 közötti adatokból. A vizsgálat alapján három forrásrégiót azonosítottak. Ezek 60%-a a Kárpát-medencét fedte le, ahonnan a legtöbb nedvesség elpárolog a felszín közeléből. Az északnyugati és délnyugati régió a nedvességforrás fennmaradó 40%-át képviselték. Ez azt jelenti, hogy a csapadék izotóp-összetétele jelentősen meghatározza a lokális és kontinentális hatásokat, azaz a kontinens felszínéről elpárologó nedvesség jelentősen hozzájárul a csapadék izotóp-összetételének térbeli és időbeli változásához.

¹⁶⁷ Zemp, D. C., Schleussner, C.-F., Barbosa, H. M. J., van der Ent, R. J., Donges, J. F., Heinke, J., Sampaio, G., and Rammig, A.: On the importance of cascading moisture recycling in South America, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 13337–13359, <https://doi.org/10.5194/acp-14-13337-2014>, 2014.

¹⁶⁸ Makarieva, A. M., Gorshkov, V. (2007). Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11. pp. 1013-1033. doi:10.5194/hess-11-1013-2007

¹⁶⁹ Kravcik, M., Pokorný, J., Kohutiar, J., Kovac, M., Tóth E. (2007). Water for the Recovery of the Climate – A New Water Paradigm. People and Water NGO, Kosice, Slovakia
<https://static1.squarespace.com/static/538c8ae0e4b0ef2df549ab42/t/55912e08e4b03ab3a9aa5c4f/1435577864636/A+New+Paradigm+for+Water.pdf> 2024 11.31.

¹⁷⁰ László, E., Palcsu, L., and Leelőssy, Á.: Identification of moisture source region based on trajectory model analysis and isotopic composition of the precipitation in Debrecen, Hungary, *EGU General Assembly 2020*, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-18226, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-18226>, 2020
https://www.researchgate.net/publication/347495210_Identification_of_moisture_source_region_based_on_trajectory_model_analysis_and_isotopic_composition_of_the_precipitation_in_Debrecen_Hungary

Ez a vizsgálat cáfolja azt az általánosabb elképzelést miszerint a globális légköri folyamatoknak teljes a kitétségek. A Kárpát-medence tényleges párolgási képessége meghatározó a csapadékmennyiség alakulásában. A hazai vízmérleg tényleges párolgási potenciálja kritikus eleme a vízmérlegnek.

3.1.3. Felszín alatti vizek és az éghajlatváltozás

A felszíni és felszínalatti vízkészleteink egyaránt kiszolgáltatottak az éghajlatváltozás hatásainak, mivel a mobilizálható édesvízkészlet 98%-a felszínalatti víz, mely kiemelkedő jelentőséggel bír a fenntartható vízgazdálkodás szempontjából. A lakossági vízellátás 82 százalékban felszín alatti vízkészletre támaszkodik, vagyis részben ugyanarra, amire az öntözés is. A felszín alatti vízből történő öntözés ma elsősorban a sekélyebb mélységű felszín alatti vizekből lehetséges.¹⁷¹ A vízszint alatti, a beszivárgás által elért telített zónára kisebb figyelem irányul, miközben e zónában található a tényleges felszín alatti vízkészleteink, melyek különböző vízáramlási rendszerekbe szerveződve folyamatos mozgásban vannak. A vízáramlási rendszerek és az éghajlatváltozás összefüggéseinek vizsgálata azért is fontos kérdés, mert egyes területeken a csapadékmennyiség 15%-os csökkenése önmagában, a hőmérséklet változása nélkül is akár 40-50%-kal csökkentheti a felszínalatti vizek utánpótlását.¹⁷²

Az éghajlatváltozás hatására a hidrológiai tényezőkben bekövetkező változások jelentősen módosíthatják a felszínalatti vizek utánpótlását, mely nemcsak a talajnedvességre, de a felszínalatti vízszintekre is hatást gyakorol. Ezáltal módosítja a felszínalatti vízáramlási rendszerek működését, beleértve azok kiterjedését, egymáshoz viszonyított helyzetét, a be- és kiáramlási területek eloszlását. Ezen túlmenően befolyásolhatja a vízszintkülönbség és a túlnyomás által vezérelt áramlási rendszerek, a felszíni és felszínalatti vizek közötti komplex kölcsönhatást is, ami pedig hatást gyakorol a felszín alatti víztől függő ökoszisztémák állapotára.¹⁷³ Számolni kell a felszín alatti vizek utánpótlásának várható csökkenésével. Ezt a folyamatot valamennyire ellensúlyozza a csapadék éven belüli eloszlásának változása, azaz a

¹⁷¹ Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási terve – 2021.: 2.1.2 Felszín alatti ivóvízbázisok. <https://vizeink.hu/vizgyujto-gazdalkodasi-terv-2019-2021/vgt3-elfogadott/> – utolsó letöltés időpontja: 2024. október 16.

¹⁷² Sandström, K., 1995: Modeling the effects of rainfall variability on groundwater recharge in semi-arid Tanzania. *Hydrology Research*, 26(4-5): 313–330. <https://doi.org/10.2166/nh.1995.0018>

¹⁷³ Trásy-Havril Timea, Szkolnikovics-Simon Szilvia, Mádlné Szőnyi Judit: Az éghajlatváltozás hatása a vízciklus felszín alatti részére és a kapcsolódó ökoszisztémákra <https://doi.org/10.31852/EMF.34.2022.125.133> https://nimbus.elte.hu/oktatas/metfuzet/EMF034/PDF/17_Trasy-Havril-et-al.pdf

téli hidrológiai félévben lehulló csapadék mennyiségének várható növekedése. Továbbá a felszín alatti vizek kémiai összetételére is hathat. Kiemelten fontosak ebből a szempontból a parti szűrős rendszerekben bekövetkező változások, illetve a szennyeződésterjedési folyamatok megváltozása.^{174,175}

Az éghajlatváltozás miatti veszélyeztetettségünket a talajvízkészletek mennyiségi állapota, megújuló képessége alapján is lehet értékelni. A vizsgálatok szerint a

- fokozottan veszélyeztetett jelentős vízhiány: Duna-Tisza közti hátság, Nyírség, Hajdúság
- veszélyeztetett (a nagy csapadékú években készlet normalizálódik, száraz időszakokban gyorsan jelentős csökkenés): Mezőföld és Somogy
- mérsékelten veszélyeztetett (klimatikus hatásoknak erősen kitett, de a felszíni vízpótlás hatás mérséklő): Nagykunság és Berettyó–Körös-vidék.

Az emberi hatásokat tovább árnyalva, a területhasználatból adódó felszínborítás átalakulásának tovább gyűrűző hatásait ismertetem a következő fejezetben.

3.2. Az ökoszisztéma szolgáltatások és az éghajlati sérülékenység (aszály, árvíz, belvíz) villámárvíz)

Az éghajlati és ökológiai válság negatív társadalmi hatásai egymást erősítik, de megfelelő szemlélettel végrehajtott beavatkozásaink pozitív természeti és társadalmi hatások egymást erősítő folyamatai is lehetnének. Ennek a közös szemléletnek egy megközelítésmódja az ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója. Az ökoszisztéma szolgáltatás szemlélet kétségtelen előnye a társadalmi jólét jól értelmezhető jellemzőinek és azok élvezetéhez szükséges természeti állapotok tudományos megalapozottságú összekapcsolása. A szemlélet első alkalmazási hulláma erre, a társadalmi igények kielégítése számára szükséges ökológiai helyzetek, állapotok feltárására, a kapcsolatok alátámasztására irányult.

Erre a koncepcióra, mint integráló szemléletre érdemes tekinteni, ami összekapcsolja a természet jellemzőit és a rájuk épülő társadalmi-gazdasági hasznosításokat, emellett a

¹⁷⁴ Olajosné Lakatos Boglárka: A felszíni vizek monitoringjának hazai és európai uniós operatív rendszere Műszaki Katonai Közlöny, 31. évfolyam (2021) 2. szám

¹⁷⁵ Rotárné Szalkai Ágnes – Homolya Emese– Selmeczi Pál A klímaváltozás hatása az ivóvízbázisokra Kutatási jelentés Nemzeti Alkalmazkodási Központ, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet 2015 december (letöltés: 2024 november 19.) https://nakfo.mbfisz.gov.hu/sites/default/files/files/Ivoviz_HU.pdf

természetre, mint rendszerfolyamatok összességére tekint, amely kölcsönös kapcsolatban van a társadalmi-gazdasági rendszerrel.¹⁷⁶ Az ökoszisztéma szolgáltatások definíciója összetett. A fogalmat az ökológiai vagy társadalmi rendszerek metszéspontjában helyezik el, azonban a különböző definíció eltérően súlyozzák azokat. Egyes szerzők az ökoszisztémák ama részeit, állapotait, folyamatait nevezik ökoszisztéma szolgáltatásnak, amelyek az élet fenntartásához szükségesek. A szolgáltatások meghatározása számos szerzőnél szoros kapcsolatban van az ökoszisztéma funkciók fogalmával, amely összekötő kapocsként szolgál az ökoszisztéma és az ökoszisztéma szolgáltatások között. Egyes szerzők a hasznokat is különválasztják a szolgáltatásoktól, és hangsúlyozzák, hogy nem maguk a szolgáltatások jelentik a hasznot, hanem a szolgáltatások igénybevétele jelent hasznot az emberek számára.¹⁷⁷

A jól-lét túlmutatva az anyagi jóléten magába foglalja többek között az egészséget, a biztonságot, a szociális kapcsolatokat, a szabad választás lehetőségét. A szükségleteknek sokkal szélesebb körét öleli fel, mint teszi azt a fogyasztás-fókuszú jóléti megközelítés. Ilyen értelemben a természetnek nemcsak azokat a szolgáltatásait értékelhetjük, amelyek a használattal és az anyagi jóléttel vannak szoros összefüggésben, mint például a tiszta víz, az élelmiszer vagy a fűtőanyag. A természetben való feltöltődés eszmei, szociális és kulturális értéke nem monetarizálható, ellenben sokszerű hatást kelthetne a tény, ha nem tudnánk például a Velencei tónál vagy a Balatonnál üdülni, mert kiszáradt, vagy ha 10 év alatt hétvégeként akkora lenne a tömeg egy-egy megmaradt természetesebb kirándulóhelyen, hogy élvezhetetlen lenne a természetben töltött idő.

A természet az életünk alapja fizikai-biológiai és társadalmi-gazdasági értelemben egyaránt, vagyis természet nélkül nincs emberi élet. Ilyen értelemben az összes folyamatot, amely az ökológiai rendszer fenntartásához szükséges, ökoszisztéma szolgáltatásnak tekinthetjük.¹⁷⁸

¹⁷⁶ Green Policy Center Klíma - Biztonság - Klímaváltozás és Biztonság - Témameghatározó Konferencia Hátteranyag <https://www.greenpolicycenter.com/2023/04/25/klima-es-biztonsag-a-hazankat-fenyegeto-kornyezeti-kihivasok-azonositasa/>

¹⁷⁷ Kovács Eszter - Kelemen Eszter - Pataki György: [Ökoszisztéma szolgáltatások a tudományterületek és a szakpolitikák metszéspontjaiban](#). Természetvédelmi Közlemények, (2011), 17. 1-11.

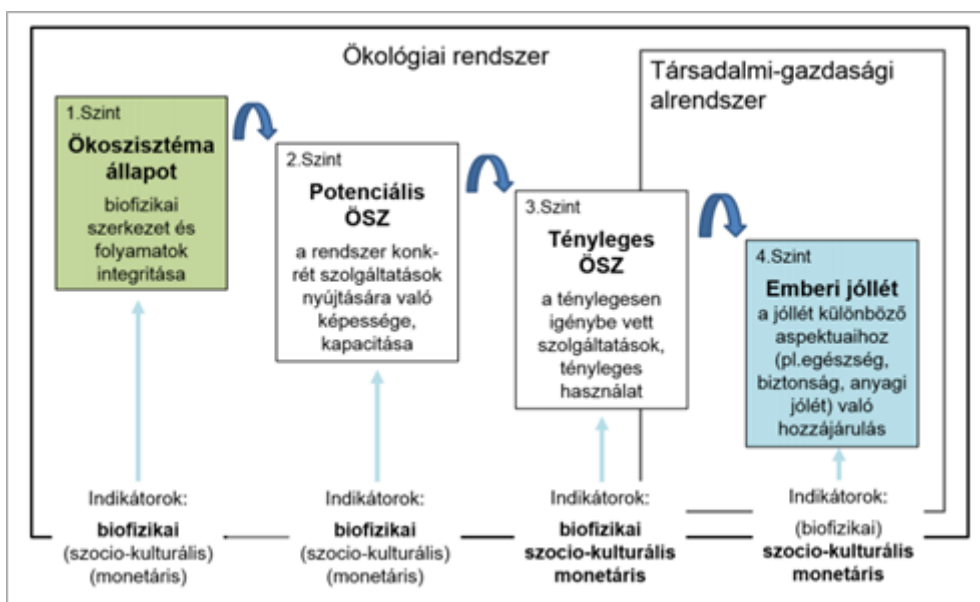
¹⁷⁸ Kovács Eszter - Pataky György - Kelemen Eszter - Kalóczkai Ágnes: [Az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma a társadalomkutató szemszögéből](#). Magyar Tudomány, 172 (2011), 7. 780-787.

A 2001. és 2005. között zajlott *Millenium Ökoszisztéma Felmérés* (*Millennium Ecosystem Assessment*, MEA¹⁷⁹) ezt a holisztikusabb megközelítést alkalmazta, és megpróbált gyakorlati protokollt alkotni a természeti rendszerek teljes körű értékelésére, figyelembe véve a tájak által nyújtott társadalmi, gazdasági és kulturális szolgáltatásokat is. A MEA négy alapvető ökoszisztéma szolgáltatás típust különböztet meg: a támogató, a szabályozó, az ellátó és a kulturális ökoszisztéma szolgáltatásokat. A MEA-felmérés alapvető hivatkozása az ökoszisztéma szolgáltatások kutatásainak. Ennek a megközelítésnek egy közgazdasági szemléletű tovább értelmezése a *The Economy of Ecosystem and Biodiversity – (Biodiverzitás és Ökoszisztéma szolgáltatások Közgazdaságtana)* jelentés, amely a világ számos országában dolgozott ki elemzéseket az országok állapotára (*TEEB* 2010). A felmérés bebizonyította, hogy az emberi tevékenység az ökoszisztéma szolgáltatások jelentős részénél a szolgáltatások hanyatlásához vezetett.

Egy frissebb, a Magyar Tudományos Akadémia Ökológiai Kutatóközpontja által elkészített, Nemzeti Ökoszisztéma Szolgáltatások térképezése és értékelésének módszertani dokumentumában kaszkádmodellbe ábrázolja a természeti és a társadalmi gazdasági rendszer bonyolult kapcsolatrendszerét. A kaszkádmodell kiindulópontja a természeti rendszerek állapota, a végpontja pedig a társadalom jóléte.

24. ábra. Ökoszisztéma - szolgáltatások kaszkádmodellje (NÖSZTÉP Nemzeti Ökoszisztéma szolgáltatások térképezése és értékelése Konceptcionális és Módszertani Keretdokumentum (2018))

¹⁷⁹ Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> (letöltve 2024.07.01)



Forrás: (NÖSZTÉP Nemzeti Ökoszisztéma szolgáltatások térképezése és értékelése
Koncepcionális és Módszertani Keretdokumentum (2018)

A természeti rendszerek állapota (1. szint) azért fontos, mert csak a megfelelő állapotban lévő rendszerek képesek arra, hogy a szolgáltatások széles körét nyújtsák az emberiség számára. Ez az állapot alapvetően meghatározza tehát a természeti rendszerek szolgáltatás-nyújtó képességét az ökoszisztéma funkciók körét, az ökoszisztéma szolgáltatás kapacitást (2. szint). A ténylegesen igénybe vett szolgáltatások (3. szint) halmazt azonban maga a társadalom formálja. Ennek a kölcsönhatásnak meghatározó eleme a jogrend, az erre épülő intézményrendszer, ami a hasznosításnak kereteket, szabályokat.

A MEA és a NÖSZTÉP kaszkádmódelje is leírja, bizonyítja az ökoszisztéma szolgáltatások komplex rendszerének az emberi életkörülményekre való ijesztően nagy és összeomlás-veszélyes hatását. A túlnépesedés, az éghajlatváltozás és a biodiverzitás csökkenésének problémája a fentiek tudomásul vételével már nem egy, a jövő érdekében megoldandó feladat, hanem a jelen jólétünk megőrzésének kihívása.¹⁸⁰ Az ökoszisztéma, mint kritikus rendszer vízhez, vízgazdálkodáshoz való kapcsolódása és alkalmazkodási potenciálja a következő fejezetben kerül kifejtésre.

¹⁸⁰ O. Lakatos B. és Ungvári G.: Ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója a vízgazdálkodásban Hidrológiai Közlöny 2022. 102. évf. 3. szám https://www.hidrologia.hu/wp-content/uploads/2023/11/HK2022_03.pdf

3.2.1. A természeti tőke és a vízháztartási jellemzők

Ungvári és társai munkája rámutat, hogy a MEA felmérés értelmezési keretének előnye, hogy a „Támogató ökoszisztéma szolgáltatás” csoport leírására vízháztartási indikátorok is alkalmazhatóak.¹⁸¹ A csoport részelemeit mutatja be az 1. táblázat a TEEB (2010) gyűjtése alapján. Ugyanakkor elmondható, hogy a részelemek sorrendbe állíthatók a csapadék lehullásával induló hidrológiai ciklus szárazföldi lezajlásának folyamata mentén. Mindez tükrözi, hogy a természeti rendszerek működése és az anyagforgalom az eltérő funkciójú elemek részvételével végbemenő körfolyamat révén valósul meg.

3. táblázat A Támogató ökoszisztéma szolgáltatás elemei (TEEB 2010)

Ökoszisztéma funkció	Természeti folyamat
Elsődleges, biomassza produkció	Fotoszintézis, Növények tápanyag felvétele
Lebontás	Mikroorganizmusok légzése, Talaj és üledék táplálékhálózata
Nitrogén áramoltatás / körforgás	Nitrifikáció, Denitrifikáció, Nitrogén megkötés
Víz körforgás	Növények párologtatása, Gyökerek aktivitása
Talajképződés	Ásványi anyagok bomlasztása, talaj felső rétegének szervesanyag-cseréje, vegetáció szukcessziója
Biológiai szabályozás	Ragadozó-préda kapcsolat

Forrás: (Ungvári és társai 2012)

Ungvári és társai¹⁸² munkáját továbbá rámutat arra is, hogy a rendszerek szerkezete az anyagforgalmi működés szempontjából három alapvető élő alkotóelemre tagolódik, a termelők

¹⁸¹ Ungvári, Gábor and Molnár, Zsolt and Varga, György and Ellison, David (2012) *Ökoszisztéma-szolgáltatások nagyságrendi becslése vízgyűjtő szinten a vízkörforgást leíró vízháztartási jellemzők alapján*. Műhelytanulmány (working paper). <https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/560/>

¹⁸² Az ökológiában szukcesszióknak a növénytársulások fokozatos, egy irányba mutató fejlődését nevezzük.

(producensek), fogyasztók (konzumensek) és a lebontók (dekomponálók) közösségére. A folyamatok és a résztvevő elemek mind szorosan kapcsolódnak a vízhez: a biomasszaprodukció a víz tápanyag oldása, szállítása és felvehető formába való szolgáltatása a továbbá a növényi elpárologtatása révén. A szén körforgása, azaz a szén-dioxid beépülése lényegében ugyanez a folyamat, az a tápanyagáramlás, amely a biomassza produkciójához szükséges tápanyagokat szállítja. A talajképződés pedig mindezen folyamatok által létrehozott növényi anyag ülepedése – aggregálódása, lebomlása.¹⁸³ A vízháztartás éghajlati (sugárzási és hőháztartási), valamint geohidrológiai tényezőit a természetes úton kialakuló növényállomány kapcsolja össze egymással és szervezi az adott körülmények között lehetséges maximális szerves anyagot termelő ökológiai rendszerré.

Ebben a rendszerépítő tevékenységben a növénytakaró jellege és összetétele rendkívül hatékonyan tudja szabályozni az elpárolgás évi összegét és időbeli eloszlását. Ezt a szabályozó képességet tükrözi a természetes szukcesszió. A szukcessziós folyamat¹⁸⁴ tehát, amelyet a csoport egy elemének jelzett, összegző módon mindezen felsorolt anyag- és energiaáramok vegetáció általi szabályozásának képességét jelzi. Egy adott szukcessziós szint jelenléte egy területen tükrözi, hogy a rendszer életközössége milyen volumenű anyag és energiaáramlást jelent önmagában és azt, hogy mennyire sikeresen tudja stabilan tartani az élőhely belső környezeti állapotát a külső biotikus és abiotikus folyamatok változékonysága közepette.¹⁸⁵ Ennek az abiotikus változékonyságnak a vegetáció szempontjából vett legnagyobb rendszerszintű kihívása a nyári napenergia csúcsterhelések túlélése. Magasabb szukcessziós szint esetén jelentősebb lesz a leeső éves csapadékból az éves és napi pálya mentén változó napenergia terhelés kivédésére megvalósuló növényi párologtatás aránya.

Belátható tehát, hogy az egyedi természeti tőke elemek volumene és szervezettsége a szukcessziós szinttel van összefüggésben. Lényegében a szukcessziós szint az indikátora a természeti tőke nagyságának. Ez az indikátor adható meg, mint a területre beeső napenergiából a vegetáció által a területen rendelkezésre álló vízmennyiség segítségével elpárologtatott víz

¹⁸³ Ungvári, Gábor and Molnár, Zsolt and Varga, György and Ellison, David (2012) *Ökoszisztéma-szolgáltatások nagyságrendi becslése vízgyűjtő szinten a vízkörforgást leíró vízháztartási jellemzők alapján*. Műhelytanulmány (working paper). <https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/560/>

¹⁸⁴ Elmqvist, T., Maltby, E. (2010). Biodiversity, ecosystems and ecosystem services. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. 41-111.

¹⁸⁵ Agócs, 1996: Agócs József, Erdőéltetés, Ekvilibrium, Budapest 1996-2010

menyisége.¹⁸⁶ Az éghajlat gyors ütemű változásához való alkalmazkodás, amely olyan kritikus területeket érint, mint az ivóvíztisztaság, árvízvédelem, vagy az ezekből eredő jóléti biztonság elemei, mint a természeti katasztrófáktól való védettség a támogató ökoszisztéma-szolgáltatások jelenlétével biztosíthatók. A rendszer egy elemének a túlhasználatával (fa, víz, talaj, élőhelyek) a többi elem működésének romlása várható és így a teljes rendszer gyengülése.¹⁸⁷

Nováky és Szesztay (2002) ennek a hosszú távú összefüggésrendszernek a lefutását mutatta be. A Kárpát-medence belső területeire vonatkoztatott szukcessziós szint visszavetésével (a tájhasználat átalakításával párhuzamosan visszavetett és területében visszaszorított, magas anyag- és energiaáramlás szabályozó, „körforgásban tartó” képességgel rendelkező vegetáció elfogyásával bekövetkező változásokat mutatja be. Érdemes kiemelni, hogy a szélsőséges helyzetek gyakoribbá válását a csillapítást végezni képes vegetáció hiánya súlyosbítja és mint más későbbi megfigyelésekből és tanulmányokból (biotikus pumpa) kiderült, ki is váltja. A folyamat önmagában az éghajlatváltozás feltételezése nélkül is a ma tapasztalható jelenségek irányába mutat.¹⁸⁸

Domborzat és hidromorfológia, mint ökoszisztéma infrastruktúra

A Kárpát-medence földrajzi adottságai, domborzata meghatározza a vízháztartási, vízáramlási, lefolyásdinamikai tulajdonságait. A vízfolyások és hullámterek szerkezete, kapcsolata a talajvíztestekkel a természetes víztér-hasznosítással kialakult tényezők. A domborzati, hidromorfológiai alapállapot azonban - az általános asszociáció ellenére - egy lassan, ugyan de állandóan változó környezet, olyan „szolgáltatásokkal”, mint a víz elszállítása, szétosztása, a víz mozgása által is elősegített tisztítása, a hordalék szállítása, élő, ivó, és búvóhely biztosítása, talajképzés elősegítése, a légköri, a teresztriális és az óceáni folyamatokat globális körforgásban tartva. A vízfolyások és hullámterek összetett, kapcsolódó, dinamikus ökoszisztémák. Az egykori természetes domborzati és ártéri rendszer működését a víz mozgása alakította és egyben visszacsatolva a természetes mértékű áradás tette alkalmassá az ártereket többek között a - mozaikos tájszerkezet többirányú hasznosítására - gazdálkodásra, a feljebb

¹⁸⁶ Nováky B., Szesztay K. (2002). Éghajlat és víz a Kárpát-medence tájökológiájában. Hidrológiai Közlöny 82. évf. 6. szám (308-314) https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=11181

¹⁸⁷ O.Lakatos, Boglárka ; Ungvári, Gábor: Ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója a vízgazdálkodásban Hidrológiai Közlöny 102 : 3 pp. 4-19. , 16 p. (2022) https://real-j.mtak.hu/22183/13/HK2022_03.pdf

¹⁸⁸ ua. 139.

említett szolgáltatások által. A folyómenti talajvízkészletek áradáskor tudnak újratöltődni, ami a vízközei erdők és ligetek éghajlat-szabályozó tevékenységéhez alapfeltétel. A hordalék lerakásával a tápanyag körforgás és talajképződés valósult meg, az élőhelyek széles választékát biztosítva a helyi növény és állatvilágnak és az embernek.

Az ár a bőségről a veszélyként való átértelmezése a kor gazdasági, természeti, politikai (háborús) körülményeinek áldozata, amely az ember természethez való hozzáállásának egyik indikátorra is lehetne.

A vízgazdálkodásban megvalósított éghajlati alkalmazkodás tehát a támogató, így szabályozó szolgáltatások hangsúlyosabb kezelése, amely közvetetten fokozza a jól-lét biztonsági elemeit. A támogató szolgáltatás nagyobb arányú hasznosítása mind a természetes és az épített környezet rugalmasságának és önvédekező képességének fokozását eredményezi. Ez a gyakorlatban integrált szemlélettel ágazatok közötti együttműködéssel jöhet létre, így nem kizárólag vízügyi beavatkozásokat jelent, mindazonáltal a vízgazdálkodás és az agrárágazat hatáspotenciálja az egyik legnagyobb, a megjelenő árvíz, belvíz, aszálykárokra. A Tisza árterének revitalizációja például jelentősen hozzájárulna az országos vízmérleg javulásához.

Az ökoszisztéma állapotának és működésének kritikus infrastruktúrához hasonló jellege miatt az általuk adott, és megfelelően felhasznált szolgáltatások szintén kritikus szerepet játszanak az éghajlatváltozásból adódó hidrológiai szélsőségekhez való alkalmazkodásban. A 20. században lezajlott nagymértékű élőhely átalakítások többek között a hazai folyók szabályozásával, rövidítésével és kiegyenesítésével, továbbá az árterek átalakításával kívánt nagyobb termőterületet biztosítani. Hazánk termőterületének 30%-a korábbi ártereken fekszik és 40–50%-a aszálykockázati besorolású szántó. A gyepek (*wetlands*) által nyújtott ökoszisztéma szolgáltatások korábbi alulértékelése akadályozta az általuk megköthető szén és megtartható víz hasznosítását.¹⁸⁹

Egy Pinke Zsolt és társai által 2017-ben publikált vizsgálatban¹⁹⁰ kiszámolták és összehasonlították a fő vizes élőhelyek ökoszisztéma szolgáltatásainak pénzbeli értékét a

¹⁸⁹ Lakatos Boglárka Kritikus ökoszisztéma infrastruktúrák In: Göcze, István; Padányi, József Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában: A katonai műszaki tudományok tudományág időszerű kérdései, aktuális tudományos kutatási eredményei - Hallgatói kötet

Budapest, Magyarország : Ludovika Egyetemi Kiadó (2023) 295 p. pp. 133-144. , 12 p.

¹⁹⁰ Pinke Zsolt - Kiss Márton - Lövei L. Gábor: Developing an integrated land use planning system on reclaimed wetlands of the Hungarian Plain using economic valuation of ecosystem services. *Ecosystem Services*, 30 (2017), Part B. 299-308. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.007>

földhasználat jövedelmezőségét és a belvíz veszélyeztetettségéből adódó további termelési költségeket. Kimutatták, hogy:

- A gyümölcsösök és az erdészet sokkal magasabb jövedelmezőséget produkál az egykori vizes élőhelyeken, mint termőföld gazdálkodás.
- Költséghelyettesítési módszerrel igazolták, a helyreállított ártéri tározókapacitás két helyreállított vizes élőhely esetén m^3 -ként 0,43 euróval volt olcsóbb, mint a Vásárhelyi Terv keretein belül létrehozott tározóké, ami azt jelenti, hogy a helyreállított vizes élőhelyek tározókapacitása az ökológiailag optimális 0,5 m-es vízmélység helyettesítheti 2150 €/ha árvízvédelmi beruházási költséget.

A Jules N. Pretty és társai, 2006-ban 286 esettanulmány¹⁹¹ elemzésével mutatták ki az erőforrás megőrző termelési technológiák és gyakorlatok pozitív hatását többek között a nem öntözött területeken termesztett fajták víz hasznosításának nagyarányú javulásával. Olyan módszerek, mint a szántás nélküli (*no till* technológia) növénytermesztés, agro-erdészet, az állatállomány integrálása a gazdálkodási rendszerekbe, a hatékony csapadék gazdálkodással visszaállított kiszáradt, degradált területeken mutatták ki az ökoszisztéma szolgáltatások minőségi változását és az ezáltal elért terményátlag növekedést is.

3.2.2. A biotikus pumpa hatása a mikroklímára és az aszályokra

Anastassia Makarieva és Victor Gorshkov¹⁹² orosz tudósok először 2006-ban publikáltak egy tanulmányt, amelyben felvázolták azt a modellt, amely szerint az erdők alacsony légköri nyomás létrehozásával a nedves levegőt a szárazföld belsejébe szállítják, és elősegítik a csapadéktermelést.

A jelenség fizikai magyarázatát a párolgás és párakicsapódás, illetve az óceánok és az erdők eltérő mértékű párologtatása adja. Az elpárolgó víz kicsapódása során – miután a folyadékká alakuló gáz kevesebb helyet foglal el – csökken a légnyomás, miután az erdő erőteljesebben párologtat, mint a vízfelület, ezért a part menti erdőségek felett a légnyomás gyorsabban csökken, és az erdők feletti alacsonyabb nyomású levegő beszívja a vízfelületek fölötti nedves

¹⁹¹ Jules. N. Pretty - A. D. Noble - D. Bossio, - J. Dixon - R. E. Hine - F. W. T. Penning De Vries - J. I. L. Morison: Resource - Conserving Agriculture Increases Yields In Developing Countries. *Environmental Science & Technology*, 40. (2006), 4. 1114-1119.

¹⁹² Makarieva, VG Gorshkov Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land *Hydrology and Earth System Sciences* 11 (2), 1013-1033
<https://scholar.google.com/citations?user=gCJAcAgAAAAJ&hl=en>

levegőt, ezzel olyan szelet hozva létre, amely a nedvességet tovább hajtja a szárazföld belseje felé. Mindennek az éghajlatváltozás szempontjából is döntő jelentősége lehet.

25. ábra: A vegetáció hatása a hidrológiai ciklusra



Forrás: Makarieva, A.M., & Gorshkov, V.G. (2010). The Biotic Pump: Condensation, atmospheric dynamics and climate.

A tanulmány komoly vitát váltott ki, mivel “a hagyományos meteorológiában a légköri mozgás egyetlen hajtóerejének a légkör eltérő melegedését tekintették eddig. Vagyis, hogy a meleg levegő felemelkedik – mondta Makarijeva és Gorskov a New Scientist-nek. – Ám senki nem nézte meg a vízpára vízzé alakulásából adódó nyomáscsökkenést.” A kutatók – akiknek az elmélete a levegő mozgását irányító alapvető fizikán alapul – ezt ’biotikus pumpának’ nevezték el, és kijelentik, hogy ez lehet a földi légköri cirkuláció fő hajtóereje. Max Bouman (2023) tanulmányában¹⁹³ rámutat, hogy mint fő hajtóerő nem biztos, hogy helytálló az elmélet. Arra mindenesetre ad magyarázatot, hogy a szárazföldi területeken nem csak a part mentén vannak erdők, hanem sok száz kilométerrel a szárazföld belsejében is.

Hasonló következtetéseket fogalmaznak meg az orosz kutatóktól függetlenül, az Alföld éghajlat módosulásaival kapcsolatban „A Tisza Vidék fejlesztését befolyásoló vízrajzi kockázatok, erőforrások és lehetőségek” c. összefoglaló jelentés szerzői:

„A Tisza-vidék egyik alapvető vízháztartási sajátossága a nyári időszak alatti jelentős párolgási vízhiány, amelynek alakulásában a természeti adottságoknak és az emberi beavatkozásoknak (elsősorban az erdősültség nagymértékű csökkentésének) egyaránt meghatározó szerep jut. Az erdősültség változása az április elejétől szeptember végéig tartó tenyészidőszak párolgását a mai országterület egészére kiterjesztve, valamint közelítően

¹⁹³ Max Bouman, Supervisor: Chiel van Heerwaarden Second supervisor: Ryan Teuling Investigating the biotic pump theory A study on condensation-induced atmospheric dynamics April 2023 MSc thesis Meteorology and Air Quality (MAQ) Group Wageningen University <https://edepot.wur.nl/634471>

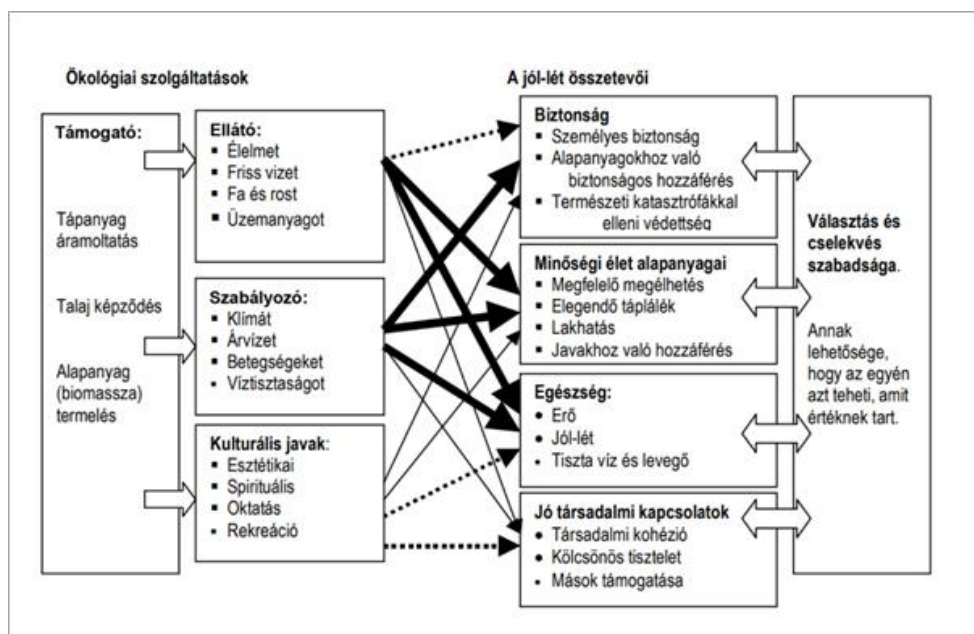
azonos évi csapadéokra és felszíni sugárzási mérlegre vetítve mintegy 20 mm-rel (350 mm-ről 330 mm-re) csökkentette. A párolgás rendkívül nagy hőigénye folytán ez az alig 6%-nyi csökkenés a felszíni sugárzási mérleggel táplált másik két hőháztartási tényező (az érzékelhető hőáram és a felszíni kisugárzás) számottevő növekedését kívánja, amihez a felszín hőmérsékletének kell emelkednie. A hőmérséklet emelkedése viszont növeli a levegő páratelítési hiányát és így mintegy 30 mm-rel (600 mm-ről 630 mm-re) növekszik a felszín lehetséges (potenciális) párolgása. A tényleges és a lehetséges párolgás ellentétes irányú változása összegeződve érvényesül a terület éghajlati vízhiányának mintegy 50 mm-nyi (250 mm-ről 300 mm-re történő, vagyis kb. 18%-os) növekedésében. Ugyanakkor a tényleges párolgás 20 mm-nyi csökkenésének (a $Csapadék = Párolgás + Lefolyás$ sokévi átlagos felszíni vízmérleg zártsága folytán) jelentkeznie kell a lefolyás 20 mm-nyi (10 mm-ről 30 mm-re történő, tehát viszonylagos értéként mintegy háromszoros) növekedésében Szesztay K. (2000) szerint ezekből megállapítható, hogy az erdősültség csökkenése mind az éghajlati vízhiányt (aszály hajlamot), mind a felszíni vízképződést (belvízi és árvízi kockázatot) számottevően megnövelte, s így a Tisza vidék vízháztartása a természetes ökológiai állapotokhoz képest jóval szélsőségesebbé vált.”¹⁹⁴

3.2.3 Talajállapot, tájhasználat és agrotechnika (aszály, villámárvíz)

Mind a támogató, mind a szabályozó így az ellátó és kulturális ökoszisztéma szolgáltatások működéséhez az elsősorú, mindenhez kapcsolódó anyag a víz, a csapadék. A aszály hatásait és kockázatait felmérve és az ökoszisztéma szolgáltatások talajegészségre vonatkozó összefüggéseit (26. ábra) figyelembe véve a mezőgazdasági, hidrológiai vízhiány is a támogató (tápanyagáramoltatás, talajképződés,) ökoszisztéma szolgáltatás gyengülését, amely pedig az ellátó ökoszisztéma szolgáltatás kitettségét növeli.

26. ábra Az ökoszisztéma szolgáltatás szemléleti rendszer felépítése a MEA angol nyelvű eredetije alapján

¹⁹⁴ Tisza-vidék kutatás-fejlesztési program 2000. A Tisza-vidék fejlesztését befolyásoló vízrajzi kockázatok, erőforrások és lehetőségek. Tizenkettedik részjelentés. Témavezető: Mezösi Gábor. Közreműködtek: Barta Károly, Bódis Katalin, Boga Tamás László, Kiss Tímea, Kiss Richárd, Mezösi Gábor, Pálfi Imre, Rakonczai János, Szlavik Lajos, Török Imre György. Szeged: Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi Tanszék, 2000. 110, [11] p., TISZA-VIDÉK KUTATÁS-FEJLESZTÉSI PROGRAM 2000. <http://www.alfoldinfo.hu/tisza/tisza1.html>



Forrás: Ungvári 2012 ¹⁹⁵

A vegetáció és a vízháztartás összefüggéseit mind az ártérben (szabályozó szolgáltatásként) mind a mezőgazdasági céllal (ellátó szolgáltatásként) hasznosított területeken értelmezhető.

Az ártérben, a Kárpát-medencében a Tisza-völgyben eredetileg olyan őshonos puha- és keményfaligetek alkották a tájat, amelyek vízigenye kb. 600-700 mm csapadék a vegetációs időszakban évente. Ennyi csapadék évezredekkel ezelőtt sem hullott, és ma sem. Adódik a kérdés: honnan származott a víztöbblet? Az ártéri erdők a többlet nedvességre a tavaszi zöldár alkalmával tettek szert, amikor a talaj és maga a növényzet tárolta a nedvességet.¹⁹⁶ Az ártéri erdők csökkenésével a párologtatás és a vízmegtartó képesség is csökkent, így a szabályozó szolgáltatás is.

A mezőgazdasági területeken magától értetődő az élelmezési biztonsági probléma vízhiány esetén. Sokéves átlagban a Zagyva, a Tisza és a Hármas-Körös mentén fekvő egybefüggő terület a legszárazabb, ahol a lehulló csapadék mennyisége átlagosan 500-550 mm. A optimális gazdaságos felhasználásához és tározásához szükség lenne a talajok víztározó kapacitásának maximalizálása.

¹⁹⁵ ua 182.

¹⁹⁶ Hetesi Zsolt – Fülöp Sándor: Fenntarthatatlan talajhasználat, élelmiszer-biztonság és megoldási javaslatok In: A jó állam mérhetősége III. Szerk.: Kaiser Tamás 2019 Dialóg Campus Kiadó Budapest https://joallamjelentes.uni-nke.hu/2017_pages/pdf_serve/non-compress/669_jam_iii_xs.pdf

“Magyarország legnagyobb kapacitású potenciális természetes víztározója a talaj, amelybe optimális esetben az éves csapadék közel kétharmada beleférne!”¹⁹⁷ Magyarországon a talaj felső 1 m-es rétege mintegy 25–30 km³ víz raktározására képes. Ennek mintegy 55–60%-a a növények számára nem hozzáférhető, ún. holtvíz, 40–45%-a pedig hasznosítható víz. A felszínre hulló csapadék mintegy kétharmada szivárogná be a talajba ideális esetben.¹⁹⁸

A potenciális tározó kapacitás nyújtotta lehetőség viszont csak viszonylag ritkán realizálódhat az alábbi okok miatt: -vízraktározó tér vízzel telítettsége, a beszivárgást megakadályozó fagyott réteg, a beszivárgást megakadályozó víz át nem eresztő, vagy igen kis vízvezető képességű réteg a talaj felszínén vagy felszín közelben (eketalp réteg a mezőgazdasági munkagépek miatt) illetve a talaj gyenge víztartó képessége.

Az éghajlati modellek a Dél-Alföldön például kevesebb csapadékot, valamint az aszályos időszakok növekedést prognosztizálják – a szélsőségek fokozódása mellett. Mindez különösen fontossá teszi, hogy a területen lehullott csapadék minél nagyobb hányadát visszatartsuk. Az előre látó vízügyi szakemberek és mezőgazdasági szakemberek is egyre gyakrabban belvízgazdálkodásról beszélnek belvízelvezetés helyett. A vizeknek a területen való megőrzésének két lehetősége van: a talajban való tárolás, vagy a felszín lokális mélyedéseiben való vízvisszatartás.¹⁹⁹ számításai szerint az évente lehulló csapadék 2/3-a „beférne” a talaj felső 1 méteres tartományába, ha azt valami nem akadályozná.²⁰⁰

A talaj ezek miatt gyakran okozza vagy fokozza a szeszélyes időjárás kedvezőtlen ökonómiai és ökológiai következményeit. A lehulló csapadéknak gyakran csak szerény hányada jut el a növényig. Továbbá hozzájárul az egyre gyakrabban jelentkező szélsőséges vízháztartási helyzetekhez (árvíz, belvíz, túlnedvesedés, ill. aszály) kialakulásához.”²⁰¹

¹⁹⁷ Várallyay György: Magyarország talajainak vízraktározó képessége
<https://doi.org/10.1556/agrokem.54.2005.1-2.2> Agrokémia és talajtan 54. kötet 1-2
<https://akjournals.com/view/journals/0088/54/1-2/article-p5.xml>

¹⁹⁸ Rakonczai, J., Farsang, A., Mezősi, G., Gál, N. 2011: A belvízképződés elméleti háttere. Földrajzi Közlemények 135. évfolyam 4. szám (letöltés dátuma: 2021 04 05). <http://publicatio.bibl.u-szeged.hu/5631/1/1959489.pdf>

¹⁹⁹ Várallyay Gy. 2010: Talajdegradációs folyamatok és szélsőséges vízháztartási helyzetek a környezeti állapot meghatározó tényezői. Klíma-21 füzetek. 62. pp. 4–28.

²⁰⁰ Rakonczai János: A klímaváltozás következményei a dél-alföldi tájon (A természeti földrajz változó szerepe és lehetőségei) Akadémiai doktori értekezés Szeged, 2013 https://real-d.mtak.hu/612/7/RakonczaiJanos_doktori_mu.pdf

²⁰¹ Várallyay György: [Magyarország talajainak vízraktározó képessége](https://doi.org/10.1556/agrokem.54.2005.1-2.2)
<https://doi.org/10.1556/agrokem.54.2005.1-2.2> Agrokémia és talajtan 54. kötet 1-2

A 2019-es jó állam mérhetősége III. című kiadvány Fenntarthatatlan talajhasználat, élelmiszerbiztonság és megoldási javaslatok fejezetében a szerzők táblázatban összesítették talajkárosodás okait, amelyek közül az éghajlatváltozásból által megnövekedett aszálykockázat okai is fellelhetők (4.táblázat).

4. táblázat Talajkárosodás formái és okai

Jelenség	Oka	Jellemző példa, időszak
Erózió	A szántók, kaszálók, legelők gyérebb vagy hiányzó növényborítása	A Dinári-hegység erodálódott talaja és kopár sziklái, kialakulásuk az ókori erdőirtás utánra tehető
Talaj vízháztartása felborul	A növényborítás hiánya, szerkezetesség csökkenése a talajmunkák következtében	Alföldi ártéri erdők vs. jelenlegi szántók ⁶
Szerves anyag mennyisége csökken	Állandó talajmunkák, mikrobiális élet hanyatlása	A Nagy-síkságról az elmúlt 100 évben a szerves anyag 50–70%-a eltűnt.
A tömegtermelést csak műtrágyákkal lehet fenntartani	Mikrobiális élet lecsökkent	Gyakorlatilag bármely szántóterületen hazánkban műtrágyák nélkül a terméshozam 40-50%-kal csökken.

Forrás: A jó állam mérhetősége III. Szerk.: Kaiser Tamás 2019 Dialóg Campus Kiadó Budapest ¹⁹⁷

A beszántott ártéren folyó intenzív mezőgazdasági termelés számos olyan negatív jelenséggel küzd napjainkig, melyek részben épp az intenzifikálás, illetve a táji adottságoktól eltérő használat következtében okoznak problémát.²⁰² A hegyi és síkvidéki erdők a medence vizeinek legfontosabb kormányzói és megőrzői. Ezek a vízmegtartó és klímaszabályozó természetes ökológiai rendszerek, az ártéri erdőségek eredeti kiterjedésük töredékére húzódtak vissza, továbbá a tavasszal érkező áradás megfogására, szétterítésre alkalmas pufferterületek (a fokokból előlonthető laposok) ma teljesen hiányoznak.

Az ország leghátrányosabb helyzetű kistérségeinek több mint fele a Tisza és mellékfolyói mentén található. Ez nem véletlen, hiszen a gazdasági és társadalmi nehézségek szorosan összefüggenek a természet állapotával és a tájhasználattal. Az emberek megélhetése és életkörülményeik napjainkban is nagyrészt a helyi természeti erőforrások állapotától függenek.

²⁰² Dobos Endre: A talajok es a talajdegradacio szerepe a szélsőséges vízgazdálkodási helyzetek kialakulásában Vízügyi Közlemények, CIV. évfolyam 2022. évi 3. füzet https://talajtar.hu/wp-content/uploads/2023/01/VizugyiKozlemenyek_2022-1673315559_pages475-492.pdf

A talajegészség eléréséhez és fenntartásához az olyan talajkímélő és talajjavító mezőgazdasági alapelvek alkalmazását javasolt, mint a minimális művelés (minimal tillage, no tillage), a talaj forgatás nélküli kezelése, lehetőség szerint teljesen bolygatás mentes művelése. Továbbá a talaj állandó fedése, legalább mulccsal vagy inkább állandó növényborítással, amely segíti a talajt a szerkezetességének kialakulásában, így vízmegtartó képességének növelésében. A hagyományos gazdálkodás során a talajban csak a gazdasági főnövény gyökerei képeznek élő hálózatot, a felszántott talajban nincs növényzet, így élő gyökerek sem lehetnek. A gyökérzet határretegén képződő mikrobabevonat és gombákkal történő szimbiózis az, amely hozzájárul a tápanyag-feltáráshoz és felvehetővé alakításához.

A csökkentett talajművelés jelentősen hozzájárul a talajtermékenységhez. A mély és intenzív bolygatás mellőzése kíméli a talaj szerkezetét és a talajéletet, valamint megakadályozza a humusz lebomlását. Javul a talaj tápanyagtároló képessége, erózióvédelme, vízháztartása. Azonban az ekéről való lemondás kihívásokkal is jár. Például növekedhet a gyomnyomás, vagy hatással lehet a tápanyagszolgáltató képességre.²⁰³

Tájhasználat dombvidéken (villámárvíz)

A táj és talajhasználat a dombvidéki területek is jelentős, ha nem döntő befolyással lehet az szélsőséges időjárási jelenségekre. A települések villámárvízi kockázati szintjeinek meghatározásához a Pécsi Tudományegyetem az alábbi paramétereket használta:

Domborzat:

- Lejtő átlagos meredeksége,
- Lejtőtartomány,
- Völgysűrűség,

Felszín használat, Felszínborítás:

- Kopár felszínek,
- Fizikai talajféleség,
- Talajvastagság,

²⁰³ ÖMKI Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet: Csökkentett talajművelés alkalmazása az ökológiai gazdálkodásban https://biokutatas.hu/wp-content/uploads/2024/05/20230601_121713_w3uv2p_2023_csokkentett_talajmuveles_v8_huzott.pdf

- Mészkő alapkőzettel rendelkező területek

Vízrendszer paraméterei:

- Összefolyási pontok,
- Vízfolyás sűrűség, vízhálózat

A hazai tapasztalatok szerint a dombvidéki környezetben a megfelelő felszínborítás sok esetben nem megfelelő (tarvágás miatt az erdő foltokban hiányzik sokszor épp a felső vízgyűjtő területén. (Rimóc, Nógrád vármegye villámárvíz sújtotta Községe)

A talajművelési költségek csökkentésére és a természetes talajállapot fenntartására fejlesztették ki a például sávos (Strip Tillage) művelési rendszereket. Az új technológia lényege, hogy nem a teljes mulccsal borított területet (tarlót) művelik meg, hanem annak csak azokat a sávjait, ahová a vetésváltó új növény magjait vetik.²⁰⁴

3.4 Tisza rendszerdinamikai vizsgálata

A rendszerdinamika a körülöttünk lévő világ tanulmányozásának egy módszere. Míg más tudományágak a világot kicsi- és kisebb részekben tanulmányozzák, addig rendszerdinamikuskok a dolgokat időbeli változásaikkal együtt, teljességükben vizsgálják. A rendszerdinamika központi témája a rendszert alkotó részek közötti kölcsönhatások, azaz a rendszer viselkedésének megértése. A rendszerdinamika szempontjából rendszernek tekinthető bármilyen két- vagy több, egymással kölcsönhatásban lévő részből álló felépítmény, mint például egy ember, a természet vagy egy folyó. A rendszeren belüli elemek egymással ún. “visszacsatolásokon” keresztül érintkeznek, azaz az egyik paraméter időben való megváltozása befolyásolja a rendszer egy vagy több másik paraméterének értékét, mely(ek) visszahatással van(nak) az eredeti paraméterre.

Az éghajlati hatásokkal növekvő vízbiztonsági kockázatok okainak további vizsgálatához egy egyszerűsített Tisza vízmérleg felállítását kezdtem meg. A vizsgálat célja a Tisza vízgyűjtő árterén jelen lévő vízkészlet dinamikájának megértése a Tisza vízgyűjtőjére érkező és távozó vízmennyiség adatait felhasználva.

²⁰⁴ NWRM website – GUIDE for adding a case study, modifying it and adding an associated source Procurement procedure 070201/2015/716925/ENV.C.1 “Support contract for the adjustment and transfer of the Natural Water Retention Measures (NWRM) platform to the JRC” <https://www.nwrm.eu/sites/default/files/documents-docs/nwrm-case-study-guide.pdf>

Anyag és módszer

A beérkező vízmennyiség a felső vízgyűjtőről származó vízmennyiség és a helyben lehullott csapadék. A Tisza mentén működő - Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF)- szolnoki törzs hálózatából nyert vízállás adatait használok 2010 - 2020- ig. A vízállás óránként mért adatait havi átlagokra számoltam.

5. táblázat Tisza vízállás havi átlagai (órás adatok alapján átlagolva) 2010-2018-ig szolnoki vízmérce

Szolnok vízállás (mm)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Január	624,0	760,0	-73,0	-56,0	-23,0	65,0	68,0	-118,0	314,0
Február	213,0	273,0	-141,0	187,0	91,0	112,0	473,0	352,0	263,0
Március	467,0	278,0	125,0	488,0	17,0	132,0	473,0	424,0	361,0
Április	430,0	251,0	259,0	800,0	-75,0	146,0	87,0	84,0	544,0
Május	479,0	12,0	65,0	282,0	17,0	95,0	67,0	148,0	12,0
Június	891,0	-123,0	138,0	253,0	-157,0	-62,0	50,0	-40,0	-53,0
Július	450,0	34,0	-187,0	-98,0	-104,0	-230,0	-64,0	-121,0	-56,0
Augusztus	278,0	38,0	-249,0	-253,0	-59,0	-275,0	-152,0	-221,0	-207,0
Szeptember	177,0	-187,0	-273,0	-184,0	-86,0	-277,0	-225,0	-163,0	-240,0
október	118,0	-200,0	-236,0	-174,0	-1,0	-187,0	-132,0	-165,0	-228,0
November	208,0	-209,0	-61,0	-23,0	-71,0	-24,0	160,0	124,0	-161,0
December	711,0	18,0	-110,0	-169,0	-38,0	23,0	-52,0	416,0	-173,0

Forrás: OVF, KÖTIVIZIG adatok alapján saját szerkesztés

A helyben lehullott csapadékmennyiség és a párolgás adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) elérhető adatbázisából nyertem.

6. táblázat Havi csapadék átlagok Debrecen 2010-2020

Csapadék Debrecen (mm)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Január	33,6	17,7	24,5	36,4	32,7	40,1	66,5	16,5	17,3	18,4	22,9
Február	42	12,0	19,4	45,5	25,5	14,0	96,7	30,4	44,4	6,1	39,2
Március	12,1	31,7	1,8	126,5	9,2	8,8	31,6	21,9	71,6	9,3	32,9
Április	64,6	13,5	34,4	46,1	32,7	24,8	7,9	45,9	17,0	37,1	16,7
Május	156,1	49,3	56,9	83,9	54,3	43,2	49,3	36,0	48,9	93,3	36,8
Június	81,7	34,7	79,3	58,9	29,7	33,7	126,7	93,6	78,9	54,8	117,3
Július	88,8	162,8	43,9	9,6	66,1	28,0	106,1	43,3	23,7	42,7	109,5
Augusztus	86,3	23,8	12,0	34,5	36,1	80,5	91,2	38,6	22,7	25,4	27,1
Szeptember	92,3	10,8	34,7	22,1	53,8	35,4	43,1	75,3	16,6	37,5	49,8
október	26,3	16,9	37,8	31,5	60,1	77,8	73,3	29,7	10,3	15,6	64,2
November	63,5	0,0	26,2	50,5	19,9	42,8	49,2	49,4	38,5	76,5	15,6
December	97,5	68,4	55,8	0,4	35,4	2,9	2,3	88,5	44,8	40,1	39,4
SUM	844,8	441,6	426,7	545,9	455,5	432,00	743,90	569,1	434,7	456,8	571,4

Forrás: OMSZ, saját szerkesztés

A párolgás adatokat Varga Görgy, az OVF munkatársa segített megérteni és validálni a hidrológiai félévekhez. A párolgás adatokat ugyanis nem mérik, hanem globál sugárzás és hőmérséklet adatokból származtatják így utómunkálatokat igényel.

7. táblázat Tényleges, potenciális párolgás és csapadékatlagok összesített táblázata
2010-2020 a Tisza vízgyűjtő területéről (Szarvas, Debrecen)

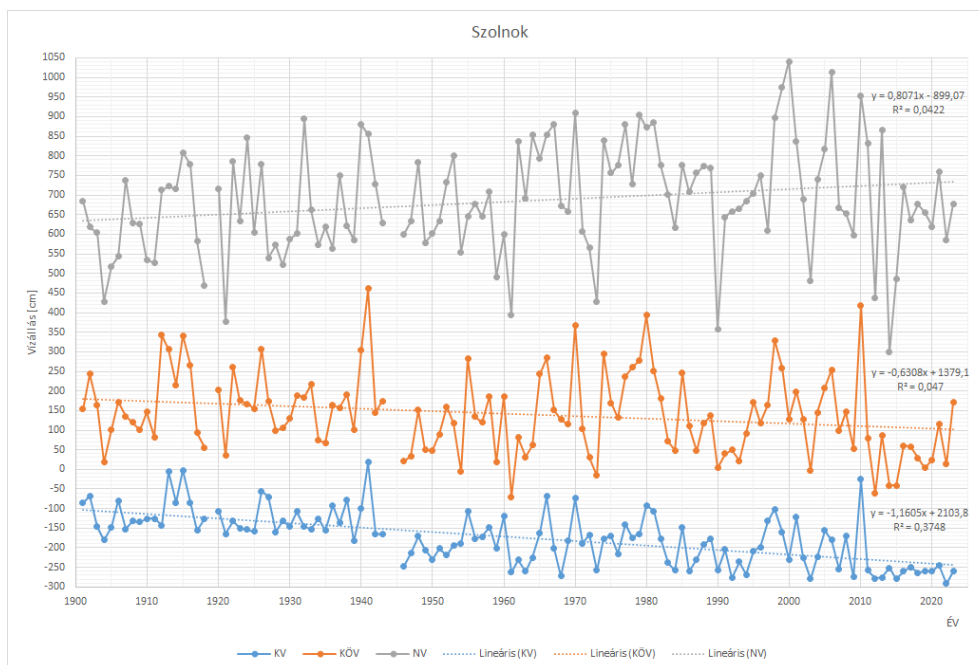
Szarvas tényleges párolgás (mm)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Január	16,8	12,9	16,5	14,7	9	16,8	10,2	8,7	17,4	18	10,2
Február	21,9	16,5	12,3	18,09	19,5	19,5	24,3	21,9	13,8	31,8	43,5
Március	46,5	43,8	34,5	30,3	48,3	41,7	40,8	39	29,7	19,2	45,6
Április	72	45,6	39	61,2	42,7	46,2	37,2	45,9	68,7	29,4	36
Május	84	69,6	66,6	54,3	71,1	53,4	47,7	76,8	60,9	73,8	49,5
Június	101,4	69,9	56,1	105	48,9	62,4	107	63,6	49,5	120	94,2
Július	90,3	83,1	39,9	74,7	93,3	75,3	112	89,4	78,6	107	139,5
Augusztus	59,7	81,6	32,7	33,9	93,6	141	104	57	62,4	81,3	121,5
Szeptember	50,1	25,5	20,4	26,4	63,6	39,9	46,5	30,9	41,4	37,5	40,5
október	37,2	13,8	36,9	37,2	43,5	21,9	30	38,7	19,6	39,9	33,3
November	35,7	6,09	24,3	18,6	21,6	23,7	29,1	23,1	10,8	33,3	12
December	6,7	9,6	11,1	16,5	18,3	6	11,4	17,7	16,2	21,3	13,2
Tényleges párolgás összesen (mm)	622,3	477,99	390,3	490,89	573,4	547,8	600,2	512,7	469	612,5	639
Potenciális párolgás összesen (mm)	846	1223	1194	979	921	1112	937	1097	1151	1114	1036
Csapadék összesen (mm)	844	441	426	545	455	432	743	569	434	456	571

Forrás: szerző saját szerkesztése

A táblázatban pirossal kiemelt számok azokat a hónapokat jelölik, amelyeknél a havi tényleges párolgás milliméter értékei magasabbak, mint a leesett csapadék mennyiségé.

2011, 2014, 2015, 2018, és 2020-as években a mért és származtatott adatok alapján a vízhiány jelentős.

27. ábra hidrológiai idősor (cm) a szolnoki törzshálózat állomásának Nagyvízi, Középvízi és Kisvízi vízállás adatai



Forrás: Országos Vízügyi Főigazgatóság/ KÖTIVIZIG

A rendszerdinamika beérkező vízmennyiség dinamikájának további elemzéséhez a szolnoki törzshálózat állomásának nagyvízi, középvízi és kisvízi vízállás adatainak összefoglaló ábráját használatam. A LV (legnagyobb vízszint) átlag vízállásának növekedése látható a 120 éves adatsoron. A középvízi vízállás az adatok alapján csökkennek, ahogy a kisvízi vízállás is.

A csökkenés a közép és kisvízi időszakokban egyértelmű. A nagyvízi adatsor emelkedésének lehetséges okaira a következő "6. Árvízbiztonság" fejezetben térek ki.

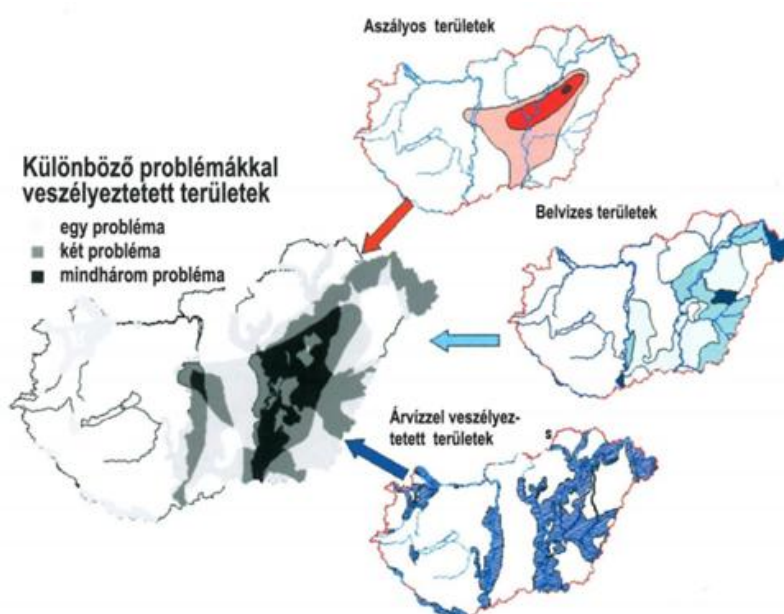
A Tisza rendszerdinamika a beszivárgási és lefolyási adatok validációs nehézségei miatt a teljes modell nem állt fel.

3.5. A hazai vízgazdálkodás kihívásai

A vízgazdálkodás alatt itt kiemelném, hogy nem csak a vízügyi ágazat kihívásait értem. Az éghajlati alkalmazkodás komplexitásából adódó átfedő kihívások mind vízügyi mind mezőgazdasági ágazati aspektusból szükséges értelmezni.

Magyarország területeinek fele síkvidéki, lefolyástalan terület, amely közel 4,5 millió hektárt jelent. Ebből az árvízi veszélyeztetettséggel érintett terület 2 millió hektárra tehető, amelyből, 1,5 millió hektár a Tisza-vízgyűjtőn 0,5 millió hektár pedig a Duna-vízgyűjtő területein található. Agrárgazdasági szempontból nem lehet elmenni amellett, hogy az árvízi veszélyeztetettséggel érintett hatásterületek átfedést mutatnak a belvizzel, valamint aszályal érintett területekkel, és mindez időbeliség szempontjából is fontos, mert adott esetben 1 éven belül mind három szélsőséggel meg kell küzdeni. Az ágazat átlagos vízkár vesztesége évente 55 milliárd Ft-ra, ebből az aszálykár 40 milliárdra, a belvízkár 15 milliárd Ft-ra tehető. 2022-ben a kárbejelentések száma ötvenezer fölé emelkedett és rekordösszegű, 63 315 millió forint kárenyhítő juttatás iránti jogos igény keletkezett. A Kárenyhítési Alapban rendelkezésre álló forrás a kárigényt nem tudta fedezni, ezért azok kompenzálására a Kormány 41 124 millió forint többlettámogatást ítelt meg.²⁰⁵

28. ábra Árvíz, aszály és belvíz veszélyeztetettség Magyarországon



²⁰⁵ <https://www.aki.gov.hu/2023/10/10/a-2022-ben-a-karenyhito-juttatasok-98-szazalekat-aszalykarra-forditottak/>

Magyarország területének 80%-a termőföld, ami 7,5 millió hektárnak felel meg. Ebből 2 millió hektár erdő, míg 5,5 millió hektár mezőgazdasági terület, amelyből 4,5 millió hektár szántóföldként hasznosul. Elmondható tehát, hogy a termőterületek közel 30 százaléka érintett árvízi veszélyeztetettséggel.

Gyakorlatilag mindenhol megfigyelhető az árvízszintek emelkedése, amit a rendkívüli események követnek az elmúlt majd két évtizedből: 3-3 rekord árvíz a Tiszán és a Dunán, egy a Sajón és a Hernádon (2010), majd a Murán (2014). Húsz év átlagában az árvizek dominálnak, (2010 Sajó és a Hernád, 2006 Duna és Tisza, 2013 Duna, 2014 Mura,). Az utóbbi öt évben vízszint komoly vízhiány lépett fel. A folyók mentén közvetlen szivattyúzás, gravitációs vízpótlás teszi elérhetővé a vizet, de a Homokhátságon, Nyírségi hátságon: a vízpótlás csak csapadékból történhet, csapadék hiány esetén szárazság lép fel.²⁰⁶

A Vízyűjtő-gazdálkodási Terv második felülvizsgálatának Jelentős vízgazdálkodási kérdései az alábbiakban reagál a fenti tényekre: „Magyarországon az éghajlatváltozás hatásai miatt a vízgazdálkodási szélsőségek elleni küzdelem jelentősége növekszik. Emberi beavatkozás nélkül (passzív alkalmazkodással) a mai víz-ökológiai gazdasági-társadalmi állapotok fenntartása nem biztosítható a jövőben.”²⁰⁷

A Nemzeti Éghajlatváltozás Stratégia (NÉS2) rövidtávú (közép és hosszútávú) cselekvési irányai az éghajlati alkalmazkodás vízgazdálkodással kapcsolatos részletes feladatait a vizek integrált kezelésével és védelmével kapcsolatos koncepciókban, országos és regionális programokban, tervekben (pl. vízyűjtő-gazdálkodási és árvízkezelési tervekben és a Kvassay Jenő Terv – Nemzeti Vízzstratégia végrehajtási keretrendszerében) ajánlja részletesen meghatározni.

A rövidtávú ajánlások közül a disszertáció keretein belül vizsgált problémákra javasolt irányok kerülnek felsorolásra:

²⁰⁶ ua. 204

²⁰⁷ Magyarország Vízyűjtő-Gazdálkodási Tervének Második Felülvizsgálata Jelentős Vízgazdálkodási Kérdések A Víz Keretirányelv Előírásai Szerinti Állapotértékelések, Elemzések, Vizsgálatok, Valamint A Vízyűjtő-Gazdálkodási Terv Második Felülvizsgálata És Korszerűsítése Kehop-1.1.0-15-2016-00008 Készítette: Országos Vízügyi Főigazgatóság https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/12/JVK_2019_Vegleges.pdf

- Szükséges a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése Program folytatása. Minden kialakítandó tározóterületen biztosítani kell a rendszeres, sekélyvízi elöntéshez igazodó ártéri tájgazdálkodási rendszerek kialakításának és az állandó tározásnak a vízgazdálkodási, illetve támogatási feltételeit. A gazdálkodókat képzéssel, szaktanácsadással, szemléletformálással kell segíteni a fenntartható, közösségi tájhasználat kialakításában.
- A kockázatmegelőző vízkárelhárítás elvének érvényesítésének keretében szükséges az árvízi védekezés és a területhasználat integrált tervezése és szabályozása, a kockázati térképezés felhasználásával. Fontos a differenciált biztonság érvényesítése melletti tervezés, a Mértékadó Árvíz Szint (MÁSZ) értékeinek folyamatos újraértékelése a környezeti változások nyomon követésével összhangban.
- A gyors vízelvezetésen alapuló vízrendezési gyakorlat helyett a vízvisszatartó vízrendezés kialakítása ösztönzendő. Ezzel párhuzamosan a területi, települési, természetvédelmi, mezőgazdasági, vízgazdálkodási tervezés integrációjával egy fenntartható területhasználat kialakításának megkezdése, mintaterületeinek mihamarabbi kialakítása javasolt. Széles körű társadalmi párbeszédet kell kezdeményezni a fenntartható területhasználat és vízgazdálkodás elveiről és gyakorlati megvalósításáról. Feladat a társadalom és a víz viszonyának javítása.²⁰⁸

A három felsorolt stratégiákban és cselekvési tervekben olyan jellemző “ajánlások” gyakorlati elvégzését KEHOP projektek címeit sejtetik.

Legfőbb akadályként a tulajdonjogi konfliktusok, a víz veszélyként való értelmezése, forráshiány, szakember hiány, pályázati források idő és pénzügyi keretének az intézkedések természetével ellentmondó mivolta!

A nyilvános fórumok és nyilatkozatok alapján a vízügyi ágazat szerint a társadalmi felhatalmazás viszont még mindig a vizek levezetésére terjed ki, így maximalizálva és prioritizálva a művelésbe fogható területek nagyságát. Civil szervezetek, kis családi vagy közepes méretű gazdaságok, önkéntesek (kb. 10) ezresre tehető csoportja ezzel szemben állítja,

²⁰⁸ A 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2018, Melléklet a 23/2018. (X. 31.) OGY határozathoz <https://evosz.hu/data/dokument/Nemzeti%20Eghajlatvaltozasi%20Strategia.pdf>

hogy a társadalmi ajtók a vízmegtartással kapcsolatban már nyitva állnak legfőképp az alföldi kisközségek esetében.

A szakmai fórumok egyik érdekes saját tapasztalata, továbbá, hogy több száz hektáron gazdálkodó tulajdonos véleményét eddig egyáltalán nem hallottam a témáról. Pedig a hidrológiai statisztikák azt mutatja, hogy egyre ritkább lesz az olyan méretű áradás, amiből vizet lehetett volna kiengedni gravitációs úton.

A diskurzus jelenleg ott tart, hogy a vízügy, de főleg az Országos Vízügyi Főigazgatóság hivatalos fórumai szerint szemléletváltáson ment keresztül. A kritika szerint ez eddig inkább főleg kommunikációban merült ki, cselekvésben kevésbé, vagy egyáltalán nem, leszámítva egy-egy megvalósult jó gyakorlatot, amelynél szintén nem a vízügy volt a fő indítványozó.

Az éghajlati alkalmazkodás és a fenntartható szemlélet hosszútávú komplex, integrált vízgazdálkodás a vízmegtartást elősegítését irányozza elő. A helyi alkalmazkodási igényekkel azonban a vízügynél kell jelentkezni a nyilatkozatok alapján,²⁰⁹ ami kissé ellentmondásosnak érzek, másrészt saját meggyőződésem, hogy szinte mindig az alulról jövő kezdeményezések azok, amelyek előbb vagy utóbb célba is érnek.

Az elvárásoknál és akadályoknál továbbá véleményem szerint a szakmai megoldások sokszor túl egyszerűnek vagy túl bonyolultnak vannak beállítva. Ez szintén olyan jelenség, amit a magas szintű szakmai és érdekelti körökben meg kellene tudni haladni mind közigazgatási, mind civil oldalról.

A konferencia agrárszakértői és vízügyi szakértői szerint a KEHOP+ projektekkel várható majd a tulajdonosi hozzájárulás- probléma feloldása. Homokhátság és Nyírség térségben áthangolás várható és a mikro domborzatot felhasználó vízmegtartó területekre több mint 200 vizes élőhely tervezett. A folyamat kezdőpontjának megjelölt agrártámogatási rendszer (Közös Agrárpolitika 2023 óta az időszakosan víz borította területek támogathatóvá váltak a területalapú támogatási rendszerben, az Agro-ökológiai Program keretében az agrártárca ösztönzi azokat a gyakorlatokat, amelyek a talajszerkezet javításán keresztül segítik a talajnedvesség megőrzését.) változása miatt határozottan elindultnak vélték a résztvevők. Az Agrárminisztérium megbízásából a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK) falugazdász-hálózatának bevonásával készített felmérés szerint a válaszadók 80%-a fontosnak tartja a

²⁰⁹ Gacsály József Országos Vízügyi Főigazgatóság műszaki főigazgató-helyettese II. Vízválasztó Konferencia 2024 12. szóbeli elmondása alapján

termőterületi vízmegtartást, és a tervezett célterületek több mint felén akár a hasznosítást is megváltoztatnák ennek érdekében.

29. ábra A vízmegtartás szempontjából fontos gyakorlatok területalapú támogatás igénylési adatai 2023 és 2024

Hasznosítás	Gyakorlat	Igényelt terület (ha) 2023	Igényelt terület (ha) 2024
Szántó	Talajtakarás	63 379	42 348
	Nem termelő tájképi elemek és területek kijelölése szántóterületeken	41 906	129 945 *
	Mikrobiológiai készítmények alkalmazása szántóterületeken	1 230 355	1 019 833
	Talaj- és növénykondicionáló szerek, nitrogénmegkötő készítmények alkalmazása szántóterületeken	1 056 653	961 024
	Forgatás nélküli talajművelés szántóterületeken	430 008	301 674
Egyéb állandó kultúra	Mikroöntözési technológiák alkalmazása	4 766	4 325
	Mikrobiológiai készítmények alkalmazása	21 738	22 608
	Talaj- és növénykondicionáló szerek, nitrogénmegkötő készítmények alkalmazása	18 251	12 439
	12% alatti lejtésű területeken talajtakarás mulcsozással, egyéves sorköztakaró növények termesztésével	1291	229
	Talajtakarása élő kultúrák fenntartásával vagy gyepesítéssel	45 385	47 917
	Talajtakarása élő kultúrák fenntartásával vagy gyepesítéssel	0	2 987
Különleges állandó kultúra	Méhekre veszélyes szerek használatának tilalma	0	83
	12% alatti lejtésű területeken talajtakarás mulcsozással, egyéves sorköztakaró növények termesztésével	0	6

Forrás: KAP hivatalos weboldaláról MÁK adatszolgáltatás 2024.06.12. alapján ²¹⁰

A területalapú vízvédelmi célú, nem termelő beruházások megvalósítása keretében támogatható lesz partmenti vízvédelmi pufferzóna kialakítása, valamint vizes élőhelyek létrehozása.

3.5.1. Hazai kutatások a mélyártéri vízmegtartásról

A hazai kutatások áttekintő bemutatásánál első hivatkozásként Andrásfalvy Bertalan 2013-as munkáját idézem: “A szivattyúzás és homokzsákos védekezés is milliókat emészt fel, és az árvíz egyre nagyobb erővel fog rombolni, ha egyszer valahol áttöri a gátat. Más években a lerövidített és elmélyült folyam kisvízben leszívja a környező talajvizet is, és az árvízzel

²¹⁰ <https://kap.gov.hu/news/2024-08-12/140336/gazdalkodoi-reszvetel-vizmegtartast-osztonzo-tamogatasi-programokban>

veszélyeztetett földön a szárazság okozhatja a kárt. Röviden, ha nincs is gátszakadás, és eredményesen kivédtük az árvíz kártételeit, az is milliárdokba kerül évenként. A vésztározók és duzzasztógátak építése sem oldja meg a kérdést. Ha a védekezés költségeit ráterhelnénk az árvíztől most megvédett, egykori árterületekre, az igen nagy ráfizetést jelentene. Ha visszaadnánk az egykori árterületeket a víz időszakos elárasztásának, e vizes élőhelyeken a most szerencsés körülmények közt megvédett búzatermés értékének többszörösét nyerhetnénk meg. Mivel? Halastavakkal, gyümölcsöt termő kertekkel, erdőkkel, takarmányt termő rétekkel, természetes szennyvíztisztítással, nád- és gyékénytermeléssel, vizes kultúrákkal, pl. algatermeléssel stb. Oláh János, a szarvasi egyetem tanszékvezetője részletesebb számításokkal igazolta egy korszerű ártéri gazdálkodás eredményességét, nemzetgazdasági hasznát. Arra is felhívta a figyelmet, hogy áradáskor, a gátak közt átkergetett vízzel a legtermékenyebb humusz is távozik a Kárpát-medencéből, ami azelőtt szétterült az ártérben. Ennek értéke több ezer tonna műtrágyáéval vetekszik (Oláh, 2002)”^{211, 212}

2022-ben egy forgatókönyv-alapú esettanulmányban elemezték a felvázolt problémát a Szamos-Kraszna köze, egy 510 km²-es síkvidéki vízgyűjtőre. A forgatókönyveket integrált módszertannal értékelték, amely a vízköltségvetésre és az ökoszisztéma összértékére összpontosít. A vízvezető hálózat hatékonysága csekély/közepesnek bizonyult, mivel csak -1-5%-kal csökkentette az elöntések területi kiterjedését, és csak ~20%-kal járult hozzá a vízborítás megszüntetéséhez. Továbbá a jelenlegi (védelmi fókuszú) és az alternatív (vízvisszatartás-fókuszú) forgatókönyvet összevetve kiderült, hogy az utóbbi magasabb pénzbeli értéket biztosít az ökoszisztéma szolgáltatások összesített egyéni és társadalmi hasznai számára. Ez hangsúlyozza, hogy kiterjedt alkalmazkodó intézkedésekre van szükség mind a vízgazdálkodásban, mind a tájtervezésben az ellenálló képesség és a kortárs környezeti kihívásokkal való megbirkózás képességének megteremtése érdekében.²¹³

²¹¹ Oláh János (2002): Ártéri erőforrások és haszonvételek a Tisza völgyében. In: Szabóné Dr. Komlószy Ildikó (szerk.): JUTEKO 2002, Tessedik Sámuel jubileumi mezőgazdasági víz és környezetgazdasági tudományos napok. Szarvas

²¹² Andrásfalvy B. (2013). A víz a magyar történelemben. In: Víz határok nélkül II. Magyar Tudomány. 2013. II. pp. 1313-1321. https://www.epa.oszk.hu/00600/00691/00122/pdf/EPA00691_mtud_2013_11_1313-1321.pdf

²¹³ Kozma, Z., Jolánkai, Z., Kardos, M. K., Muzelák, B., Koncsos, L. “Adaptive Water Management-land Use Practice for Improving Ecosystem Services – a Hungarian Modelling Case Study”, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 66(1), pp. 256–268, 2022. <https://doi.org/10.3311/PPci.18369>

Szintén 2022-ben Csongrád város melletti ártér bemeneti szerkezeteinek helyzetének hatását vizsgálta Murányi és társai HEC-RAS 1D-2D csatolt modellel. Az eredmények alapján meghatározásra kerültek a mélyártéri szelekció szabályai. A kibővített modellen feltárássra kerültek egy mély ártéri tárolóterületi lánc lehetőségei. A becslések szerint több mint 2,36 km³ potenciális tárolókapacitás áll rendelkezésre a Tisza magyarországi szakaszán.²¹⁴

2012-es tanulmány a tiszai árvíz kockázat csökkentés vizsgálta a mélyártéri árterek bevonásával, melynek célja egy javasolt műszaki regionális előnyeinek bizonyítása megoldást az árvíz kockázat mérséklésére, különös tekintettel a talajborításra. A hidrodinamikai modellezési eredmények bizonyítják, hogy a legjobb megoldást a mély árterek – rendszeresen vízzel borított területek – elöntését tartalmazó különböző stratégiák kombinációja adja a folyószabályozási munkálatok előtt és globálisan az árvíz károk jelentős mérséklésével a megoldás költségei biztosan hosszú távon lefedett. Természetszerű működése révén a szabályos vízborítás lehetővé teszi a víz többszörös felhasználását, hozzájárulva az egyidejűleg fennálló szárazság probléma megoldásához, az ártéri táj fejlesztéséhez gazdálkodás segítésé a régió ökológiai és gazdasági feljavítását.²¹⁵

Ungvári G. 2022-es kutatása három költség-haszon típusú elemzés eredményeit értékeli és egyesíti az árvíz kockázat-mérséklés és a földgazdálkodási célok egymásnak ellentmondó kapcsolatairól. Bár a vizsgálatokat ugyanazon folyószakasz különböző helyein végezték, mindegyiket ugyanazon árhullámok segítségével vizsgálják. Az eredmények azt támasztják alá, hogy mivel az EU-KAP mezőgazdasági támogatások rövid távon stabilizálják a szántóhasználatból származó egyéni hasznot, a közhasznú és a hosszú távú egyéni haszon nem éri el potenciális értékét. Az árvízi kockázat változásának és a szén-dioxid megkötésének együttes elemzése gazdasági indoklást ad a folyók menti ökológiai revitalizációjához árvízcsúcs polderekkel, segítve a hidrológiai és ökológiai célok közötti ellentét feloldását az ártereken. Az erdőkből származó közösségi haszon értékének tökécsítését a szén-dioxidmegkötés tekintetében korlátozza e természetes kapacitásnak a földtulajdonosok és az állam közötti megoldatlan tulajdonjogi felosztása, amely utóbbi felelős a nemzetközi szén-

²¹⁴ Murányi, G., Koncsos, L. (2022). Analysis of nature based flood management in the Tisza River Valley, Hungary. *Pollack Periodica*, 17(3), 83-88. <https://doi.org/10.1556/606.2022.00456>

²¹⁵ Zsófia Derts, László Koncsos Flood Risk Mitigation in the Tisza Valley by Deep Floodplain Reservoirs: The Effect on the Land Use *Journal of Environmental Science and Engineering* B 1 (2012) 34-40

dioxid csökkentési megállapodások betartásáért; ez a bizonytalan jogszabályi háttér akadályozza a fenntartható gazdasági feltételek megteremtésének a folyók mentén hasznos tájgazdálkodási folyamatok kibontakozásához és bővítéséhez.²¹⁶

2022-ben szintén Ungvári G. egy Monte-Carlo szimuláción alapuló számszerűsített kockázatszámításokat alkalmaz költség-haszon típusú összehasonlítással az árvízcsúcs-csökkentő tározók használatának esettanulmány elemzésében. Az eredmények azt mutatják, hogy az eredetileg tervezett, 100 éves visszatérési gyakoriságú, a töltések ledöntésével fenyegető árvízhez képest az alacsonyabb árvízszintek már gazdaságilag indokolják a vésztározók használatát. A tározók szabályozott elöntése a zsilipek nyitásának optimális időzítésén túl költség-haszon hatásainak figyelembevételét is megköveteli. A Tisza menti vésztározók ellenőrzött használatának gazdasági döntés-támogató rendszerének kialakítása betekintést nyújt abba, hogy egy megalapozottabb, kvantitatív gazdasági elemzés milyen hatékonyságnövekedést tud nyújtani a kockázatcsökkentésben. Az elemzés feltárja a tározók hatékonyabb kezelésének lehetőségét. A szabályozott elöntések döntéstámogatása minden szükséges információs elemet tartalmaz a hatások ágazatokon átívelő összehasonlíthatóságához, amely minden, természet alapú megoldásokat lehetővé tevő többcélú területgazdálkodás alapját képezi.²¹⁷

Timár G. és társai 2024-es cikkében a térség természeti környezeti viszonyait és a folyószabályozási munkák hatását vizsgálta a táj vízmegtartó képességére. Illetve az intenzív mezőgazdasági művelés talajszerkezetre és talajnedvességre gyakorolt hatását is a 2022-es aszály meteorológiai elemeinek tükrében. A legfontosabb változás, hogy a talaj sokkal kevesebb nedvességet tárol, mint természetes állapotban; ezért a 2022 nyári meteorológiai viszonyok között az evapotranszspirációs kapacitás csökkent. Ennek eredményeként a talaj feletti levegőrétegek alacsony páratartalma már nem elegendő ahhoz, hogy az időjárási frontokkal és a helyi hőáramlással összefüggő nyári záporokat és zivatarokat kiváltsa. Javasolják a terület mintegy ötödét visszaállítani a nagytáblás mezőgazdaság előtti eredeti terület típusba és használatba. Az alacsonyan fekvő területek mozaikszerű tájjá alakítását, a jó

²¹⁶ Ungvári, Gábor. 2022. "Combining Flood Risk Mitigation and Carbon Sequestration to Optimize Sustainable Land Management Schemes: Experiences from the Middle-Section of Hungary's Tisza River" *Land* 11, no. 7: 985. <https://doi.org/10.3390/land11070985>

²¹⁷ Gábor Ungvári, András Kis: Reducing flood risk by effective use of flood-peak polders: A case study of the Tisza River *Journal of Flood Risk Management* Volume15, Issue3 September 2022 e12823 <https://doi.org/10.1111/jfr3.12823>

vzellátottság és párolgási képességgel, illetve az alsó légrétegek párásítása érdekében. Továbbá az intenzív mezőgazdaságból adódó degradált talajszerkezetet javítása kritikus fontosságú a beszivárgás fokozása és a víz tározása, és optimálisabb felhasználása érdekében.²¹⁸

A disszertáció következő fejezeteiben a fenti javaslatok gyakorlati alkalmazásának lehetőségeit, illetve a települési szintű víztudatos és éghajlati rezilienciát növelő intézkedések módszertanát vizsgálom. Ezt már csak a nemzetközi kitekintés fejezete előzi meg.

3.6 Részösszefoglalás az éghajlati sérülékenység okairól (emberi hatásokról), következtetések

Az egyik legfontosabb **következtetése** a kutatásomnak, hogy geológiai, hidrológiai, éghajlati és (történelmi/gazdasági) területhasználat kölcsönhatásának emberi, történelmi és táji időképtékbe helyezése, amely összegzi a kialakult éghajlati sérülékenység csökkentésének halaszthatatlan igényét a vízbiztonságon keresztül.

Rámutatok, hogy amennyiben az éghajlatváltozás komplex környezeti összeomlással fenyeget, akkor a kormány szintű megfogalmazásokban az ökoszisztéma, mint kritikus infrastruktúra fogalmának bevezetése is megfontolandó, a döntéshozói körökben forgó terminológiából adódó hangsúlyok miatt is.²¹⁹

Állítom, hogy domborzati, táji adottságok megújítható (revitalizálható) vagy megőrizhető erőforrásként való értelmezése nem lenne túlzás és jelentősen hozzájárulhatna a fenntarthatóbb tájhasználatához. Hangsúlyozom továbbá, hogy a vegetáció (erdők, gyepek) párologtató kapacitása jelentősen befolyásolja a kisvízkör folyamatokat.

²¹⁸ Timár, G.; Jakab, G.; Székely, B. A Step from Vulnerability to Resilience: Restoring the Landscape Water-Storage Capacity of the Great Hungarian Plain—An Assessment and a Proposal. *Land* **2024**, *13*, 146. <https://doi.org/10.3390/land13020146> <https://www.mdpi.com/2073-445X/13/2/146>

²¹⁹ Lakatos, Boglárka [Kritikus ökoszisztéma-infrastruktúrák és jelentőségük a környezetbiztonságban](#) In: Göcse, István; Padányi, József [Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában : A katonai műszaki tudományok tudományág időszerű kérdései, aktuális tudományos kutatási eredményei - Hallgatói kötet](#) Budapest, Magyarország : Ludovika Egyetemi Kiadó (2023) 295 p. pp. 133-144. , 12 p.

Kiemelem, hogy a támogató, így szabályozó szolgáltatások hangsúlyosabb kezelése közvetlenül fokozza a jól-lét biztonsági elemeit, így a támogató szolgáltatás nagyobb arányú hasznosítása mind a természetes és az épített környezet rugalmasságának és önvédekező képességének fokozását eredményezi.

Hangsúlyozom az talajegészségi összefüggéseket az éghajlati alkalmazkodás vízmegtartási szempontú jelentőségében. Rendszerdinamika szemléletű, de egyszerűsített adat összehasonlítással **ellenőrzöm** a Tisza vízgyűjtőjén kialakult vízhiányos állapotot.

Összegzem a hazai vízkészlet-gazdálkodás hosszú távú éghajlati alkalmazkodásra alapuló vízgazdálkodási koncepciójának jelenlegi elvárásait és nehézségeit. A kompromisszum területenként vízgyűjtőként eltérő mértékű így a szabályozásai és társadalmasítási folyamatok priorizálása is rendkívüli feladat. Az éghajlati alkalmazkodás hazai ágazati viszonyrendszer azonosított, de nem mozduló problémáinak feltárásának eredménye szerint a szakpolitikai javaslatok által nyújtott megoldásokat olyan kikerülhetetlen társadalmi aspektusok nehezítik, mint az általános hibáztatás kultúra, a szakágazatok teljesen különálló működése, a robosztus berendezkedés rugalmatlansága és tanulásra vagy átalakításra való hajlandóság hiánya.

További problémaként azonosítom az alkalmazkodás komplex táji vagy vízgyűjtő szintű kezelésének elvárását az ágazatok különböző működési szintjével:

A vízkormányzás térségi szintű (működése jelenleg helyi vízmegtartási igényekre nem tud azonnal reagálni.) A települési klímaalkalmazkodás helyi szintet határoz meg. Erdő és mezőgazdálkodás szintén helyi szintű. A természetvédelem térségi szintű. Az intézményi kommunikáció sokszor csak a hivatalos engedélyezési folyamatokban merül ki és az egyébként kiváló szakemberek a jogszabályi előírások börtönének rugalmatlan rácsain át próbálják eljuttatni üzenetüket.

Megállapításom a nem cselekvés költségének fennálló rendellenességét a korábban már hivatkozott Stern jelentés alapján. Ebben az ellenőrizetlen éghajlatváltozásból eredő hatásokról és kockázatokról, valamint a leküzdésére irányuló intézkedések költségeiről és lehetőségeiről is értekezik. Kifejti, hogy éghajlati hatásokból eredő károk a GDP legalább 20%-ának felelhetnek meg. Jelen esetben az árvízvédekezés és aszálykár térítés költségeire gondoljunk, továbbá a villámárvíz vis major kereteinek valószínűleg növekvő előfordulására. Ezzel szemben az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését célzó intézkedések költségei az éghajlatváltozás legrosszabb hatásainak elkerülése érdekében évente a globális GDP 1%-át tehetik ki. Országos szintre visszavezetve a jelenleg Magyarországot érintő környezet és víz

sérülékenységből eredő károk GDP% arányáról nincs adatom. Az éghajlati alkalmazkodásra fordított GDP%-arányáról sem. A NATO katonai szövetség védelmi kiadási céljaként például az országok GDP 2%-át jelöli meg 2021-ben. A NATO 2023-as becslései szerint 11 államban, köztük Magyarországon érik el a védelmi kiadások a GDP 2 százalékát. Magyarország körülbelül 2,3%.²²⁰

Rámutatok, hogy annak ellenére, hogy a nemzetbiztonsági szolgálatokról szóló 1995. évi CXXV. törvény sem mondja ki egyértelműen, mi minősül nemzetbiztonsági kockázatnak, és erre vonatkozó egyértelmű felsorolás nem létezik,²²¹ az éghajlati sérülékenységgel kapcsolatos nem cselekvés nem csak környezeti és vízbiztonsági de gyakorlatilag minden ágazat szoros kötődése miatt víz-, élelmiszer és nemzetbiztonsági kockázatnak értelmezhető.

A GDP-nél továbbá mindenképpen megemlítendő, fenntarthatósági aspektusból kikerülhetetlen kritika, hogy a gazdasági jólét mérésére hivatott mérőszám nem vesz figyelembe olyan tényezőket, amelyek nagyban hozzájárulnak az emberek életminőségéhez. A GDP növelésének előtérbe helyezése rombolhat olyan más, életminőséghez hozzájáruló tényezőket, mint a környezet minősége. A fenntartható növekedés érdekében nemcsak a jólét növekedését, hanem a környezeti tőke változatlanlanságát is biztosítanunk kell. Három típusú mutató áll rendelkezésünkre a fenntarthatóság vizsgálatára. A leltártípusú mutatók mérhető jelenségek változását írják le, mint a biokapacitás vagy az ökológiai lábnyom. A kompozit indikátorok a fenntarthatóság különböző dimenzióit (jólét, környezet, társadalom) igyekeznek egy mutatószámmá sűríteni. A GDP-t módosító zöld mutatószámok célja a gazdasági teljesítmény korrigálása más tényezők, legfőképp a környezeti károk figyelembevételével.²²² **Javaslom** tehát a sérülékenység indikátorként való alkalmazását és kalkulációját.

A Kormány, felismerve az önkormányzati védekezés fejlesztésének szükségességét, a vízkárelhárítás és az öntözés hatékonyságának növelését biztosító intézkedésekről szóló 1979/2013. (XII. 23.) Korm. határozatban az árvíz által veszélyeztetett nyílt ártéri települések

²²⁰ Defence Expenditure of NATO Countries (2014-2023) 07 July/juillet 2023 Press Release https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/7/pdf/230707-def-exp-2023-en.pdf (letöltés 2024.13.)

²²¹ Laufer Balázs A nemzetbiztonság veszélyeztetésének megjelenési formái az egyes jogszabályokban NEMZETBIZTONSÁGI SZEMLE 8. évfolyam (2020) 3. szám 3–18. • doi: 10.32561/nsz.2020.3.1 https://real.mtak.hu/123521/1/01_Laufer_3-18_NSZ_2020_3.pdf

²²² Kandrács Csaba – Ritter Renátó Fenntarthatósági mérőszámok – a GDP határai és alternatívái* Hitelintézeti Szemle, 23. évf. 2. szám, 2024. június, 31–55. o. https://zoldpenzugyek.mnb.hu/sw/static/file/20240626_kandrac_s_ritter_fenntarthatosagi_meroszamok_a_gdp_hatarai_es_alternativai.pdf

települési vízkár-elhárítási tervek elkészítését, illetve azok felülvizsgálatát az állami védekezésért felelős vízügyi igazgatási szerv feladatává tette. 2014-ben a *Módszertani segédlet önkormányzati vízkár-elhárítási védekezési tervek elkészítéséhez (2011)*” című kiadvány alapján mintegy 160 település esetében készültek el a dokumentációk.

Javaslom a vízkár-elhárítási védekezési tervek kiegészítése egy vízkockázati megelőzési - intézkedési - tervezéssel.

4. NEMZETKÖZI KITEKINTÉS ÉGHAJLATI ALKALMAZKODÁSI CÉLÚ TERMÉSZET-ALAPÚ MÓDSZEREKRŐL

Az éghajlati alkalmazkodás fejlődése gyakran háttérbe szorul a technológiai alapú innovációkkal szemben, aminek fő oka, hogy ez nem piaci alapú működést igényel, hanem hosszú távú integrált területi, ökoszisztéma szemléletű, kis léptékű, vízgyűjtő szintű tervezést. A természet alapú módszereknek alapja a közösségi együttműködés, a helyben található alapanyagok ésszerű és fenntartható használata. Az ár-érték arány itt is megkerülhetetlen szempont. A klímaadaptív, fenntarthatóságra és minimális ökolábnymra törekvő intézkedések egyik legfőbb egyik legfőbb gazdasági előnye, hogy csökkentik a potenciális károk költségeit. Vagyis az a pénz, amit a megelőzést célzó természetalapú intézkedés megspórol egy állami vagyonkezelőnek, de akár magán tulajdonosoknak is. Jelen bekezdésben a gyakorlatban is megvalósult esettanulmányokat mutatom be, hogy ezután a szakterületi ajánlások beépülését vizsgáljam a nemzeti szintű tervezésbe.

4.1. Szakterületi definíciók

A 2000-es évek óta egyre többször bukkantak fel, különböző elnevezések, de a természetes víz visszatartási eljárások nem nevezhetők új módszernek. Ezek nem feltétlenül szinonimái egymásnak, egyes elnevezések jobban hangsúlyozzák a módszer specifikus célját.

A teljesség igénye nélkül:

- Természetes árvíz menedzsment (Natural Flood Management – NFM)
- Építés a természettel (Building with Nature – BN)
- Készítsünk helyet a víznek (Making Space for Water – MSW)

- Teret a folyónak (Room for the River – RFR); Természet alapú megoldások (Nature Based Solutions – NBS)
- Munka a természetes folyamatokkal (Working with Natural Processes – WNP)
- Természet alapú vízmegtartás (Natural Water Retention Measures – NWRM)

A módszerekben közös, hogy az emberi beavatkozások által jelentősen átalakított vízgyűjtőkön terveznek, vagy ajánlanak lehetséges megoldásokat, melyekkel csökkenthető az árvízi kockázat, az aszály- és a belvíz kockázata, illetve válaszolnak az éghajlatváltozás jelentette kihívásokra is. Az eszközrendszer a vizek visszatartását többek közt a lefolyás csökkentésével, a beszivárgás mértékének növelésével, a folyók szabályozottságának csökkentésével, a meanderező jelleg visszaállításával, a hullámtér növelésével, víztározók és vizenyős területek, úgynevezett vizes élőhelyek (wetland-ek) létesítésével igyekszik elérni. Minden megoldás esetén fontos, hogy a szemlélet lokális beavatkozások esetén is működőképes, nem csak a vízgyűjtő szintű beavatkozások esetében.²²³

Az NWRM intézkedéseket elsősorban a vizes élőhelyek, a talaj és a vízi és víztől függő ökoszisztémák megőrzési képességének növelése, állapotuk javítása érdekében alkalmazzák. Az NWRM intézkedések alkalmazása támogatja a zöld infrastruktúrát, javítja a víztestek mennyiségi állapotát, és csökkenti a sebezhetőségüket az árvizekkel és aszályokkal szemben. Ez kedvezően befolyásolja a víztestek kémiai és ökológiai állapotát a víztestek természetes működésének és az általuk nyújtott szolgáltatások természetes állapotának helyreállításával. A helyreállított ökoszisztémák hozzájárulnak az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodáshoz és annak mérsékléséhez egyaránt.²²⁴

További definíciók pedig a természet és az ember összhangját hangsúlyozzák:

- Óslakos Regeneratív Ökoszisztéma tervezés) (Indigenous Regenerative Ecosystem Design (IRED))

²²³ Murányi Gábor A körkörös gazdasági modell kiaknázása a területi vízgazdálkodásban Hidrológiai Közlöny 2021. 101. évf. 3. szám https://www.researchgate.net/profile/Gabor-Muranyi/publication/355903913_A_korkoros_gazdasagi_modell_kiaknazasa_a_teruleti_vizgazdalkodasbanExploitation_of_the_circular_economy_model_in_territorial_water_management/links/6183a0d7eef53e51e1281ff0/A-koerkoeroes-gazdasagi-model-kia-knazasa-a-terueli-vizgazdalkodasban-Exploitation-of-the-circular-economy-model-in-territorial-water-management.pdf

²²⁴ P.Strosser, G.Delacámara, A.Hanus, H.Williams és N.Jaritt. 2015. Útmutató a vízmegőrzés természetire alapozott módszereinek: kiválasztására, megtervezésére, megvalósításának támogatására Európában: A természetire alapozott megoldások sokrétű hasznának megragadása. Végző változat, 2015 április

- Tradicionális Ökológiai tudás (Traditional Ecological Knowledge (TEK))
- Antropogén Ökoszisztémák (Anthropogenic Ecosystems)
- Tradicionális természeti erőforrás menedzsment (Traditional Resource and Environmental Management (TREM),
- Ökocentrizmus (Ecocentrism)
- Ökoszisztéma alapú alkalmazkodás (ÖSZA)

A biológiai sokféleséggel és éghajlatváltozással foglalkozó szakértői csoport az ökoszisztéma-alapú alkalmazkodást a következőképpen írja le:

„A biológiai sokféleség és az ökoszisztéma-szolgáltatások használata az emberek segítségét célzó átfogó alkalmazkodási stratégia részeként alkalmazkodni az éghajlatváltozás káros hatásaihoz. Célja a rugalmasság fenntartása és növelése, valamint az ökoszisztémák és az emberek sebezhetőségének csökkentése az éghajlat káros hatásaival szemben változás. Az ökoszisztéma alapú alkalmazkodás a legmegfelelőbbben a szélesebb körű éghajlati alkalmazkodást célzó fejlesztési stratégiákba illeszthető.²²⁵

Az ökoszisztéma alapú alkalmazkodás (ÖSZA) világszerte egyre nagyobb teret hódít. Az esettanulmányok és a szakirodalom bebizonyította, hogy az ÖSZA rugalmas, költséghatékony és széles körben alkalmazható megközelítés az éghajlatváltozás hatásainak csökkentésére.²²⁶ Hatványozott előnyei többek között az alábbiakban mutatkoznak meg:

- Az alkalmazkodási és katasztrófakockázat-csökkentési megoldások olyan nemzeti fejlődési stratégiákkal is összhangban vannak, amelyek biztosítják, a természeti erőforrások megőrzését, a fenntartható fejlődés és társadalmi jólét alapvetéseit (WWF, 2013)²²⁷

²²⁵ Lo, V. (2016). Synthesis report on experiences with ecosystem-based approaches to climate change adaptation and disaster risk reduction. Technical Series No.85. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, 106 pages.
https://www.researchgate.net/publication/322993174_Synthesis_Report_on_Experiences_with_Ecosystem-Based_Approaches_to_Climate_Change_Adaptation_and_Disaster_Risk_Reduction [accessed Jun 19 2024].

²²⁶ Munang, Richard & Thiaw, Ibrahim & Alverson, Keith & Liu, Jian & Han, Zhen. (2013). The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. Current Opinion in Environmental Sustainability. 5. 47–52. 10.1016/j.cosust.2013.02.002.
https://www.researchgate.net/publication/257722043_The_role_of_ecosystem_services_in_climate_change_adaptation_and_disaster_risk_reduction

²²⁷ WWF. 2013. Operational Framework for Ecosystem-based Adaptation: Implementing and mainstreaming ecosystem-based adaptation responses in the Greater Mekong Sub-Region.

- Hozzájárul az éghajlatváltozás mérsékléséhez: az erdők, a tengerparti növényzet megőrzésével vagy helyreállításával, vagy a tőzeglápok védelmével, amelyek fokozzák a szénmegkötést. Továbbá az erdőirtás megelőzéséhez, illetve a talajromlás megakadályozásához, ami segít az üvegházhatású gázok további kibocsátásának korlátozásában.
- A közösségek bevonása elősegíti a bizalom és a felelősség kiépítését a megélhetés fenntartása mellett, valamint potenciális üzleti lehetőségek biztosítását.²²⁸

Az ÖSZA összefüggésében kompromisszumok merülhetnek fel, ha egy tevékenység az emberek egy csoportját védi más költségére, vagy előnyben részesít egy adott ökoszisztéma-szolgáltatást egy másikkal szemben. Az ÖSZA bevezetése során felmerülő lehetséges kompromisszumok elemzése kritikus fontosságú a helytelen alkalmazkodás megelőzésében és a hosszú távú együttműködés kialakulásában, mind természeti mind társadalmi mind pedig gazdasági szinten.

4.2. Spanyolország - A folyóvíz és az ökoszisztéma helyreállítása az Arga-Aragón folyók vízgyűjtőjén természet-alapú intézkedések kombinálásával.²²⁹

Az Arga és Aragón folyók természeti erőforrásai megszenvedték az elmúlt évtizedekben a gazdasági növekedés és a demográfiai következmények változás. A beépíthető területeket a folyók kanyarulatok átvágásával és a növényzetének egy részének eltávolításával nyerték. Gátak és hullámtörők mentén védművek épültek a mezőgazdasági és erdőgazdasági ültetvények védelmére a folyók ártereiben és város védelmére csatornázták a hullámteret. Az árvizek azonban továbbra is problémát jelentettek az önkormányzatok számára.

http://awsassets.panda.org/downloads/wwf_wb_eba_project_2014_gms_ecosystem_based_adaptation_general_framework.pdf

²²⁸ Naumann, S., Anzaldúa, G., Berry, P., Burch, S., Davis, M., Frelih-Larsen, A., Gerdes, H. and M. Sanders. 2011. Assessment of the potential of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and mitigation in Europe. Final report to the European Commission, DG Environment, Contract no. 070307/2010/580412/ SER/B2, Ecologic institute and Environmental Change Institute, Oxford University Centre for the Environment. <https://www.ecologic.eu/17774>
https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2022/2345_EbA_EBM_CC_FinalReport_23Nov2011.pdf

²²⁹ https://www.nwrm.eu/sites/default/files/case_studies_research/cs-es-01-final_version.pdf

30. ábra Beavatkozási terület Spanyolország 1956 to 2012



Source: Government of Navarre in Magdaleno, 2014 (on the basis of SITNA)²³⁰

Az 1956-os térkép kivágoton látható az eredeti ártér, a kanyarulat levágásával és a terület mező/erdőgazdasági hasznosítása pedig a 2012-es képen.

A hullámtér visszaállítása és ártéri rehabilitációs beavatkozások célja a természetes folyami ökoszisztémák helyreállítása, biológiai sokféleség csökkenésének megállítása, növelése, illetve árvíz kockázat csökkentése az árterek helyreállításával, hogy el tudják látni a fő funkciójukat, és a tájban oszlassák majd tárolják a vizet. A holtág visszacsatolása pedig az ökológiai állapotának javítását, továbbá sekély árterek, illetve állandó vízborítású területen létrehozását célozza, ahol az és őshonos fajok telepítése megtörténhet.

A projekt Európa Uniós forrásból és az Agrárminisztérium, illetve a környezetvédelmi minisztérium forrásával kiegészülve készült összesen 6,323,807 millió euróból.

²³⁰ <http://sitna.navarra.es/geoportal/?lang=&lg=en>)
https://www.nwrm.eu/sites/default/files/case_studies_research/cs-es-01-final_version.pdf

31. ábra Egy 2007-es árvíz pusztítása



32. ábra Mesterséges gátak eltávolítása



Forrás: Government of Navarre in Magdaleno, 2014²³¹

4.3. Németország- Ártéri rehabilitáció és folyó revitalizálás

33. ábra Ártér helyreállítás Ruhr folyón, Oeventrop mellett



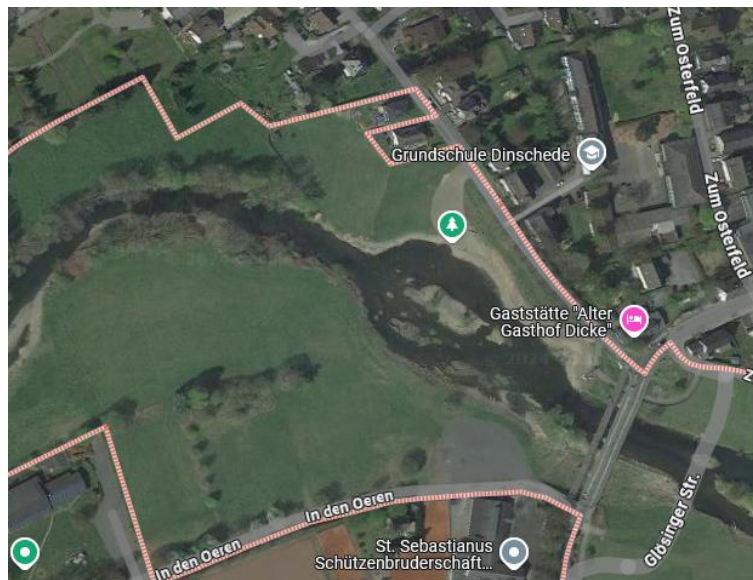
Forrás: <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/water/rivers/river-restoration-start#--2>

A kép közvetlenül a 2018-as ártér helyreállítási munkák befejezése után készült. A természetalapú módszerek tájformáló elemként javítják az életminőséget a városi és vidéki területeken, csökkentik az árvíz kockázatát a tovább felhasználók számára, számos növény- és állatfajnak biztosítanak élőhelyet, támogatják a környezetre káros anyagok (pl. szennyvíz, műtrágya) lebontását, hozzájárulnak a globális éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodáshoz.²³²

²³¹ https://www.nwrm.eu/sites/default/files/case_studies_ressources/cs-es-01-final_version.pdf

²³² <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/water/rivers/river-restoration-start#--2>

34. ábra Oeventrop Németország 2025 január, Google map kivágat



Forrás: Google map, szerző saját szerkesztése

A sok helyen rehabilitált Wuemme folyó jelenleg ökológiai folyosóként funkcionál egy kultúrtájban. A partmenti pufferzónák és ártéri erők és cserjesor segíti az átmenetet a mezőgazdasági területek és a folyó között szűrve ezzel a tápanyagterhelést.

35. ábra Ökológiai folyosóvá előléptetett Wuemme folyó



Forrás: <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/water/rivers/river-restoration-start#undefined> , Wolfgang Kundel (terra air services) Landkreis Verden

4.4. Amerikai Egyesült Államok - Klíma Reziliens ártéri fejlesztések, okos város a folyó mellett

A coloradói Fort Collinsban egymillió négyzetméternyi kereskedelmi, kiskereskedelmi, irodai és gyártólétesítmény létesült. Mindez egy 500 éves árvízi visszatérési ártéren, ahol a 100 éves visszatérés elöntési kockázat terület $\frac{2}{3}$ -át érinti. Ezek az árvizek már sokkal gyakoribbak.²³³

A fejlesztési terület egy elhagyott golfpálya, amelyet mesterségesen feltöltöttek és megemeltek, hogy csökkentsék a helyszíni áradások kárát. Ennek később nem várt következményeként az elterelt csatorna felgyorsult vízjárása növelte a part menti eróziót és az árvíz kár kockázatát. Mivel Fort Collinsnak már volt tapasztalata a veszélyes árvizekkel kapcsolatban, a város vezetői az éghajlati előrejelzésekre és a korábbi áradások gyakoriságára tekintettel klíma reziliens megoldást keresték.

Olyan kezelési stratégiát dolgoztak ki, amely lehetővé tette a folyó szabadabb mozgását természetes áradások idején anélkül, hogy károsítaná a helyszín fontos infrastruktúráját. Az épületeket alapozását megemelték. A Cache la Poudre folyó és annak árterének visszacsatolásához 31 hektárról – nagyjából a terület egyharmadáról – eltávolították a feltöltést, és az infrastruktúra és az épületek kiépítésére használták fel. Később ez a folyó menti lesüllyedt területeket elárasztja majd a víz, elősegítve a vizes élőhelyek, vizes rétek és őshonos vegetáció megtelepedését is, amelyek a golfpálya építésekor elvesztek.

²³³ <https://toolkit.climate.gov/case-studies/building-smart-floodplain> a cikk utolsó módosítása (Last modified: 10 May 2024 - 12:00pm) Az US Climate Resilience Toolkit egy olyan webhely, amelynek célja, hogy segítsen az embereknek eszközöket, információkat és szakértelmet találni és használni az éghajlatváltozással szembeni ellenálló képesség kialakításához. Az Eszköztár egyetlen könnyen használható helyen kínál információkat az Egyesült Államok szövetségi kormányának egész területéről.

<https://www.youtube.com/watch?v=2PaZr8-UmTM>

36. ábra Woodward fejlesztési terv Fort Collins floodplain.

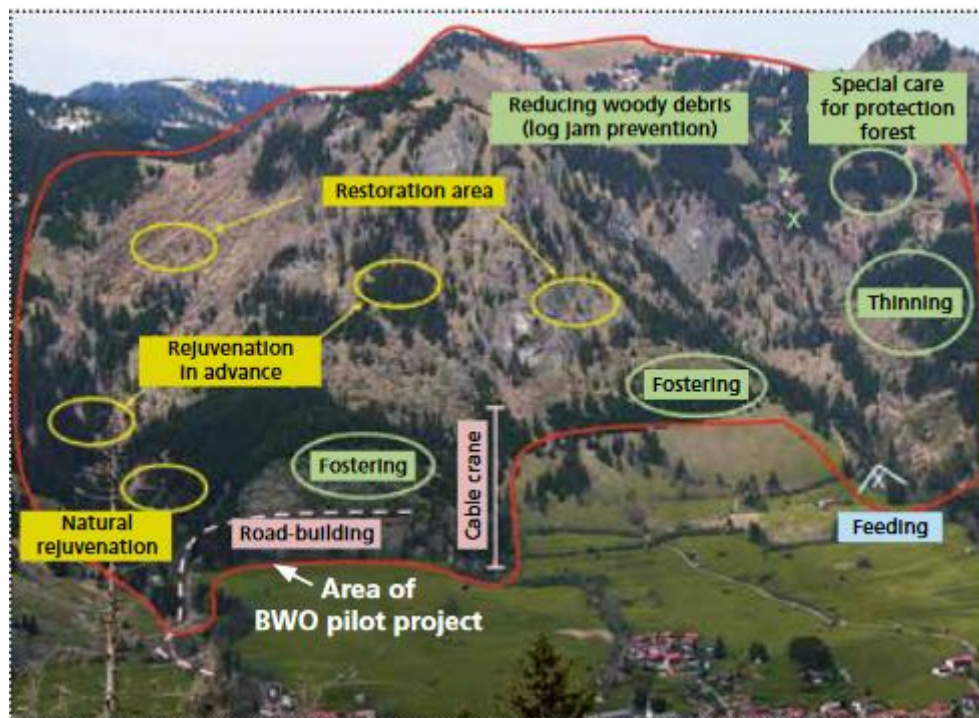


Forrás: City of Fort Collins, Colorado, <https://toolkit.climate.gov/case-studies/building-smart-floodplain>

4.5. Svájc Alpok - földcsuszamlás, villámárvíz katasztrófa megelőzés

Az Alpokban zajló katasztrófakockázat-csökkentési programra a svájci kormány évente több mint 120 millió dollárt költ. Védőerdőinek kezeléséhez egyensúlyt alakít ki a fiatal és öreg fák között, valamint a fajok keverékével érik el, hogy az erdők egészségesek és erősek maradjanak. A kormány kezeli a védőerdőket akkor is, ha azok magántulajdonban vannak. Egyes esetekben az önkormányzat akár anyagilag is kompenzálja a tulajdonosokat abban az esetben, ha a fakitermelésből bevételkiesést szenvednek el. A helyiek inkább az erdőket részesítik előnyben mivel ezek egyben kikapcsolódási lehetőséget is biztosítanak, esztétikusabbak és kevésbé tűnnek fenyegetőnek, mint a lavinagátak vagy a sziklahálók. A védőerdőket 50-100 évre tervezik. Az erdők fenntartására irányuló lakossági hajlandóságon, számos tudományos tanulmányon, erdő kezelési irányelvek és költség-haszon elemzések mutatják, hogy a védőerdők 5-10-szer kevesebbe kerülnek mint a szürke infrastruktúra szerkezetek.

37. ábra Példa a védőerdők funkcionalitásának fenntartására és javítására
(Bergwaldoffensive, BWO) Bajorország - Németország



Forrás: 118, 44. oldal (Platform on Natural Hazards of the Alpine Convention (PLANALP) 2013).²³⁴

4.6 Hód menedzsment

A hód jelenlétének vízgazdálkodási és természetvédelmi szempontból kedvező hatását kihasználva sok helyen már tudatosan alkalmazzák őket tájrehabilitációhoz és folyó revitalizálásához.

Az USA délnyugati, súlyosan aszályos klímájú államaiban a 2018-as vegetációs tüzeket tanulmányozva tűnt fel a NASA kutatóinak a hód-ökoszisztéma rendkívüli hatékonysága a tüzek kártételeinek mérséklésében. Az MIT mérnökei már jóval korábban felismerték a hód mérnöki tevékenységében rejlő lehetőségeket. A tűz sújtotta területen kirajzolódó “megmenekült foltok” azokat a helyeket mutatták, ahol korábban a terület gazdája részt vett a hódtelepítési programban.

²³⁴ Andreas Pichler presentation, Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management: Alpine Strategy for Adaptation to Climate Change in the Field of Natural Hazards https://www.alpconv.org/fileadmin/user_upload/downloads/downloads_en/2_organisation_en/organisation_thematic_working_bodies_en/Natural_Hazards_Platform_-_PLANALP_Public_Workshop_on_Water_and_risk_management_facing_climate_change_towards_the_local_adaptation/Pichler2.pdf

A hód-ökoszisztéma széleskörű előnyeinek - aszály és árvízvédelem, felszíni és felszín alatti vizek minőségi és mennyiségi védelme, mikroklima szabályozása, szén megkötése, biológiai sokféleség támogatása az élőhely kialakításával - hatékony, olcsó és önfenntartó módszer. A hód ingyenesen nyújt olyan ökoszisztéma szolgáltatásokat, mint klímaszabályozás, turisztikai lehetőségek, árvízcsúcs-csökkentés, lefolyás lassítás, vízminőség szabályozás. Az alsó és felső-Tápió mentén élő hódok mintegy 60 db gátjának köszönhető időszakos vízborítású területek, amelyek a 2022-es aszály során jól megfigyelhetően ezeken a szakaszokon maradt meg a legtovább a víz és a korábban vízzel borított területen maradtak a leghosszabb ideig zöldek.²³⁵

4.7 Részösszefoglalás az esettanulmányokról

Kritikaként elhangzik hasonló projektekkel, hogy honnan tudni, hogy tényleg működnek. A területek monitoringjára rendszerint már nem jut forrás ugyanis. Így szeretnék **rámutatni**, hogy mielőtt a monitoring adatszükségletét meghatároznánk figyelembe kell venni, hogy az ökoszisztéma alapú projektek sikeressége nem mindig egyetlen konkrét célértékben mérhető, hanem inkább hosszabb távú folyamatokban mutatkozik meg. Egyrésről azért sem mert nem tudhatjuk mi volt az őszállapot, másrésről mert ez egy konzervációbiológia módszer, ami nem javasolt minden területen. A kis költségvetésű, szakembereket, civileket és helyi közösségeket is foglalkoztató projektek értékeinek monetáris becslése torzító lehet. Ettől függetlenül jó

²³⁵ Juhász Erika, Tóth Zsolt, Kanizsay Borbála: A Hódok szerepe a vízgazdálkodásban A természetes és természet-alapú megoldásokkal megvalósuló táji szintű vízvisszatartás Erdészeti Lapok CLIX. évf. 12.szám 2024 december

néhány kutatás képes volt számokkal is bizonyítani a természet-alapú módszerek sikerét (lásd 3.3.1).

Megállapítom továbbá, hogy nehézséget jelent a természet-alapú táj és környezetgazdálkodás alkalmazásában, hogy komoly társadalmi elfogadottsági szintet kell elérnie a valóban fenntartható működéshez. Egy-egy kezdeményezés megvalósulása gyakran elmaradhat bizonytalanság érzése miatt, illetve a főleg közép- hosszú távon megtérülő jellege miatt. Például a közkiadások döntéshozóinál joggal merül fel az igény a korábbi, ugyan elavult és nem fenntartható technokrata jellegű, de biztosan megvalósuló és adott idő alatt elkészülő, felmutatható és kommunikálható eredményként.²³⁶

Illetve **állítom,** hogy ennek az előkészítő, akár évekig tartó közösség-szervező munkának az értékét nem számolják az esettanulmányokat készítőik. Sőt a pályázati források elvárásai a fizikai beruházást finanszírozzák nagy részben és kis részben az emberi erőforrást, miközben a kisléptékű természet-alapú intézkedések aránya ennek épp a fordítottját mutatja.

5. ÖKOSZISZTÉMA SZOLGÁLTATÁSOK EVOLÚCIÓJA A VÍZGYŰJTŐ- GAZDÁLKODÁSI TERVEKBEN AZ ASZÁLYBIZTONSÁGÉRT (A HELY BIZTOSÍTÁSA A VÍZNEK AZ ÁRTÉREN KÍVÜL)

A Millenium Ecosystem Assessment (MEA) 2005 ben jelent meg így 20 éve szolgál tudományos alappal olyan a környezetbiztonsági kérdésekhez, amelyek az árvíz, aszály, villámárvíz ok-okozatát és az ezekre a jövőben adandó válaszokat vizsgálják. Egy 2000-es észak kínai ökoszisztéma szolgáltatások és fenntartható vízgazdálkodás témájú konferencia (Ecosystem Service and Sustainable Watershed Management in North China International Conference, Beijing, P.R. China, August 23 - 25, 2000 Edward MALTBY)²³⁷ összefoglalójában hasonlították össze a definíciókat az ökoszisztéma szolgáltatásokról.

²³⁶ Szilágyi Sándor II. Vízválasztó konferencia tapasztalatai alapján 2025 01.10.

²³⁷ https://www.academia.edu/25189766/Ecosystem_approach_From_principle_to_practice

Definition (1995) The ecosystem approach is a method for sustaining or restoring natural systems and their functions and values. It is goal driven, and is based on a collaboratively developed vision of desired future conditions that integrates ecological, economic and social factors. It is applied within a geographic framework defined primarily by ecological boundaries. (<i>Report of the Interagency Ecosystem Management Task Force, 1995</i>)	Description (1998) The ecosystem approach is based on the application of appropriate scientific methodologies focused on levels of biological organisation that encompasses the essential processes and interactions among organisations and their environment. The ecosystem approach recognises that humans are an integral component of ecosystems. (<i>Report of the Workshop on the Ecosystem Approach, Lilongwe, Malawi, 1998</i>)
---	--

☐

Az ökoszisztéma megközelítés egy módszer a természeti rendszerek és azok funkcióinak és értékeinek fenntartása vagy helyreállítása Célvezérelt és közösségi megegyezéssel kifejlesztett jövőbeni állapotot céloz, amely integrálja az ökológiai, gazdasági és társadalmi tényezőket. Mindezt egy földrajzilag meghatározott keretben alkalmazzák elsősorban ökológiai határok mentén. (Szerző saját fordítása.)	Az ökoszisztéma megközelítés azon a megfelelő tudományos alkalmazáson alapul, amely azokon a biológiai szinteken összpontosuló folyamatokon alapul, amely magában foglalja a nélkülözhetetlen folyamatokat és kölcsönhatásokat a szervezetek és környezetek között. Az ökoszisztéma megközelítés elismeri, hogy az ember az integráns ökoszisztémák összetevője. (Szerző saját fordítása.)
---	---

☐

Az élelmiszer és környezetbiztonsági kockázatokra a természeti rendszerekbe integrált haszonvétel a kulcs. A jelenlegi emberközpontú élet és környezet szervezési folyamatot a fenti 1998-as definíció szerint és a legújabb kutatások szerint is a természeti folyamatokkal együtt dolgozva, az élőhely kiterjesztése, az emberközpontú szemlélet decentralizálása, generációkra/hosszútávra tervezés alapelvei mentén fenntarthatóbbá, biztonságosabbá, rezilienssé válhatna a környezetünk és az életünk.

5.1 Probléma: Aszálykockázat jövőbeni növekedésére

Az éghajlatváltozás Kárpát-medenceit hatásai fejezetben hivatkozott 2023-as éghajlatváltozás várható hatásának integrált, modell alapú becslése a Felső-Tisza vízjárására című vizsgálat eredményeit szerint jelölöm meg a probléma tudományos alapját:²³⁸

„CARPATCLIM-mel meghajtott DIWA szimuláció megbízhatónak eredményeként kapott vízhozam értékek alapján, Tisza- becsre vonatkozóan megállapították, hogy a **napi középvízhozamok** éves átlagát tekintve a jövőben annak **csökkenésére** számíthatunk a vizsgált területen, ami a vízgyűjtőn az **éves lefolyás csökkenését** jelenti.

²³⁸ ua:¹⁰⁰ (Kis Anna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit, Szabó János Adolf: Az éghajlatváltozás várható hatásának integrált, modell alapú becslése a Felső-Tisza vízjárására, a bizonytalanság számszerűsítésével Hidrológiai Közlemény 2023. 103. évf. 4. szám DOI: <https://doi.org/10.59258/hk.13172>)

...A középvízhozamok éves változása a XXI. század közepén még kisebb mértékű, sőt egyes szimulációk növekedést mutatnak a historikus időszakhoz képest, azonban a szimulációk átlaga **egyértelmű csökkenést jelez**. A XXI. század végére még hangsúlyosabb ez a tendencia.

...A közelebbi jövőben ~30% a becsült csökkenés, de a XXI. század végére augusztusban a 60%-ot is meghaladhatja a változás mértéke, továbbá júliusban és szeptemberben is jelentős a csökkenés

...A napi középvízhozamok elemzése során kapott eredményeink szinkronban vannak a vízgyűjtőre becsült jövőbeli éghajlati viszonyokkal: jól megfigyelhető a nyári csapadékmennyiség csökkenésének, valamint az általános hőmérséklet emelkedésnek a következménye”

Az Európai Unió a rendszerszemléletű tervezést szorgalmazza a vízgazdálkodás terén, ezen belül is kifejezetten a természetre alapozott megoldásokat. Környezetpolitikája 2000-ben a Víz Keretirányelvvel (VKI)²³⁹ határozta meg azt az irányt, melyet a tagországoktól elvár. Ebben a vízi ökoszisztémák védelme és állapotának javítása, valamint a fenntartható vízhasználat előmozdítása érdekében a VKI a VGT és intézkedési programok elfogadását irányozza elő. Bár az ökoszisztéma szolgáltatások fogalmát nem említik közvetlenül, a VKI egyértelműen támogatja az ökoszisztémák védelmét a vízkészletek hosszú távú elérhetőségének és bár itt még „csak” a vízi ökoszisztémák előnyeinek biztosítása érdekében. Mára a jó állapotnak való megfelelés és az ökológiai szemlélet tovább fejlődött, melyet az olyan új kifejezések hazai megjelenése is alátámaszt,

- integrált vízgazdálkodás (*Szilágyi 2018*),
- adaptív vízgazdálkodás (*Bíró 2017*),
- vagy a szakértők és a magyar tudományos közösség számos szereplője által is fontosnak tekintett – tájszemléletű vízgazdálkodás, amely ezen a néven először a Magyar Tudományos Akadémia Nemzeti Víz tudományi Kutatási Program kihívásai és feladatai címet viselő tudományos stratégiájában (*MTA 2018*) jelent meg először, mint hivatalosan elismert szemlélet.

A korábbi fejezetek következtetéseiből levezetve a kiindulópont víz és vízgazdálkodás az éghajlati alkalmazkodási hatás potenciálja. Az 1.6. fejezetben kifejtett strukturális felépítés

²³⁹ Az Európai Parlament és a Tanács [2000/60/EK](#) irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról

szerinti első lépéseként a jelenlegi éghajlati szélsőségek által megnövekedett biztonsági kockázatok miatt az éghajlati alkalmazkodásnak irányt mutató ökoszisztéma szemlélet/elmélet gyakorlati beépülésének elemzését végeztem.

5.2. Kutatás célja, kérdés, hipotézis

Az kutatás célja az aszálykockázat jövőbeni növekedésére reagáló alkalmazkodási intézkedések vizsgálata, (C1) tehát az ökoszisztéma szolgáltatás szemléletbeli megjelenésének és fejlődésének vizsgálata a vízgyűjtő-gazdálkodási tervekben. A kérdés (K1.), hogy hol és hogyan épül be az ökoszisztéma szemlélet a vízgazdálkodási gyakorlatba? Hipotézisként (H 1.) feltételezem, hogy az ökoszisztéma szemlélet hangsúlyosabb megjelenése a VGT-ben elősegíti az éghajlati alkalmazkodás folyamatát.

5.3. Anyag és módszer

- I. A Víz Keretirányelv alapján elkészült Vízgyűjtő-Gazdálkodási Tervek (éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásra vonatkozó fejezeteinek) vizsgálata.

A VKI szerinti 6 évente felülvizsgálatra kerülő így eddig három megjelent Vízgyűjtő-Gazdálkodási Tervben (VGT), ezen belül is az éghajlatváltozásra vonatkozó fejezetekben (VGT 2009, VGT 2016, VGT 2021) vizsgáltam az ökoszisztéma koncepció megjelenését az intézkedésekben, terminológiája fejlődését, illetve a különböző szolgáltatási szintek elkülönülését és hangsúlyát. Az elemzésnél a Vízgyűjtő-Gazdálkodási Tervekről készült Stratégiai Környezeti Vizsgálatban (SKV) megállapított következtetéseket is figyelembe vettem.

- II. Öt európai Vízgyűjtő-Gazdálkodási Terv összehasonlítása az ökoszisztéma koncepciót vizsgálva

További összehasonlítás tárgya pedig az ökoszisztéma szolgáltatások koncepcióit és megközelítéseit jelenleg hogyan használják az EU Víz Keretirányelvéhez (WFD) kidolgozott vízgyűjtő-gazdálkodási tervek (River Basin Management Plan) alkalmazása során európai vízgyűjtőkön. Az európai vízgyűjtők vízgyűjtő-gazdálkodási terveinek vizsgálatához *Grizzetti 2016b*²⁴⁰ kutatásának részeredményeit használok fel.

²⁴⁰ Grizzetti, B., Lanzanova, D., Liquete, C., Reynaud, A., Cardoso, A.C., (2016a). Assessing water ecosystem services for water resource management Environmental Science & Policy 61 (2016) 194-203

Előzmény:

Az Európai Környezeti Ügynökség térképezési és ökoszisztéma szolgáltatás értékelési programjainak (Mapping Europe's ecosystems – MAES 2022)²⁴¹ az volt a célja, hogy az irányelv alkotást támogatni képes információ bázis és indikátor rendszer legyen elérhető arról, hogy a természet egy adott állapotához milyen társadalmi értékek és érdekek kapcsolódnak, a természeti állapotban egy beavatkozás milyen hatásláncolattal okoz változást. Azonban a széleskörű és részletes állapot leírás, leltározás során, mint pl. az ökoszisztéma-szolgáltatások közös nemzetközi osztályozása (Common International Classification of Ecosystem Services²⁴²) vagyis a (CICES 2022) kétségtelen eredményei ellenére, pont a visszacsatolásokon alapuló dinamika nem mutatkozott meg. Így a sok-sok bevezetett indikátor ellenére az ökológiai szolgáltatások mögött meghúzódó folyamatok dinamikájának megragadásához nem nyújt jól alkalmazható fogódzókat. Ez alapvetően a készlet jellegű, egyfajta tőkeként értelmezhető természeti folyamatok és a belőlük táplálkozó, közvetlenül szolgáltatásként értelmezhető, hozamok csoportosításában és indikátoraik meghatározásában látható. Abban a megközelítések egyöntetűek, hogy a közvetlenül hasznosított ökoszisztéma szolgáltatások lehetősége, összetettsége és volumene egy természeti tőke készleten alapulnak, ahogy azt a szemléletmódot kialakító alapcikkek szerzői is megfogalmazzák. A különbség az ökoszisztéma szolgáltatásokat lehetővé tevő természeti tőke jellemzőinek leírásában mutatkozik. A MEA eredeti csoportosításban ez a készlet, mint „Támogató” ökoszisztéma csoport jelenik meg. A TEEB (2010)²⁴³ esetében az elnevezés „Élőhely szolgáltatások” -ra módosul. Az Európai Környezeti ügynökség *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services – MAES (2013)* programja a 30. ábrán látható csoportosítást készítette.

38. ábra A természeti tőke összetevői és az ökoszisztéma tőke azonosítása (MAES 2013²⁴⁴). Az ökoszisztéma tőke lehatárolása (az ökoszisztéma-tőke a szerzők általi lehatárolásával).

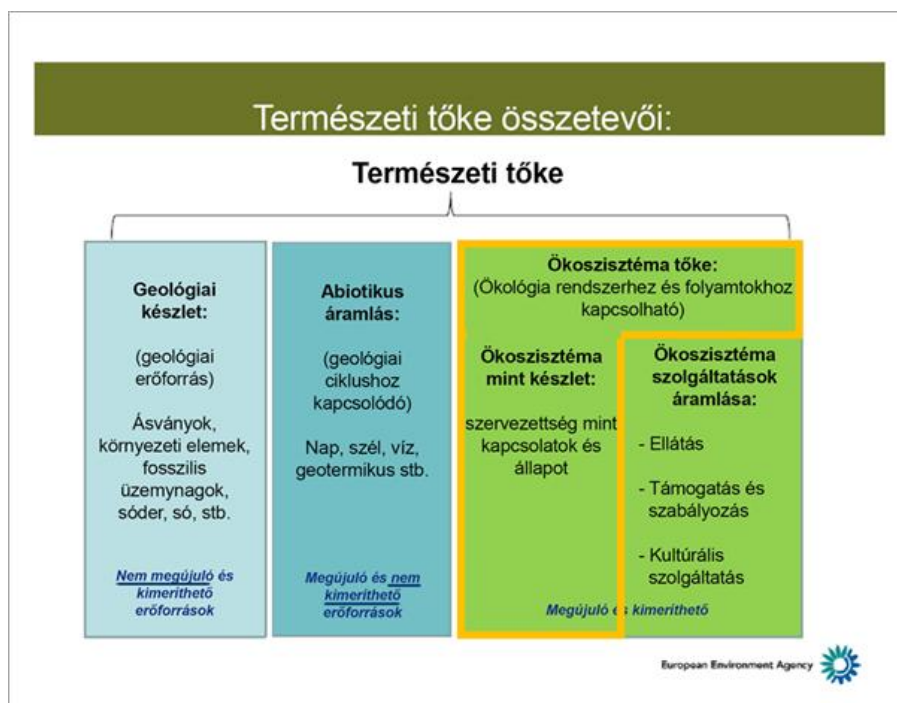
<https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2016.04.008>

²⁴¹ Mapping Europe's ecosystems – MAES 2019 ISBN 978-92-9480-053-4
<https://www.eea.europa.eu/themes/biodiversity/mapping-europes-ecosystems>

²⁴² Európai Környezeti Ügynökség Haines-Young, R. and M.B. Potschin (2018): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure.
www.cices.eu

²⁴³ TEEB (2010), The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan: London and Washington. <https://teebweb.org/publications/teeb-for-research-and-academia/>

²⁴⁴ Maes, J. et al., 2013, Mapping and assessment of ecosystems and their services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [ISBN 978-92-76-17833-0 \(online\)](https://doi.org/10.2760/69147)



Forrás: O. Lakatos Boglárka, Ungvári Gábor EEA alapján²⁴⁵

Ebben egyrészt elkülönülnek a természeti tőkén belül az abiotikus folyamatoktól az élő rendszerek, amelyek szervezettsége, összetettsége és volumene így önálló minőségként jelenik meg. Ugyanakkor ebben a csoportosításban a „Támogató ökoszisztéma szolgáltatások” csoportja elveszti az ökoszisztéma szolgáltatásokon belüli tőke szemléletű értelmezését és mint készlet csak egy része az ökoszisztéma tőkének, mivel ez utóbbi fogalomba beleértik az ökoszisztéma szolgáltatásoknak az 26. ábrán látható teljes spektrumát is. Ennek a mindent elemet magába foglaló tőkének a jellemzésére pedig a biodiverzitás mértékét veszik alap indikátornak. Ez a minden elemet magába foglaló ökoszisztéma tőke értelmezés ugyanakkor ellentmond az alapkoncepciónak. A vízgazdálkodási kérdések illesztése szempontjából az a célravezető szemlélet, ha a MEA „Támogató ökoszisztéma” csoportját tekintjük az ökoszisztéma tőkének (az 26. ábra bal oldali doboza és a 30. ábrán lehatárolt elemek), amelyből a többi ökoszisztéma szolgáltatás csoport származtatható.²⁴⁶

²⁴⁵ O. Lakatos Boglárka - Ungvári Gábor: Ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója a vízgazdálkodásban . - In: Hidrológiai közlöny, ISSN 0018-1323 , 2022. (102. évf.), 3. sz., 4-19. p.

²⁴⁶ Ungvári Gábor – Molnár Zsolt – Varga György – David Ellison: *Ökoszisztéma szolgáltatások nagyságrendi becslése vízgyűjtő szinten a vízkörforgást leíró vízháztartási jellemzők alapján*. Budapest, Műhelytanulmány Regionális Energiagazdálkodási Kutatóközpont, 2012.

5.4. Eredmények

Az eredménynek az O. Lakatos Boglárka, Ungvári Gábor: Ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója a vízgazdálkodásban című publikációban közzétük a 2022 es Hidrológia Közlöny 102 évfolyam 3. számában.

I. A VKI alapján elkészült Vízyűjtő-Gazdálkodási Tervek vizsgálata.

A vizsgálatot összefoglaló eredménytáblázat (8. táblázat) bemutatja a hazai VGT ökoszisztéma evolúcióját és jelenlegi állását.

8. táblázat Az ökoszisztéma koncepció vizsgálata a Vízyűjtő Gazdálkodási Tervek éghajlatváltozásra vonatkozó részeiben - Saját szerkesztés

Ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója a VGT Éghajlatváltozásra vonatkozó részeiben	VGT 2010 „A Duna-vízgyűjtő magyarországi része VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERV” dokumentumának összefoglaló, rövidített változata 2009	VGT 2016 A Duna-vízgyűjtő magyarországi része VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERV - 2015	VGT 2021 A Duna-vízgyűjtő magyarországi része/ MAGYARORSZÁG VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERVE – 2021 TERVEZET /
Koncepció megjelenése, hangsúlya általánosan.	A vonatkozó fejezetben (118.o. 11.2) Az éghajlatváltozásról általános leírást ad az összesen négy oldalas fejezet. Az tervben az Intézkedési Programon kívül helyezkedik el. Az ökoszisztéma koncepció terminológiája a fejezetben az ökológiai szempontok érvényesítéseként jelenik meg. A fenntartható vízhasználatok a vizek mennyiségi védelme érdekében külön fejezetben is szerepel, melyben a tájban tárolt víz és a környező ökoszisztémák védelme is kifejtésre kerül.	A vonatkozó fejezetben (604-612. oldal) Ebben a tervezésben az intézkedési javaslatok programon belül helyezkedik el az éghajlatváltozás témaköre. Az intézkedések az alapproblémára reagálva horizontálisan illeszkednek a terheléseket kezelő csomagban. Szinergiát javasol a kapcsolódó Operatív Programokkal és stratégiákkal is.	Az ökoszisztéma koncepció és az az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást elősegítő intézkedések a tervben mitigációs és adaptációs jellegűek, közvetlen és közvetett hatásuk szerint csoportosították. Összesen több, mint 98 intézkedés irányul kifejezetten az ökoszisztéma szolgáltatások működésének támogatására: nyílt ártér, hullámtér bővítés, művelési ág váltás, erózió és a lefolyás csökkentése erdőterületeken, a jó erdőgazdálkodási gyakorlat részeként.
Az egyedi ökoszisztéma szolgáltatások feltárára kerülnek?	A tervezési dokumentum több száz intézkedése egy célra összpontosít, a VKI által megfogalmazott és a tervben vállalt általános célkitűzések elérésére, nem mutatja be azokat a részcélokat, amelyek teljesítése, teljesülése az egyes környezeti célkitűzések eléréséhez vezet	A VKI követelményeken túl a hazai célokhoz és részcélokhoz tartozó indikátorok hiánya jelzi, az egyedi ökoszisztémák alulvizsgáltságát ebben a tervezési periódusban.	A vonatkozó fejezetben (583.o-593) az ökoszisztéma szolgáltatások egyedileg és összességében egymáshoz viszonyítottan nem jelennek meg. Az intézkedések elősegítő jellegét az SKV is a jó gyakorlatok disszeminálásával javasolja fokozni.

Megkülönbözteti, hangsúlyozza-e a VGT az ökoszisztéma különböző szintjeit (támogató, ellátó, szabályozó, kulturális)?	A víztest ökológiai hálózatban betöltött szerepének, illetve az intézkedés ökológiai rendszerre gyakorolt hatásának jelentőségének meghatározása nem jelenik meg (SVV)	A vonatkozó fejezetben (605. oldal) külön nem kerül említésre, általában véve vett főleg ártéri, árvíz kockázat csökkentésre és vízmegtartásra irányuló ökoszisztéma állapotjavítást tartalmaz, nem differenciálja hatásait az intézkedéseket például ráfordítás-helyi haszon alapján, ami a megfelelő területhasználatot segíthetné elő az időszakos elöntéseknél például.	Az intézkedések mitigációs adaptációs hatásuk szerint különböznek el, egymáshoz képest nem súlyozva. Az intézkedési csomagok nem az ökoszisztéma szolgáltatások egymásra hatásának és a helyi adottságok alkotta egyedi ökoszisztéma szolgáltatások, hanem az emberi tevékenységek környezetre gyakorolt hatása alapján készülnek el a javasolt beavatkozási vagy csökkentési intézkedések. Ettől az ökoszisztéma szolgáltatások különböző szintjeit még megfelelően támogatja, de az arányokra és a későbbi haszonvételi lehetőségre nem tér ki a terv.
--	---	--	--

II. Az európai Vízügy- és vízgazdálkodási terv ökoszisztéma koncepciót vizsgálatának eredményét a 9. ábra összegzi.

9. táblázat Öt európai Vízügy- és vízgazdálkodási terv összehasonlítása az ökoszisztéma koncepciót vizsgálva

	VGT 2010-2015	VGT 2016-2021	VGT 2022-2027
Magyarország	A terv a VKI által elvárt célértékre támaszkodóan határozza meg az intézkedéseket. A cél a jó állapot elérése, Terminológiájára nem az ökoszisztéma, hanem az ökológiai állapot a jellemzően használt.	A javasolt intézkedések az ökoszisztémákat és szolgáltatásaikat horizontálisan beépülve támogatják. A terv a VKI előírásának és a hidrológiai szélsőségek elleni védekezés a fő hangsúlya. Az Országos Vízügy- és vízgazdálkodási Terv Stratégiai Környezeti Vizsgálata részletesen foglalkozik az ökoszisztéma szolgáltatásokat érintő további részletezés és kutatás jelentőségével.	Az ökoszisztéma koncepció mélyebb értelmezést kap és irányadó az intézkedések között. Az intézkedések száma az előző tervekhez képest kimagasló. A gyakorlati megvalósítás részletesebb és hangsúlyosabb útmutatása fejlesztendő.

Olaszország	A terv 4 fő pillérjének egyike az ökoszisztéma szolgáltatás. A második VGT-hez készült útmutató kimutatta, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások pillér nem jutott elég finanszírozási alaphoz az első ciklusban, továbbá hiányos az ökoszisztéma szolgáltatásokat gazdaságilag értékelő tudományos, módszertan és aránytalanok a költségei.	A terv megerősíti a korábbiiban lefektetett 4 pillért, de további részletek nélkül, annak ellenére, hogy kiemeli a vízkivételek, a hidromorfológiai változások és a vízhőmérséklet-változások jelentős hatásokat okoznak a biológiai sokféleség csökkenése és a vízi ökoszisztéma leromlásában. Árvízkezelési tervre vonatkozó javaslatot tesz: tájrendezés, hidromorfológiai helyreállítást az ökoszisztéma szolgáltatások pillére alatt, és amely a terv erőforrásainak 95%-át teszi ki.	A nyilvános konzultációs folyamat lezárult, a terv egyelőre nem elérhető.
Írország, Egyesült Királyság	Az ökoszisztéma szolgáltatás helyett a „többszörösen előnyös” kifejezést használják. Ebben a tervben egyéni természeti szolgáltatásként hivatkozik a turizmusra, horgászatra, akvakultúrára, kistermelőkre, ivóvízre, vadvilágra.	Továbbra is kerüli az „ökoszisztéma szolgáltatások” kifejezett használatát, de továbbra is hangsúlyozzák a vízi környezetet és az ebből származó egészséget, jólétet, biodiverzitás szerepét. Az elsőhöz hasonlóan hangsúlyozza a közintézmények, vállalkozások, és a vízgyűjtő partnerségek a vízkörnyezet közötti együttműködést.	A társadalmi konzultáció felülvizsgálata folyamatban van.

Románia	Az ökoszisztéma koncepció nem kifejezetten jelenik meg még regionális szinten sem. Vízi szolgáltatások néven definiálnak benne minden kapcsolódó szolgáltatást. Ennek ellenére a problémák és bizonytalanságok fejezetében elismerik, hogy „a gazdasági értékelés során a VKI szerint többre lenne szükség, mint a vízellátással kapcsolatos költségek pénzügyi elemzésére.”	A második vízgyűjtő-gazdálkodási tervben nincs az ökoszisztéma szolgáltatások általános működésének javítására vonatkozó koncepció. Azonban a különböző stratégiák integrálása (pl. energiastratégia, fenntartható fejlődési stratégia, nemzeti elsivatagosodás elleni stratégia, nemzeti hulladékstratégia irányítás, irányelvek és nemzeti tervek, a regionális fejlesztés az akvakultúra és a mezőgazdaság számára, nemzeti környezetvédelmi fejlesztési terv) mind a vízi ökoszisztémák védelmét és javítását célozzák.	A nyilvános konzultációs folyamat lezárult, a terv egyelőre nem elérhető.
Belgium	A terv néhány ökoszisztéma funkciót/szolgáltatást vesz figyelembe, mint pl. a víz tisztító képessége, az édesvíz visszatartása és tárolása, árvízszabályozás, biológiai sokféleség és különféle rekreációs szolgáltatások. Az ökoszisztéma koncepció, mint olyan, nem jelenik meg, egy hivatkozáson kívül, amely a „blue services” vagy a vízi szolgáltatások előnyére hívja fel a figyelmet.	A tervben a korábbi "kék szolgáltatások" már „kék-zöld szolgáltatások”-ra bővültek, jelezve, hogy ezek a fogalmak a többoldalú előnyössége hasznosítható különösen a vízgazdálkodás és a mezőgazdaság közötti helyzetekben gazdasági szempontból is, de nincs további részletezés erről az ötletéről vagy annak alkalmazásairól.	A társadalmi konzultáció felülvizsgálata folyamatban van.

Portugália	Az ökoszisztéma koncepció egyik dokumentumban sem jelenik meg, de a tervekben szerepelő témák közül közvetlenül kapcsolódnak az egyes ökoszisztéma szolgáltatásokhoz, például az ivóvízellátás, és biológiai sokféleség, folyamszabályozás és tápanyag körforgás, szélsőséges események elleni védelem, pl. árvizek, aszályok. A Stratégiai Környezeti Vizsgálatokban pedig egyértelmű javaslat van a vízi szolgáltatások társadalmi értékének fontosságára.	Az „ökoszisztéma szolgáltatások” kifejezés a második ciklusban jelenik meg a keretrendszerben és általánosan és csak más stratégiai dokumentumokra hivatkozva. A vízgyűjtő-gazdálkodási tervek intézkedési programja olyan intézkedésekre hivatkozik, amelyek célja „a természeti tőkébe történő befektetések ösztönzése a Natura 2000 területek területei”. Ezen keresztül valósulnának meg a zöld infrastrukturális beruházások, biodiverzitási kreditek és kifizetések az ökoszisztéma szolgáltatásokért.	A társadalmi konzultáció felülvizsgálata még nem kezdődött meg.
------------	--	---	---

“Európa 5 országának Vízgyűjtő Gazdálkodási Tervezésének elemzése után látható, hogy az ökoszisztéma szolgáltatásokra való hivatkozás alapvetően hiányzik az első ciklusokból, a második VGT-ben kap nagyobb hangsúlyt, amit nagyban befolyásoltak az időközben Európai szinten elfogadott dokumentumok, mint a Biodiverzitás Stratégia, az Éghajlati Alkalmazkodási Stratégia és az európai vizek védelmét szolgáló terv (Blueprint to safeguard Europe's water), amelyek kifejezetten az ökoszisztéma szolgáltatásokat nevezik meg.

Az európai áttekintő jellegű eredményekhez képest a magyar VGT-ben megjelenő ökoszisztéma koncepció és intézkedési javaslatok már az első ciklusban is előrehaladottabb álláspontot mutatnak a többi országnál. Itt is fennáll az első ciklusban való kezdetleges megjelenés, ami azonban a harmadik ciklusra már a fejlődés útjának szinte utolsó, gyakorlati lépésének megvalósításánál akad csak el. A harmadik ciklusra vonatkozóan Magyarországon az egyetlen az öt ország közül, ahol a társadalmi véleményezések lezárultak 2022. áprilisáig.

A táj víztározó, vízmegtartó képességének növelése, mint alkalmazkodásra és mitigációra is alkalmas ökoszisztéma szolgáltatás elősegítése a magyar VGT-ben lefektetett előírások és

ajánlások alapján a harmadik ciklusra irányadóként jelennek meg. Ezt az irányt tudja erősíteni a vízháztartási mutatókkal leírt ökoszisztéma-tőke szemlélet alkalmazása is.

Az ökoszisztéma koncepció hangsúlyainál azt fontos látni, hogy nem csak a vizes élőhelyek természeti értékei miatti védett területekre vonatkozóan próbálna a stratégiáknak megfelelni. Az ökoszisztéma koncepció szerinti tervezés a tájra nem csak természeti, hanem a természeti tőkéjéből adódó gazdasági egységekre tekint (kulturális, ellátó, szabályozó, támogató) így terjesztve ki az intézkedések horizontját, amely aztán a táj adottságaihoz igazított fenntartható helyi döntések motiválását vonná maga után. A táj természeti tőkéje és az ebből adódó termelékenység, kulturális, rekreációs és gazdasági értelmezésében is kulcsfontosságú a megjelenés. Az ökológiai jó állapothoz mind vízminőség, mind vízmennyiség és megfelelőbb elosztás terén és az éghajlati adaptáció szempontjából is a víz visszatartására irányuló intézkedések javasoltak.

Kifejezetten a vízügyi ágazatra vonatkozó ajánlások az aszály kockázatkezelés és az éghajlati alkalmazkodási képesség javítására irányuló vízgazdálkodási intézkedések meghatározásához készült, a VGT-3/IVOT tervezetéhez megalapozó 2019-es háttéranyagban is megtalálhatók.²⁴⁷

Átfogó aszálystratégia (tervezet) több készült, de eddig egyiket sem hagyta jóvá a Kormány.

5.5. Következtetés, javaslatok

A természeti tőke körültekintő, előrelátó felhasználásának kialakításához meg kell értenünk a természeti tőkének az emberi jólétben játszott kulcsszerepét, ehhez fontos az alapelemek beazonosítása, a folyamatok dinamikájának megértése, nem utolsósorban az emberi beavatkozások következtében megjelenő visszacsatolások esetében. A természet lassú, de állandó változása közepette a természeti rendszerek ellátó és kulturális javakat adó ökoszisztéma szolgáltatásainak a többi szolgáltatás (támogató, szabályozó) rovására megvalósuló használata nem fenntartható, és a leépült szolgáltatások hiányának utólagos kezelését vonja maga után. A vizsgálatban **megállapítom**, hogy az ökoszisztéma szemlélet vízgyűjtő gazdálkodási (nemzeti) szinten előrehaladott.

Amellett érvelek, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások megközelítés módjának keretében a „Támogató ökoszisztéma” csoportra, mint a többi szolgáltatás alapját biztosító tőkére érdemes

²⁴⁷ https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2021/04/Aszaly_VGT3_2021.pdf 227. oldalon

tekinteni, amelynek megőrzése döntési minimum kritérium. Egy helyszín, tájegység víz, terület és vegetációs változásainak értékelése során ezt a kritériumot a folyamatok éghajlati vízhiányra gyakorolt hatásán keresztül lehet megragadni és hidrológiai eszközökkel leírni. Végig gondolva ezt az okfejtést, **megállapítom**, hogy zavarba ejtően egyszerűen fogalmazva, az aszályhoz való alkalmazkodás vagy aszálykár megelőzés lényege, hogy legyen elég rendelkezésre álló víz a területen a talajban és így a növényekben. A többi ökoszisztéma szolgáltatás hasznosulásának esetében önmagában a természeti jellemzők nem elegendőek az alternatívák közötti döntések megalapozásához, szükséges a gazdasági értékteremtés nagyságának (egyenlegének) beemelése is a döntési kritériumok közé és az ezt szolgáló értékelési eszközök alkalmazása.

Kimutatom, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások tőke szemléletének alkalmazása és vízháztartási indikátorokkal történő leírása a szemléletmód továbbfejlesztését szolgálná. Célja, támogatást adni a komplex beavatkozások megítéléséhez, hogy egyedi, kisléptékű területi jellegzetességek mellett kapcsolatot lehessen teremteni a tervezett megoldások és a táji, vagy nagyobb léptékű, végső soron a kereteket biztosító rendszerfolyamatok között.

Elemzéssel bizonyítom, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások koncepciójának beépülése a Vízgyűjtő-Gazdálkodási Tervekre sok közös vonást mutat az európai vizsgálat alapján, mint például az EU VKI előírásaira való erős támaszkodás, sejtetően a jól meghatározott indikátoroknak való megfelelési kötelezettség miatt. Másrészt az is közös vonásnak mutatkozik, hogy a koncepció további vízgyűjtő szintű integrált fejlesztése, az ökoszisztéma szolgáltatások egymásra épülésének és egymástól függő minőségének figyelembevétele vagy vizsgálata mindenhol hiányosságokat mutat. Továbbá elemzéssel **kimutatom**, a hazai VGT-ben az ökoszisztéma szolgáltatások különböző szintezettsége és egymáshoz kapcsolódásának kritikus beavatkozási pontjai nem hangsúlyosak. A támogató szolgáltatások, főleg katasztrófa megelőző és éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást célzóknak túlsúlyban, esetükben az ökoszisztéma tőke szemlélet alkalmazása jelentősen javíthatja az intézkedések többszempontú illesztését, az adott szakpolitika sikeres megvalósításához szükséges intézményi feltételek megteremtését.

Aszály, árvíz belvíz külön fejezetben tárgyalása a jelenlegi ágazatai, (operatív) infrastrukturális működéshez alkalmazkodik. Az ökoszisztéma szemlélet kilép a vízproblémák jelenségeinek kárelhárítási rendszeréből és a természetes ciklikusságát állítja központi elemmé, amiben az árvíznek és aszálynak jelenlegi (éghajlatváltozás miatt is) pusztító hatásaira is képes reagálni.

Így **kiemelem**, hogy ennek a szemléletnek a gyakorlatban való megvalósítása ennek a disszertációnak a kerete között az aszály reziliencia kialakítása, amely az árvízvédekezés mellett az árvízhasznosítással, ár-gazdálkodással elképzelhető, rövid, közép-hosszú távon lépésről lépésre bevezetve.

A MEAS 2000-es eredményei után az ICPDR 2012 ²⁴⁸-ben már ökoszisztéma alapú válaszokat fogalmaz meg (az ENSZ 2009-es kutatására hivatkozva) az éghajlati reziliencia érdekében. A Nemzeti Laborprogram kutatásaként 2024-ben kezdődött RESI (River Ecosystem Index) hazai alkalmazásának kutatása. A tudományág fejlődése kétségtelen, kérdés, hogy a gyakorlati beépülés elég gyors-e ahhoz, hogy alkalmazkodásnak hívhassuk és ne csak tűzoltásnak.

6. ÁRVÍZBIZTONSÁG, A HELY BIZTOSÍTÁSA A VÍZNEK AZ ÁRTÉREN BELÜL

Az előző fejezet a vízhiány növekvő kockázatára reagál, koncepció szintű javaslatokkal. A disszertáció jelenlegi fejezete a koncepciót visszaszűkíti a hullámtérre és alkalmazását vizsgálja a mintaterületen. A helyet a víznek elvet és az ökoszisztéma szemlélet alapú megközelítéssel. Ehhez belépek a Szentendrei-sziget nagyvízi meder környezetébe. Az éghajlati alkalmazkodás ártéren belül cím ugyanis a jelenlegi és várható mederállapotokra, a jellemző területhasznosításra, illetve az éghajlatváltozás hatására utal.

A “Nemzeti Laboratóriumok létrehozása, komplex fejlesztése” RRF-2.3.1-2021 9. alprojekt Árvízbiztonsági koncepciók felülvizsgálata és megelőzés központú árvízvédelem kutatási programjának a II. részkutatása a mértékadó árvíz szint (MÁSZ) stabilitásának vizsgálata keretében a kutatócsoport tagjaként a Szentendrei-sziget mintaterületen végeztük a kutatást.

6.1. Probléma: Árvíz kockázat növekedése az éghajlatváltozás hatására

Az éghajlatváltozás hatásai a szélsőséges események, az árvizek gyakorisága, a levonulás dinamikája és a tetőzési szintek vonatkozásában is eltérhetnek az eddig számítottaktól. A mederben részben ismeretlen hatású folyamatok zajlanak le, de ha az időjárási események is kiszámíthatatlanok, szélsőségesek, emiatt a korábban tervezett és kiépített rendszerek esetében nagyfokú bizonytalansággal nézünk szembe a jövőt illetően. Az árvízvédelmi rendszer

²⁴⁸ ICPDR Strategy on Adaptation to Climate Change 2012 (26. oldal 10. táblázat)
<https://www.icpdr.org/library/publications/strategic-technical-documents>

működésének sikeressége számos külső tényezőtől függ, a rendszer ugyanakkor a jelentős külső változásokra érzékeny és meglehetősen rugalmatlanul alakítható. Ezért is fontos, hogy a 2014-ben megállapított tervezési alapértékként szolgáló mértékadó árvízszint (MÁSZ) stabilitását ezen jelentős külső hatások tükrében vizsgáljuk. Amennyiben a MÁSZ szintje nem garantálható, úgy a védelmi rendszereink magassági értelemben kimerülnek. A védvonalak és műtárgyak továbbfejlesztése ellenben már nem tud megfelelő választ nyújtani, hiszen töltéseink vég nélkül nem emelhetők – többek között annak helyigénye és jelentős forrásigénye miatt.

Magyarország 2021. évi Árvízi Kockázat-kezelési Tervében a vízügyi ágazat bevezette a differenciált árvízvédelmi stratégia alapjait és intézkedéseit. A terv többek között megállapította a MÁSZ-hoz képest eltérő, sok esetben alacsonyabb - de a társadalom és a gazdaság számára elfogadható mértékű, úgynevezett maradó kockázatot eredményező – úgynevezett védhető szinteket, melyekre a töltések kiépítését javasolja mindaddig, míg elegendő forrás nem áll rendelkezésre a teljes védettség kiépítésére. Tekintettel arra, hogy ezek a szintek sokszor a MÁSZ-t sem érik el, az árvízszintek csökkentése, vagy további növekedésüknek megakadályozása, ezzel együtt a MÁSZ stabilitásának jelentősége egyértelmű.

Az árvízvédelemhez a 83/2014. (III. 14.) Kormányrendelet alapján az árvízlevezető képesség biztosítása során figyelembe kell venni az árvízvédelmi biztonságot veszélyeztető, de közérdekből nem megszüntethető területhasználatot. Ha a közérdekből nem megszüntethető területhasználat az árvízlevezető képességet jelentősen befolyásolja, akkor ennek ellensúlyozásáról nagyvízi mederkezelési intézkedésekkel, gondoskodni kell.

A jelenleg alkalmazott árvíz-kockázat csökkentési módszertan, illetve a differenciáláson alapuló módszertan esetén is nagy hangsúlyt kap a terhelési oldal, azaz az árvízszintek eloszlásának stabilitása, tehát egy adott vízszinthez tartozó előfordulási valószínűség stabilitása, mivel ennek rövid időtávon történő változása mindkét módszertan esetében jelentős többlet ráfordítási igényeket (pl. költségek) fog eredményezni. Az árvízvédelmi művek esetében a védképesség leginkább akkor garantálható az élettartam alatt, ha az egyszer jól megépített rendszeren minél kevesebbszer kell módosítást végrehajtani, így a cél leginkább az, hogy lehetőség szerint olyan mértékadó paramétereket használjunk, amelyek a teljes élettartam alatt is érvényesek maradhatnak.

További probléma, hogy magasabb árvízszintek vonulnak le csökkenő vagy változatlan vízhozamok mellett. Az árvízszint nem csak a hidrológiai eseményektől, hanem a folyó nagyvízi medrének állapotától is függ. Sok esetben nem a csúcsvízhozamok növekedtek meg jelentősen, hanem a nagyvízi meder vízszállító képessége romlott drasztikusan. A folyók nagyvízi medre az elmúlt 10-15 évben jelentősen változott, és ez a változás napjainkban és a jövőben sem csillapodik. Ilyen változás többek között az idegen honos inváziós fajok agresszív terjedése, vagy a folyók menti települések mederbeli részének növekedése, melyek mind a folyó – már egyébként is szűk, töltések közé szorított – árterének további szűkülését eredményezi. Ez a folyamat az árvízszintekre negatív hatást gyakorol, azaz növeli azokat.

A cím szándékosan nem problémaként említi az árvizet. Ahogy az előző fejezetekben kifejtésre került az árvíz nem probléma, hanem a globális légköri folyamatok lecsapódásának helyszíne, a természet ciklikusságának egyik állomása. Jelenleg pusztítónak vélt hatásuk pedig főleg emberi tevékenységek és hatásláncolataik következménye. A probléma tehát az éghajlatváltozás következtében felgyorsuló vízciklus miatt megnövekedett árvíz gyakoriság. Másrészt pedig a MÁSZ változása, növekedése, amely ugyanakkora vízhozamnál a meder állapot romlása miatt nagyobb kockázattal lép ki a mederből.

A nagyvízi mederkezelés másik fő problémája, hogy az árvízi levezetés szempontjából elengedhetetlen területek hidraulikailag kedvező állapotba alakítása, illetve abban tartása egyrészt jelentős ráfordítással érhető el, másrészt nyilvánvaló konfliktusban van természetvédelmi érdekekkel, tekintettel arra, hogy ezek a mederterületek ökológiai szempontból kiemelkedő szerepet töltenek be.

6.1. Árvízvédelem - Nagyvízi Mederkezelési Terv²⁴⁹

A hullámterekben, nyílt árterekben elhelyezkedő építmények számának növekedése, a mezőgazdasági művelés típusa, az erdők területének, fa sűrűségének növekedése és aljnövényzet elburjánzása mind növeli az „érdességet”, akadályozza a vízlevezető képességre. Előzőek hatása, hogy míg az árvízi vízhozamok számottevően nem növekednek, a vízállások viszont erősen emelkednek (pl. Budapestnél 10 éven belül 3 alkalommal - 2002, 2006, 2013 -

²⁴⁹ Nagyvízi Mederkezelési Terv 02.NMT.01. Duna - Ipoly Torkolat [1708+200 fkm] – Budapest északi közigazgatási határa [1660+600 fkm] VITUKI Hungary Kft. 2014, M e g b í z ó : K ö z é p -D u n a - v ö l g y i V í z ü g y i I g a z g a t ó s á g 83/2014. (III. 14.) Kormányrendelet előírásai alapján

döntött rekordot a Duna vízállása, holott a lefolyó vízhozam nem változott számottevően). A folyók felé terjeszkedő települések nem csak rontják az árvíz levezetését, de ezen településrészeknek a védelme árvíz idején rendkívüli erőfeszítést, esetenként a védett értéket messze meghaladó ráfordítást igényel. Fentiek alapján már a 2000-es évek elején szakmai egyetértés volt abban, hogy a folyók vízszállító képességét csökkentő, duzzasztást okozó tevékenységeknek gátat kell szabni, továbbá javítani kell a nagyvízi meder vízlevezető képességét.

Különösen jelentős, hogy a medrekben elhelyezkedő építmények, elvadult szántók, erdők aljnövényzetének elburjánzása stb. korlátozzák a folyó természetes életterét. Ezt igazolja, hogy míg az árvízi vízhozamok nem nőnek, a vízállások erősen emelkednek (a Sajó folyón az elmúlt 15 évben hét alkalommal alakult ki – III. fokú készültséget meghaladó - jelentősebb árvíz, ezek közül a 2010. évi rendkívüli árvíz idején rekordot döntött a Sajó vízállása (1974 óta született új legnagyobb vízállás (LNV), holott a lefolyó vízhozam a Sajószentpéter és országhatár közötti folyószakaszon nem változott számottevően). A folyók felé terjeszkedő települések nem csak rontják az árvíz levezetését, hanem ezeknek a településrészeknek a megvédése árvíz idején rendkívüli erőfeszítést, a védett értéket messze meghaladó ráfordítást igényel.²⁵⁰ A folyók vízszállító képességét csökkentő, duzzasztást okozó tevékenységek ésszerű szabályozása már a folyók és a természeti környezet változásával együtt követendő. Az árvízi hozamok biztonságos kezelése továbbra az ágazat felelőssége. Ez is fontos eszköz az éghajlatváltozás miatt gyarapodó szélsőségek kedvezőtlen hatásainak az ellensúlyozásában. A probléma megoldását célzó intézkedések között megtörtént a mértékadó árvízszintek felülvizsgálata, valamint az árvízi kockázatkezelés részeként a nagyvízi mederkezelési tervdokumentációk is elkészültek, amelyekben kifejtik a másodlagos levezetősávval kapcsolatos javaslatokat, de azokat még nem elfogadták el. A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény (Vgtv.) szerint „Nagyvízi meder: a vízfolyást vagy állóvizet magában foglaló terület, amelyet az árvíz levonulása során a víz rendszeresen elborít, és amelyet a mértékadó árvízszint vagy az eddig előfordult legnagyobb árvízszint közül a magasabb jelöl ki; Vgtv . 24.§ „(1) A nagyvízi meder elsődleges rendeltetése a mederből kilépő árvíz és a jég levezetése.”

Fentiekből adódóan ármentesítési eszközként jelenik meg a terhelés csökkentése (pl.: nagyvízi meder állapotának javítása), az ellenállás növelése (pl.: töltésfejlesztés, altalaj biztonságának növelése), valamint a mentesített ártérben lévő érték és így az esetlegesen bekövetkező kár

²⁵⁰ Országos Vízügyi Főigazgatóság <https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=37>

csökkentése (építmények kialakításának tiltása, építmények bontása).A régebbi vízügyi gyakorlat leginkább az ellenállás növelésében gondolkodott, melyet a terhelés változása generált. A mentesített ártérben elhelyezkedő értékre legtöbb esetben a vízügy nem kívánt ráhatással lenni, vagy nem lehetett ráhatása. Fakadhatott ez abból is, hogy a hagyományos gyakorlat lényege az volt, hogy azért ármentesítünk, hogy értéket növelhessünk. Kétséges, hogy a haszonelemzés átfogóan megjelen(hetet)t volna a folyamatban. ²⁵¹

A kitettséget geográfia alapja révén csökkenteni nem lehet, ahogy a terület érzékenysége is állandónak tekinthető. A sérülékenysége, jelen esetben árvízi érzékenység csökkenthető az éghajlati alkalmazkodás elvei alapján. A differenciált árvízvédelem kockázatokra gyakorolt pozitív (kockázatsökkentő) hatásai a nagyvízi mederkezelési intézkedések végrehajtása nélkül idővel várhatóan csökkennek, vagy akár ki is merülhetnek. Tehát hosszútávon csak a két intézkedés együttes hatása adhatja meg az árvízi biztonság (megelőzés és védekezés) kellő mértékét. Ehhez szükséges vizsgálni a mértékadó árvízszint stabilitását a nagyvízi mederkezelési intézkedések megléte és elmaradása mellett is. A MÁSZ szintje hatással van az Árvíz Kockázati Kezelés²⁵² felülvizsgálat projekt eredményei alapján meghatározott differenciált fejlesztési szintekre.

A nagyvízi mederkezelési tervet a

- vízgyűjtő-gazdálkodási tervek,
- árvízi kockázatkezelési tervek,
- védett természeti területre elkészített természetvédelmi kezelési tervek,
- Natura2000 területekre elkészített fenntartási tervek,
- erdőkre elkészített körzeti erdőtervek

²⁵¹ Sztojcsév Zsolt: Nemzeti Laboratóriumok létrehozása, komplex fejlesztése” RRF-2.3.1-2021 9. alprojekt Árvízbiztonsági koncepciók felülvizsgálata és megelőzés központú árvízvédelem kutatási programjának II rész kutatása: Mértékadó Árvízszint Stabilitás vizsgálat kutatási bevezetője Kutatásvezető: Süveggyártó Anita, Országos Vízügyi Főigazgatóság (2023)

²⁵² Az Európai Parlament és a Tanács 2007/60/EK Irányelve az árvíz kockázatok értékelésének és kezelésének témakörét az országok számára egységesen és kötelező jelleggel szabályozza. A végrehajtás nemzeti feladatait Magyarországon a 178/2010 Korm. sz. rendelet (<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1000178.kor>) tartalmazza. A szabályozás előírja, hogy a tagállamoknak előzetes kockázatbecslést, árvízi veszély- és kockázati térképeket, továbbá az árvíz kockázat kezelési tervet kell készítenie, melyben a kockázatok csökkentésére hozandó intézkedéseket kell kidolgozni.

ismeretében, azokkal összhangban kell elkészíteni, az árvízvédelmi biztonsági követelmények elsődlegességének biztosítása mellett.

6.1.2. Természetvédelem és árvízvédelem a mintaterületen

A konfliktus az árterek esetében röviden, hogy az árhullámok biztonságos levezetése a hullámtér nagyvízi lefolyási sávjában az elsődleges élet és vagyonbiztonságot szolgáló cél, ami felülír minden más típusú korlátozást, így a vízügy sokszor csak természetkárosítás árán tudja elvégezni az adott terület árvízvédekezésének feladatait. Mindkét ágazat szakemberei végzik a feladatukat az előírt jogszabályoknak megfelelően. Az árvízvédekezésért felelősöknek az alábbiak szerint kell eljárniuk:

- **6. § (1)** A nagyvízi meder természeti területként kezelendő oly módon, hogy az árvíz és a jég levezetésének elsődlegessége biztosított legyen.
- **(2)** A nagyvízi meder levezető sávjaiban az építményekre vonatkozóan a (a jogszabály 3. mellékletében) részletezett, az árvízvédelmi szempontok elsődlegességét biztosító követelmények érvényesülnek.

Természeti területekre vonatkozóan a Duna és ártere kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület a Natura 2000²⁵³ fenntartási terület, ebből adódóan többek között olyan prioritásoknak kell megfelelnie, mint

- a természetes folyódinamika (víz és meder) helyreállítását célzó intézkedések kidolgozása és végrehajtása, hordalékhiány kezelése,
- a jelenlegi folyódinamika további sérülését okozó beruházásokat (hajózási útvonalak, fejlesztése, fenntartása) a közösségi jelentőségű természetvédelmi elvárások alapján a minimumra kell csökkenteni. Bármilyen a mederbe történő beavatkozás végrehajtását hosszú távon előretekintve, a folyami rendszert, mint ökoszisztémát egészében vizsgálva kell mérlegelni,

²⁵³ Az Európai Unió által létrehozott Natura 2000 területek egy olyan összefüggő európai ökológiai hálózat, amely a közösségi jelentőségű természetes élőhelytípusok, vadon élő állat- és növényfajok védelmén keresztül biztosítja a biológiai sokféleség megőrzését és hozzájárul kedvező természetvédelmi helyzetük fenntartásához, illetve helyreállításához. Olyan zöld infrastruktúra, mely biztosítja Európa természetes élőhelyeinek ökoszisztéma szolgáltatásait, valamint jó állapotban való megőrzöttségét.

- teljes vízfolyásokra vonatkozó komplex vízgazdálkodási terv és szabályozás kidolgozása, a természetvédelmi és egyéb ágazati szükségletek összehangolásával.
- A Natura2000 terület jó természeti állapotának elérését, megőrzését biztosító gazdálkodás feltételeinek megteremtése és fenntartása,
- hogy ne csökkenjen a jelölő élőhelyek kiterjedése, kivéve, ha ez a változás természetes szukcessziós folyamat következtében másik, az eltűnő élőhelyrészhez hasonló természetességű jelölő élőhely kiterjedésének növekedése miatt következik be,
- a jelölő élőhelyek természetessége ne csökkenjen, kivételt jelentenek ez alól a közvetlenül elháríthatatlan külső ok miatt bekövetkező változás (pl. időjárási szélsőség),
- a hosszanti és keresztirányú átjárhatóság fenntartása és ahol szükséges helyreállítása, a fragmentáció csökkentése biztosítva az élőhelyek közötti összeköttetéseket, mint ökológiai folyosót,
- a jelölő élőhelyeken kívül terjedő inváziós (1143/2014/EU rendelet alapján jelentős fajok és egyéb fajok) és idegenhonos fajok terjedésének megállítása, lehetőség szerint minél teljesebb körű eltávolítása a jelölő élőhelyek fajkészletének hosszútávú megőrzése érdekében,
- az árvízvédelmi és természetvédelmi szempontok hatékony összehangolása.²⁵⁴

A két ágazat hivatalos elvárásainak listáján is látszik, hogy nincsenek nagy ellentmondások a területek kezelését illetően, a használt módszerek ellenben nem mindig ezt tükrözik.

6.2 Kutatás célja, kérdések, hipotézisek

A hosszú távú a cél a nagyvízi mederkezelés validálása és az ágazati együttműködés közös pontjainak meghatározásához a nagyvízi mederkezelés és a természetvédelmi kezelési terv irányának, összhangjának megteremtése is az ökoszisztéma szemlélet segítségével. A kutatási cél a Szentendrei-sziget mintaterületen, illetve a (még nem elfogadott) nagyvízi mederkezelési terv ajánlásainak értelmezése az ökoszisztéma keretben, (C1) egy ártéri mintaterület éghajlati

²⁵⁴ A HUDI20034 Duna és ártere kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület fenntartási terve Duna-Ipoly Nemzet Park Igazgatóság Budapest, 2014 https://termeszetvedelem.hu/wp-content/uploads/2022/01/HUDI20034_Duna_fenntartasi_terv.pdf

alkalmazkodási intézkedésének felállításával. Jelen esetben a terhelés, azaz az árvízszintek csökkentése, de a terhelés további növekedésének akadályozása is. Tehát a mértékadó árvízszint (MÁSZ) stabilizálása. A mértékadó árvízszint stabilitás leegyszerűsítve az érkező vízhozam statisztikai mutatóinak tendenciáin, továbbá a nagyvízi meder (terület, amelyet az árvíz levonulása során a rendszeresen elborít) jelenlegi és várható állapotán múlik. A célhoz megfogalmazott kérdés: (K1) Összehangolható-e az éghajlati alkalmazkodási javaslat a természetvédelmi, árvízvédelmi és elvárásaival? Hogyan?

A mintaterületen két tényezőtől indul ki a vizsgálat: A meder állapotának romlása és a Mértékadó ÁrvízSzint (továbbiakban MÁSZ.) változása az éghajlatváltozás hatásából adódóan. A II. részkutatásban ezért egy dunai mintaterületen, a Szentendrei-szigeten vizsgáljuk a mértékadó árvízszint stabilitását, melyben figyelembe vesszük az éghajlatváltozás hatásait, valamint a stabilitás összefüggését a nagyvízi meder változásával. Tehát a meder gyors vízszállítását az ártér árvízcsúcs-csökkentő funkciójával szükséges ellensúlyozni. Ennek a megoldását kerestük az érdekségek elemzésével.

Feltételezem, hogy (H1) a nagyvízi medernek létrehozható egy olyan optimális (vegetációs) állapota, amely támogatja az ártér ökológiai folyamatait ugyanakkor illeszkedik a természetvédelmi előírásokhoz, ugyanakkor támogatja és biztosítja az árvizek biztonságosabb levonulását az ártér a mértékadó árvízszintjének stabilizálásával.

Továbbá feltételezem, (H2) hogy az ökoszisztéma szolgáltatások a terület érdekségi értékeihez kapcsolt értékelésével a modellezés képest kimutatni ezt az optimális állapotot. (A vegetációmentes ártér állapota lenne egyenesen arányos a vízhozam levonulás gyorsaságával, de az ökoszisztéma szolgáltatások közvetlen és közvetett hatásai így nem érvényesülnének, ezért szükséges egy a kétdimenziós (területhasználatból adódó/víz szállítóképesség) kiegészítése egy harmadik dimenzió bevezetése az eredmények árnyalására. Az ökoszisztéma szolgáltatások változásának becslése fontos szempontként jelenik meg. A nagyvízi mederkezelés csak úgy lehet (reálisan, költséghatékonyan, fenntarthatóan) megvalósítható, ha a természetvédelmi kezelési tervvel illetve a helyben élők igényeivel és lehetőségeivel is összhangban van.

6.3 Mintaterület, módszerek és részeredmények

A mértékadó árvízszint stabilitása leegyszerűsítve az érkező vízhozam statisztikai mutatóinak tendenciáin, továbbá a nagyvízi meder jelenlegi és várható állapotán múlik, ezért két al kutatásra oszlik:

6.3.1. Az éghajlatváltozás hatásait is figyelembe véve a mértékadó vízhozamok változásának vizsgálata hidrológiai statisztika vizsgálata.

A tanulmány célkitűzése a Duna – Nagymaros és Rába – Ragyogóhíd vízhozam-nyilvántartási szelvényekben történő, a mértékadó árvízszinteket meghatározó 1%-os meghaladási valószínűségű (NQ1%) vízhozamok becslése 2050-re. Az erre megbízott kutatócsoport egzakt eljárással határozta meg azt a vízhozam értéket, amelyből hidrodinamikai modellezéssel transzformálhatók a század közepére várható mértékadó árvízszintek. Ennek eredményeit tudom felhasználni a Szentendrei-sziget mintaterülethez.

Mintaterületek lehatárolása

A Szentendrei-sziget Budapest feletti nagyvízi meder terület mérete és állapotára jellemző a folyam budapesti szűkülete, a fővárosban és a Duna-kanyarban található települések árvízvédelmi rendszerének folyamatos fejlődése, a folyamhoz egyre közelebb és nagyobb területeken igényelt építkezések tendenciája, emellett pedig a vízparti és vízközei helyek mindinkább természetközeli állapotának megtartása iránti társadalmi elvárások. Látható, hogy a területtel szembeni elvárások merőben ellentmondanak egymásnak, így térségi stratégiai jellegű tervezés is rendkívül kényes ügy. A területen a nagyvízi meder a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság (továbbiakban KDVVIZIG) kezelésében van.

Döntésünket a 2023 évben levonult árhullám alátámasztotta, mert a folyó töltések közötti szakaszán az árhullám magasabb szinten vonult le, mint azt a korábbi tapasztalatok és számítások mutatták. Emellett kimutatható volt a Nagyvízi Mederkezelési Terveket megalapozó tervdokumentációkban is javasolt intézkedések árhullámszint csökkentő hatása, ugyanakkor a magasabb árvízszintek kialakulásához a nagyvízi meder elhanyagolt állapota jelentősen hozzájárult.

6.3.2. A Szentendrei-sziget nagyvízi meder állapotának, azaz a nagyvízi meder területén a földhasználat, felszínborítás változásának vizsgálata.

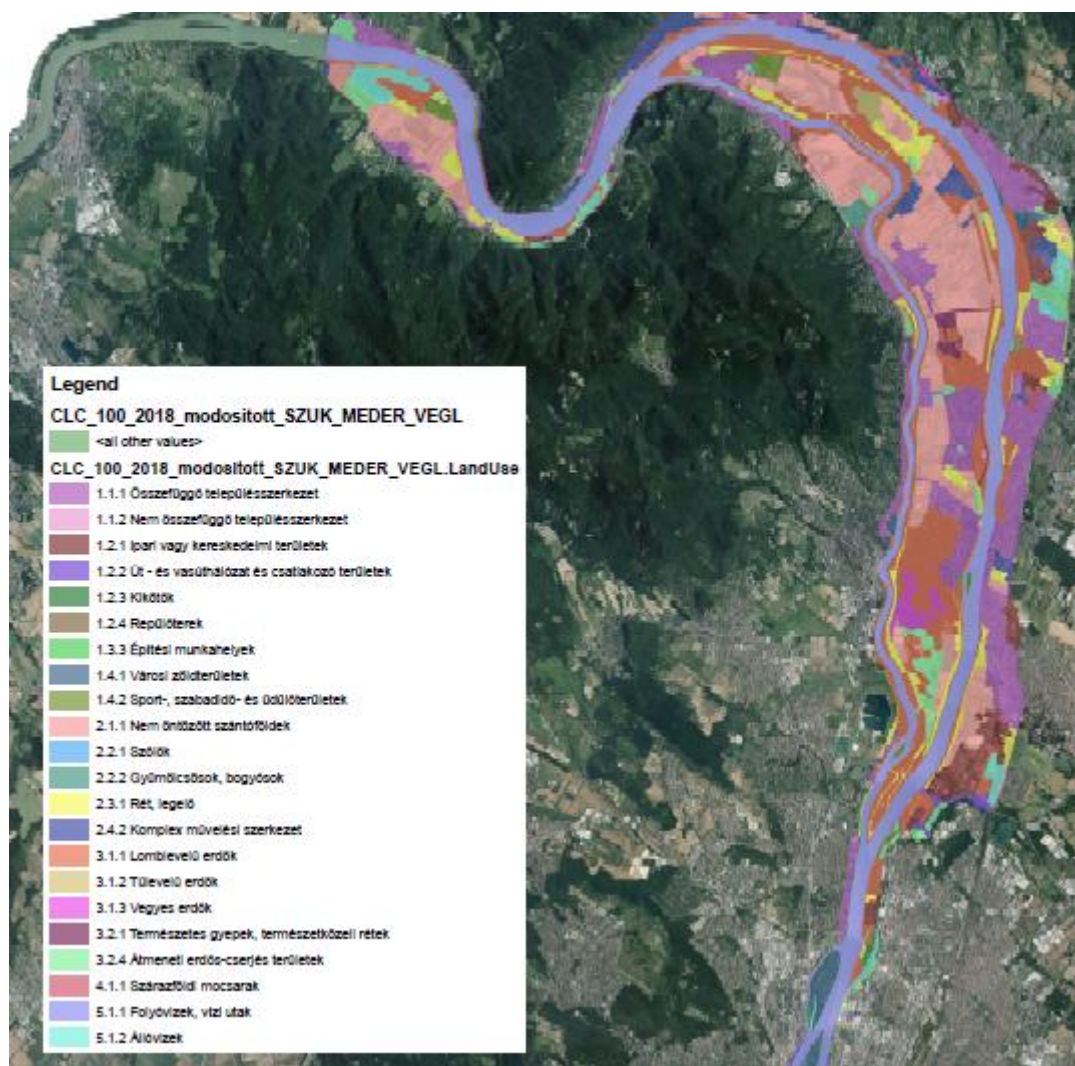
6.3.2.1. Területhasználati és érdességi adatok validálása

A nagyvízi meder állapotának, azaz a nagyvízi meder területén a földhasználat, felszínborítás változásának vizsgálatához adatgyűjtést és validálást végeztünk a modellezéshez. Szakirodalmi kutatással, a modell paramétereinek elemzésével és terep bejárással is. A Nagyvízi Mederkezelési terveket megalapozó tervdokumentációhoz elkészített 2D hidrodinamikai HEC-RAS modellt használtuk fel a kezdőállapothoz.

A dunai mintaterület esetében felhasznált modell a CORINE felszínborítási adatbázisából nyert területhasználati adatok felhasználásával készült. A mintaterületen előforduló területhasználatok nagyobb előfordulási arányából következtethetünk arra, hogy azok lesznek a legnagyobb érdességi érzékenységgel bíró területek a modellezés szempontjából. A mintaterületen a legnagyobb kiterjedést lefedő területhasználat a nem öntözött szántóföldek (18%), a legnagyobb darabszámmal előfordulót pedig a nem összefüggő településszerkezet (34 db) adja. A vizsgálat során kiderült, hogy a területhasználatok és érdességi adatok alapos felülvizsgálatát kell elvégezni már a jelen állapot modellezésekhez is.

A hidrodinamikai modellben használatos Manning-féle érdességi tényező (továbbiakban: érdesség) becslése tekintetében a gyakorlatban már bevált módszert vettük alapul, ahol valamely felszínborítás kategóriához kapcsolódnak elméleti számítások vagy empirikus adatok alapján ajánlott érdességi intervallumok.

39. ábra Szentendrei nagyvízi meder lehatárolt mintaterület és területhasználati térkép
CORINE LAND COVER (CLC) alapján



Forrás: VVNL kutatás, szerző és társai

Az 10. táblázat a Szentendrei-szigetre rendelkezésre álló HEC-RAS modell adatok érdekességi értékeit George P. et al, 2018 alapján²⁵⁵ megfeleltettem a CORINE érdekesség értékeivel és elnevezéseivel, továbbá a HEC-RAS útmutatójában²⁵⁶ (Gary W, 2023[2]) szereplő ajánlásokkal. Az 1-es oszlopban az eredeti modellben szereplő érdekesség nevek (sorszámok)

²⁵⁵ George Papaioannou, Andreas Efstratiadis, Lampros Vasiliades, Athanasios Loukas, Simon Michael Papalexioiu, Antonios Koukouvinos, Ioannis Tsoukalas Panayiotis Kossieris: An Operational Method for Flood Directive Implementation in Ungauged Urban Areas. April 2018 [Hydrology](https://www.researchgate.net/publication/324700831_An_Operational_Method_for_Flood_Directive_Implementation_in_Ungauged_Urban_Areas) 5(2):24 DOI 10.3390/hydrology5020024 https://www.researchgate.net/publication/324700831_An_Operational_Method_for_Flood_Directive_Implementation_in_Ungauged_Urban_Areas

²⁵⁶ Mr. Gary W. Brunner: HEC-RAS River Analysis System HEC-RAS 2D User's Manual Version 6.4 Exported - November 2023 https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS_2D_Users_Manual.pdf

szerepelnek. A 2. oszlopban pedig az eredeti modellben szereplő terület használathoz tartozó érdességi értékek. A 3-as oszlopban a területhasználatok CORINE szerinti angol nyelvű megfelelője. Következő lépésben a mintaterület jelenlegi területhasználati besorolását gyűjtöttük le CORINE adatbázisból. Így a táblázatos formába exportált adatokból szűréssel kinyertük a legjelentősebb és így a modell szempontjából legérzékenyebb területeket. A területhasználati besoroláshoz ismét érdességi adatokat kell párosítani. A mintaterület jelenlegi területhasználati besorolásának elnevezéseihez tartozó érdességi értéke láthatók a 4. oszlopban. A rendelkezésre álló HEC-RAS modell elnevezései és a jelenlegi területhasználati elnevezések nem mindenhol egyeztek. Az 5. oszlopban a jelenlegi területhasználati besorolás alapján a HEC_RAS útmutatóban ajánlott érdességi érték jelennek meg.

10. táblázat Szentendrei-sziget HEC-RAS modell érdesség értékeinek összehasonlítása a CORINE adatok érdességi értékeihez

HEC_RAS modell Szentendrei-sziget sorozás és érdesség címe	Érdesség érték	Manning's roughness coefficient based on CORINE land cover data Label (elnevezésben egyezik)	CORINE Maonines	HEC_RAS guide Manning's (értékeiben egyezik) 35. oldal
0 NoData	0.04			
1 telepules_erdos	0.016	1.1 Urban fabric	0.013	0.08 - 0.16 Developed, Medium Intensity - areas with a mixture of constructed materials and vegetation. Impervious surfaces account for 50% to 79% of the total cover. These areas most commonly include single-family housing units 0.12 - 0.20 Developed High Intensity-highly developed areas where people reside or work in high numbers. Examples include apartment complexes, row houses and commercial/industrial. Impervious surfaces account for 80% to 100% of the total cover.
2 telepules_sima	0.014	1.4 Artificial non-agricultural vegetated areas	0.025	0.12 - 0.20 Developed High Intensity-highly developed areas where people reside or work in high numbers. Examples include apartment complexes, row houses and commercial/industrial. Impervious surfaces account for 80% to 100% of the total cover. 0.06 - 0.12 Developed, Low Intensity- areas with a mixture of constructed materials and vegetation. Impervious surfaces account for 20% to 49% percent of total cover. These areas most commonly include single-family housing unit.
3 ipari_terulet	0.014	1.2 Industrial, commercial and transport units	0.013	0.08 - 0.16 Developed, Medium Intensity - areas with a mixture of constructed materials and vegetation. Impervious surfaces account for 50% to 79% of the total cover. These areas most commonly include single-family housing units. 0.12 - 0.20 Developed High Intensity-highly developed areas where people reside or work in high numbers. Examples include apartment complexes, row houses and commercial/industrial. Impervious surfaces account for 80% to 100% of the total cover.
4 ut_vasut	0.02	1.2.2 Road and rail networks and associated land	0.013	0.020 - 0.05 Cultivated Crops - areas used for the production of annual crops, such as corn, soybeans, vegetables, tobacco, and cotton, and also perennial woody crops such as orchards and vineyards. Crop vegetation accounts for greater than 20% of total vegetation. This class also includes all land being actively tilled.
5 kikotok	0.024	1.2.3 Port area	0.013	0.023 - 0.030 Barren Land (Rock/Sand/Clay) - areas of bedrock, desert pavement, scarps, talus, slides, volcanic material, glacial debris, sand dunes, strip mines, gravel pits and other accumulations of earthen material. Generally, vegetation accounts for less than 15% of total cover.
6 repuloter	0.012	1.2.4 Airports	0.013	
7 epitesiterulet	0.022	1.3 Mine, dump and construction sites	0.013	0.023 - 0.030 Barren Land (Rock/Sand/Clay) - areas of bedrock, desert pavement, scarps, talus, slides, volcanic material, glacial debris, sand dunes, strip mines, gravel pits and other accumulations of earthen material. Generally, vegetation accounts for less than 15% of total cover.
8 varosi_zoldterulet	0.028	1.4.1 Green urban areas	0.025	0.023 - 0.030 Barren Land (Rock/Sand/Clay) - areas of bedrock, desert pavement, scarps, talus, slides, volcanic material, glacial debris, sand dunes, strip mines, gravel pits and other accumulations of earthen material. Generally, vegetation accounts for less than 15% of total cover.

HEC_RAC modell Szentendrei-sziget sorozás és érdesség címe	Érdesség érték	Manning's roughness coefficient based on CORINE land cover data Label (elnevezésben egyezik)	CORINE Mannings	HEC_RAS guide mannings (értékben egyezik) 35. oldal
9 uduloterulet	0.035	1.4.2 Sport and leisure facilities	0.025	
10 szanto	0.045	2.1 Arable land	0.03	
11 szollo	0.033	2.2.1 Vineyards	0.08	
12 gyumolcsos	0.03	2.2.2 Fruit trees and berry plantations	0.08	
13 ret_legelo	0.030	2.3.1 Pastures	0.035	0.025 - 0.05 Pasture/Hay-areas of grasses, legumes, or grass-legume mixtures planted for livestock grazing or the production of seed or hay crops, typically on a perennial cycle. Pasture/hay vegetation accounts for greater than 20% of total vegetation.
14 mezogazdasag_kozepesene_rdes	0.035	3.3.2 Bare rocks	0.035	0.023 - 0.030 Barren Land (Rock/Sand/Clay) - areas of bedrock, desert pavement, scarps, talus, slides, volcanic material, glacial debris, sand dunes, strip mines, gravel pits and other accumulations of earthen material. Generally, vegetation accounts for less than 15% of total cover.
15 mezogazdasag_erdes	0.038	2.4.3 Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation	0.05	0.05 - 0.085 Emergent Herbaceous Wetlands- Areas where perennial herbaceous vegetation accounts for greater than 80% of vegetative cover and the soil or substrate is periodically saturated with or covered with water.
16 erdo_1	0.055	3.1 Forests	0.1	0.05 - 0.085 Emergent Herbaceous Wetlands- Areas where perennial herbaceous vegetation accounts for greater than 80% of vegetative cover and the soil or substrate is periodically saturated with or covered with water.
17 erdo_0	0.055	3.2.1 Natural grasslands	0.04	0.10 - 0.20 Deciduous Forest- areas dominated by trees generally greater than 5 meters tall, and greater than 20% of total vegetation cover. More than 75% of the tree species shed foliage simultaneously in response to seasonal change.
18 esro_2	0.055	3 Forest and semi natural areas	0.05	
19 bokor_0.045	0.045	3.2 Scrub and/or herbaceous vegetation associations	0.06	
20 cserjes	0.045	3.2 Scrub and/or herbaceous vegetation associations	0.06	
21 vizenyos	0.024	4.1 Inland wetlands	0.04	0.045 - 0.15 Woody Wetlands- areas where forest or shrubland vegetation accounts for greater than 20% of vegetative cover and the soil or substrate is periodically saturated with or covered with water.
23 meder	0.024	5.1.1 Water courses	0.05	0.025 - 0.05 open water areas of open water, generally with less than 25% cover of vegetation or soil. This is for natural streams on mild to moderate slopes.

Forrás: szerző saját szerkesztése

Szentendrei-szigeti mintaterület az érdességi adatok validálása érdekében terepbejárásokat is tartottunk. A 2023. 07. 24-én a Szentendrei-szigeten és a Szentendrei-Duna jobb partján ellenőriztük a jelenlegi környezeti állapotokat, a KDVVIZIG területi referensével. A bejáráson ta sziget felé vezető úton végig néztük a Szentendrei-Duna-ág jobb partjának kiemeltebb helyeit: a Barát-patak torkolata, a budakalászi véderdő, Leányfalu nagyvízi meder feltöltés helyszíne, és a Pap-sziget és környéke. A Szentendrei-szigetre érve rögtön északra fordulva körbe mentünk és szintén kiemelt helyeken terepi bejárást tartottunk. Ilyen volt az ún. sziget csúcs, a Váci-Duna-ág partján északon a régi kikötő helyszíne, Horányi partfal, majd tovább haladva áttértünk a Szentendrei-Duna bal partára. A terepbejárás alkalmával a hordalék és uszadék felhalmozódásra számos helyen találtunk példát. További megfigyelés, hogy a hosszabb kisvízes állapotnál a vegetációnak van ideje az ártérben terjeszkedni, ami növeli az érdességet. Egyértelműen megállapítható, hogy a parti sávban, a véderőkben jelentős az inváziós fajok elterjedtsége a cserjeszinten. Ez az állapot az árvizek levezetésének szempontjából kedvezőtlen. Feltételezésünk alapján természetvédelmi szempontból is előnytelen ez a helyzet. A hullámtéren rengeteg holtfa található, ami természetvédelmi

szempontból üdvözlendő. Továbbá megállapítottuk, hogy a területen jelentős a mezőgazdasági területek nagysága, valamint több lovarda is működik.

40. ábra Szentendrei-sziget hullámtéri erdő a Szentendrei-Duna mentén



41. ábra A Szentendrei-sziget középvízi medrében a homokpad képződés, melyen a szukcessziós folyamatok megkezdődése látható



(Kép: O. Lakatos Boglárka)

Terepbejárás egy jó gyakorlat helyszínén

2023. 11. 14-én a dél-borsodi Tisza hullámtéren tartottunk terepbejárást az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóságnál, ahol az ott elkészült hullámtéri intézkedéseket vizsgáltuk meg. Minden intézkedésüket a korábbi térképek és ingatlan használatok alapján

igyekeztek megvalósítani, tehát meghatározták az ideális referencia állapotot. Ilyenek pl. a korábban legelőként és gyümölcsösként használt területek. A Tisza-tó (Kiskörei Vízterelő) üzembe helyezése előtti időszakban például a területet a lakosság aktívan használta rekreációs célokra (horgászat, strand, legeltetés és itatás, hobbykertek, gyümölcsösök). A Tisza folyásának változásával megváltozott a meder morfológiája és a lakosság kapcsolata a folyóval folyamatosan romlott, végül gyakorlatilag megszakadt. Az intézkedésektől remélt hatás, hogy ez a kapcsolat a jövőben újraéled. A területen jelenleg az intézkedések és a bérbeadások, valamint a területalapú támogatások egyensúlyban vannak, emiatt projekt egyelőre önfenntartó.

Ároktó községhatárban gyalogakácos sűrűség helyett, egykori zártkertek területén 5,0 ha szürkenyáras, töltést védő, hullámtörő erdő és 7,5 ha-os tág hálózatu nemesnyáras állomány került az átmeneti levezető sávba. A nem üzemtervezett töltés menti véderdőt, és az áramlási holtterben lévő szabadrendelkezésű erdőket őshonos fajokkal telepítették. A Tisza felé haladva pedig több kubikgödör található, melyek vizes élőhelyként szolgálnak.

42. ábra Vizes élőhely kubikgödörben tiszai ártéren



Kép: O. lakatos Boglárka

Tiszacsege községhatárban (Pircs) legelőerdő alakították át körülbelül 25 ha-on, amely később 80-ha-ra bővíthető. Az idegenhonos faegyedek eltávolítása után egy ligetes erdőkép alakul ki, ahol a lágyszárú szint részbeni átalakulása lehetővé teszi a legeltetési hasznosítást. A terület különböző részein a növényzet átalakítás eltérő fázisait lehet tanulmányozni, amely jó áttekintést ad az elvégzett beavatkozások hatásairól. Fontos megjegyezni, hogy ez az ártéri

ligeterdő kép, - mely nem csak az árvízi levezetés, hanem a biodiverzitás és rekreáció szempontjából fontos, - az idegenhonos, inváziós fajok megjelenése és a telepített erdők miatt egyre jobban csökken Magyarországon. Fenntartásuk legeltetéssel lenne célszerű. Egyelőre támogatások hiányában*, és az egyre csökkenő állattartási hajlandóság miatt ez rendkívül nehéz. További 1,5 ha-os őshonos gyümölcsös telepítést is megnézhattuk ezen a helyszínen, amelynek célja az egykori tájhasználat felelevenítése, a génmegőrzés, az élőhelyi mozaikosság és ezáltal a biodiverzitás növelése.

43. ábra Tiszacsege ártéri legelőerdő (ligeterdő)



44. ábra Tiszacsege ártéri gyümölcsös



45. ábra Tiszacsege ártéri legelő



Tiszadorogma-Tiszabábolna községhatárok találkozásánál közel 100 ha-on megvalósult egy legelő helyreállítás. Az árvízvédelmi töltésről megtekintettük Tiszabábolna-Tiszavalk között a hullámtéren közel 45 ha-on tervezett legelő kialakításának helyszínét.

6.3.2.2. A földhasználat változás-elemzés, forgatókönyvek felállítása a mintaterületen

Különböző változók (árvízszint, vízhozam, érdesség és érdességi mező) beépítésével különböző forgatókönyveket állítottunk fel. Az HEC-RAS modell validálás után a MÁSZ stabilitás vizsgálathoz a forgatókönyveket a területen lehetségesen előforduló érdességekre és területhasználatokra, illetve az éghajlatváltozás hatásával felülvizsgált “új” MÁSZ értékek különböző kombinációira határoztuk meg. Hatféle forgatókönyvet dolgoztunk ki, különböző feltételezett környezeti változásokra, melyek esetében pozitív vagy negatív hatást feltételeztünk az árvízszintekre, a természeti környezetre és összességében az ökoszisztéma szolgáltatásokra. A modellbe az ehhez illeszkedő érdességi értékek változását vittük be. Az 1-2. forgatókönyvekben az érdességi adatok a jelen állapotot tükrözik. A 3-6. forgatókönyvek esetén a területhasználatból adódóan feltételezett romló vagy javuló érdességeket tapasztalati, valamint különböző szakirodalomak vizsgálata alapján állítottuk be.

I. FORGATÓKÖNYV (F1)

Az I. forgatókönyvben azt vizsgáltuk, hogy Szentendrei-szigeti modell területen a jelenlegi területhasználata alapján kialakult **jelenlegi érdesség viszonyokkal az érvényben lévő MÁSZ-hoz tartozó vízhozam esetén az árhullám milyen szinten vonul le**. Tehát az érdességi értékeket és a hozzájuk tartozó érdességi mezőket a jelenlegi állapotokra validáltuk. Jelenleg elmondható, hogy a nagyvízi mederkezelési intézkedések végrehajtásában és a

területen a növényzet átalakításában, a területhasználatok változásában ez idáig nem történt jelentős hatással bíró változás.

A modellt a jelenlegi állapotra futtattuk. A futtatás eredménye a különböző területhasználatok elöntött területének nagysága, az ott megjelenő átlagos vízmélység, sebesség és fajlagos vízhozamok, a 11. ábrán látható.

11. Táblázat I. FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó HEC_RAS modellezés eredményei

Területhasználat neve	Terület-használat nagysága (ha)	1. FORGATÓKÖNYV				
		Érdességi értékek	Elöntött terület nagysága (ha)	Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m ³ /s)
1.1.1 Összefüggő településszerkezet	2738,6	0,016	451,1	1,51	0,25	0,47
1.1.2 Nem összefüggő településszerkezet	127,3	0,014	27,1	1,6	0,2	0,4548
1.2.1 Ipari vagy kereskedelmi területek	904,5	0,014	292,1	1,27	0,13	0,1361
1.2.2 Út - és vasúthálózat és csatlakozó területek	305,9	0,02	107,4	1,63	0,49	0,8734
1.2.3 Kikötők	184,3	0,024	62,8	2,02	0,21	0,5079
1.2.4 Repülőterek	0,0013	0,012				
1.3.3 Építési munkahelyek	24,9	0,022	4,5	2,61	0,03	0,0332
1.4.1 Városi zöldterületek	353,5	0,028	214,1	2,89	0,39	1,215
1.4.2 Sport-, szabadidő- és üdülőtérületek	203	0,035	144,3	1,97	0,22	0,6126
2.1.1 Nem öntözött szántóföldek	3491,6	0,045	2025,3	2,38	0,21	0,555
2.2.1 Szőlők	1,1	0,033				
2.2.2 Gyümölcsösök, bogyósok	59,2	0,03	43,4	1,62	0,2	0,3736
2.3.1 Rét, legelő	1073,95	0,03	743,9	2,49	0,29	0,8029
2.4.2 Komplex művelési szerkezet	765,7	0,038	479,54	1,85	0,2	0,4204
3.1.1 Lomblevelű erdők	3679,4	0,055	2760,1	3,91	0,32	1,5386
3.1.2 Tülevelű erdők	73,8	0,055	58,8	1,01	0,01	0,0081
3.1.3 Vegyes erdők	257,7	0,055	173,3	3,25	0,27	1,4538
3.2.1 Természetes gyepek, természetközeli rétek	111,2	0,03	19,3	2,61	0,14	0,4434
3.2.4 Átmeneti erdőscserjés területek	834,4	0,045	476,9	3,12	0,3	1,3413
4.1.1 Szárazföldi mocsarak	25,5	0,024				
5.1.1 Folyóvizek, vízi utak	4755,8	0,024	4752,7	11,29	1,44	16,6343
5.1.2 Állóvizek	500,3	0,024	375,4	9,72	0,11	1,1935
Átlag átlaga	760,777565		475,5258824	2,22	0,227059	0,66118235

Forrás: Szerző és társai

Jelenleg az alábbi területhasználatok esetében merül fel jelentős érintettség valamelyik paraméter nagysága alapján, azaz ezek azok a területek, ahol a változások az árvízszintre, természetvédelemre, ökoszisztémára hatással vannak, akár negatív, akár pozitív értelemben:

Összefüggő településszerkezet: Elöntött területe, ott a víz sebessége átlagos mértékű, az elöntési vízmélysége és fajlagos vízhozama átlag alatti. Feltételezhető, hogy a jövőben

javíthatók az érdességi viszonyok, illetve, ha nem vezetünk be intézkedéseket és romlik a terület levezető-képessége, akkor az árvízszintet negatívan befolyásolja a terület állapota.

Út - és vasúthálózat és csatlakozó területek: Ezen a területen a fajlagos vízhozam értéken kívül minden átlag alatti, a vízhozam érték átlag feletti.

Városi zöldterületek: Elöntési vízmélységük és fajlagos vízhozamuk átlag feletti, többi értékük átlag alatti. Ezen értékek alapján azt feltételezzük, hogy a jövőben javíthatók az érdességi viszonyok, illetve, ha nem vezetünk be intézkedéseket vagy a természetes területek fenntartása elmarad, és romlik a terület levezető-képessége, akkor az árvízszintet és a természeti értékeket negatívan befolyásolja a terület állapota.

Nem öntözött szántóföldek: Az elöntött terület nagysága az átlag négyszerese, elöntési vízmélysége átlag feletti, az átlagos sebesség és a fajlagos vízhozam viszont alacsony. Ezen értékek alapján azt feltételezzük, hogy a jövőben javíthatók az érdességi viszonyok, illetve, ha nem vezetünk be intézkedéseket, vagy a területet elhanyagolják, és romlik a terület levezető-képessége, akkor az árvízszintet negatívan befolyásolja a terület állapota.

Rét, legelő: Minden értéke átlag feletti, mely alapján feltételezhető, hogy a jövőben az érdességek változása hatást gyakorol majd.

Komplex művelési szerkezet: Elöntött területének nagysága átlagos, többi értéke átlag alatt. Úgy véljük a jövőben – a terület jellege miatt – kismértékben, de javítható lesz az érdesség. Hatása az árvízszintekre önállóan várhatóan nem lenne számottevő, de természeti értéke növelhető lehet.

Lomblevelű erdők: A legérzékenyebb területhasználat, minden értéke átlag feletti. Elöntött területének nagysága az átlag majdnem hatszorosa. Jellemzően azért, mert ezen területekhez tartoznak a part menti sávban az erdők, véderdők. Az értékek alapján feltételezhető, hogy a jövőben javíthatók az érdességi viszonyok, illetve intézkedések híján, vagy ha a területet elhanyagolják, és romlik a terület levezető-képessége, akkor az árvízszintet és a természeti értékeket is negatívan befolyásolja a terület állapota.

Vegyes erdők: Sem teljes, sem elöntött területe nem éri el az átlagot. Minden más érték átlag feletti. Feltételezzük, hogy a jövőben kismértékben, de javítható lesz az érdesség. Hatása az árvízszintekre önállóan várhatóan nem lenne számottevő, a természeti értéke növelhető lehet.

Átmeneti erdős-cserjés területek: Minden értéke átlag feletti, ezért azt feltételezzük, hogy a jövőben javíthatók az érdességi viszonyok, illetve, ha nem vezetünk be intézkedéseket, vagy a területet elhanyagolják, és romlik a terület levezető-képessége, akkor az árvízszintet és a természeti értékeket is negatívan befolyásolja a terület állapota.

A Duna-folyam középvízi medrét, a működő mellékágakat magában foglaló folyóvizek, vízi utak területeket, valamint a csatornákat, tavakat és holtágakat magában foglaló állóvizek területeket a számításból kihagytuk. Ennek oka, hogy ezekkel a területekkel nem állapítottunk meg új érdességeket. A középvízi meder érdessége, területe idővel változik a szukcessziós folyamatok miatt, ezt az érdességi mezők jelen állapotra való módosításánál figyelembe vettük. A holtágak, mellékágak revitalizációja, csatornák rendezése javasolt intézkedés ugyan, de érdességi szempontból a teljes területhez képest jelentős hatást nem várunk, hiszen természetes jellegük megtartandó és már jelenleg is jó a fajlagos vízhozam értékük és elöntött területeinek nagysága.

Az eredmények alapján a feltételezést, mely szerint, ha a területen a természetes és mezőgazdasági, valamint mesterséges, épített környezeti területhasználatoknál már a jelenlegi állapotban is negatív hatással vannak a jelenleg érvényben lévő mértékadó árvízszintre, igazoltuk.

II. FORGATÓKÖNYV (F2)

A II. forgatókönyvben azt vizsgáltuk, hogy Szentendrei-szigeti modell területen **a jelenlegi területhasználata alapján kialakult érdesség viszonyokkal, azonban az éghajlatváltozás hatásaival felülvizsgált MÁSZ-hoz tartozó vízhozam értékkel az árhullám milyen szinten vonul le.** Tehát az érdességi értékeket és a hozzájuk tartozó érdességi mezők megegyeznek az F1-ben használattal. Ennek következtében azt is feltételezzük, hogy a nagyvízi mederkezelési intézkedések végrehajtásával és a területen a növényzet átalakításában, a területhasználatokban sem történik semmilyen pozitív vagy negatív változás a jövőben. A modellt a jelenlegi érdességi állapotra és a felülvizsgált MÁSZ-hoz tartozó vízhozam értékre futtattuk. A futtatás eredménye a különböző területhasználatok elöntött területének nagysága, az ott megjelenő átlagos vízmélység, sebesség és fajlagos vízhozamok.

12. Táblázat II. FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó HEC_RAS modellezés eredményei

Területhasználat neve	Terület- használat nagysága (ha)	2. FORGATÓKÖNYV				
		Érdességi értékek	Előntött terület nagysága (ha)	Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m ² /s)
1.1.1 Összefüggő településszerkezet	2738,6	0,016	506,2	1,77	0,29	0,63
1.1.2 Nem összefüggő településszerkezet	127,3	0,014	35,5	1,58	0,24	0,4644
1.2.1 Ipari vagy kereskedelmi területek	904,5	0,014	337,3	1,54	0,18	0,2515
1.2.2 Út - és vasúthálózat és csatlakozó területek	305,9	0,02	134,1	1,69	0,44	0,9631
1.2.3 Kikötők	184,3	0,024	115,7	1,4	0,17	0,377
1.2.4 Repülőterek	0,0013	0,012				
1.3.3 Építési munkahelyek	24,9	0,022	4,9	2,74	0,05	0,0703
1.4.1 Városi zöldterületek	353,5	0,028	222,3	3,22	0,47	1,5886
1.4.2 Sport-, szabadidő- és üdülőterületek	203	0,035	155,4	2,25	0,26	0,7633
2.1.1 Nem öntözött szántóföldek	3491,6	0,045	2066,1	2,76	0,24	0,7254
2.2.1 Szőlők	1,1	0,033				
2.2.2 Gyümölcsösök, bogyósok	59,2	0,03	47	1,93	0,23	0,5165
2.3.1 Rét, legelő	1073,95	0,03	770,3	2,83	0,32	1,0028
2.4.2 Komplex művelési szerkezet	765,7	0,038	499,8	2,17	0,25	0,5787
3.1.1 Lomblevelű erdők	3679,4	0,055	2809,4	4,26	0,35	1,7746
3.1.2 Tülevelű erdők	73,8	0,055	65,2	1,33	0,02	0,0291
3.1.3 Vegyes erdők	257,7	0,055	183,6	3,49	0,28	1,5649
3.2.1 Természetes gyepek, természetközeli rétek	111,2	0,03	20,3	2,87	0,16	0,5373
3.2.4 Átmeneti erdős-cserjés területek	834,4	0,045	502,1	3,4	0,32	1,5149
4.1.1 Szárazföldi mocsarak	25,5	0,024				
5.1.1 Folyóvizek, vízi utak	4755,8	0,024	4752,7	11,71	1,048	17,6136
5.1.2 Állóvizek	500,3	0,024	379	10,06	0,17	1,8063
Átlag átlaga	760,777565		498,5411765	2,4252941	0,251176	0,78543529

Forrás: Szerző és társai

Jelen forgatókönyvben az érdességi értékeken nem változtattunk, ezért a területhasználatok értékelésével kapcsolatban sem tudunk beszámolni egyedileg. Az egyértelműen látható, hogy minden terület minden vizsgált adatának vonatkozásában az értékek nőttek, mely a megnövekedett modellezési vízhozam értékből következik.

Az eredmények alapján a feltételezést, amely szerint, ha a területen a természetes és mezőgazdasági, valamint mesterséges, épített környezeti területhasználatoknál jelenlegi állapotukban az éghajlatváltozás hatásával növelt mértékadó árvízszintre további negatív hatással bír, igazoltuk.

III. FORGATÓKÖNYV

A III. forгатókönyvben modellterület vonatkozásában elkészítettünk a területre egy hosszabb időtávon feltételezett kialakulható legrosszabb érdességi viszonyt, valószínűsítve azt a helyzetet, hogy a nagyvízi meder területén nem történik a jövőben sem semmilyen pozitív változás. **Az érdességi értékeket a jelenleg kialakult területhasználati viszonyokon rontottuk. A modell vízhozam peremfeltétele az éghajlatváltozás hatására romlott MÁSZ érték volt.** Ennek következtében azt is feltételezzük, hogy a nagyvízi mederkezelési intézkedések végrehajtásával és a területen a növényzet átalakításában, a területhasználatokban további negatív változás lesz a jövőben.

Összefüggő településszerkezet (belváros): Az összefüggő településszerkezet esetében a városias, jelenleg is sűrűn beépített területek további erős fejlesztését feltételezhető legrosszabb állapotnak, azaz a beépítetlen területek arányának erős csökkenésével (szabad területek beépítése, már beépített területeken a régebbi épületek bontása és sűrűbb új beépítések, kertes házakhoz csatlakozó kertek méretének csökkenése, stb.), áramlásra merőleges akadályok számának és kiterjedésének növekedésével számoltunk. A HEC-RAS guide szerinti közepes intenzitású fejlesztett terület kategóriát vettük alapul, ahol a nagyobb szélső érték 0,16. A településfejlesztési szabályok esetében feltételezzük, hogy azok egy szinten túl semmilyen érdek miatt sem lazíthatóak, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,14 érdesség értékkel vettük számba.

Nem összefüggő településszerkezet (külváros, település agglomeráció): A nem összefüggő településszerkezet esetében a külvárosias, jelenleg is sűrűn beépített területek további erős fejlesztését feltételeztük legrosszabb állapotnak. A beépítetlen területek arányának erős csökkenésével (szabad területek beépítése, már beépített területeken a régebbi épületek bontása és sűrűbb új beépítések, kertes házakhoz csatlakozó kertek méretének csökkenése stb.), áramlásra merőleges akadályok számának és kiterjedésének növekedésével (kerítések, utcabútorok) számoltunk. A HEC-RAS guide szerinti közepes intenzitású fejlesztett terület kategóriát vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,16. A településfejlesztési szabályok esetében feltételezzük, hogy azok egy szinten túl semmilyen érdek miatt sem lazíthatóak, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,12 érdesség értékkel vettük számba.

Ipari vagy kereskedelmi területek: Ezen területek esetében a raktárakkal, ipari építményekkel jelenleg is sűrűn beépített területek további erős fejlesztését feltételeztük legrosszabb állapotnak, azaz a beépítetlen területek arányának erős csökkenésével (szabad területek beépítése, már beépített területeken a régebbi épületek bontása és sűrűbb új beépítések, stb.),

áramlásra merőleges akadályok számának és kiterjedésének növekedésével (kerítések, külső anyag és eszköz deponálás, tárolás) számoltunk. A HEC-RAS guide szerinti erős intenzitású fejlesztett terület kategóriát vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,20. A településfejlesztési szabályok esetében feltételezzük, hogy azok egy szinten túl semmilyen érdek miatt sem lazíthatóak, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,16 érdesség értékkel vettük számba.

Út - és vasúthálózat és csatlakozó területek: Ezen területek esetében a jelenlegi kis arányban beépített, de kisebb felületen akadályokkal erősen tűzdelt állapottal számoltunk. A HEC-RAS guide szerinti fejlesztett szabadtéri terület kategóriát vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,03, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,05 érdesség értékkel vettük számba.

Kikötők, építési munkahelyek: Ezen területek esetében a jelenlegi kis arányban beépített, de kisebb felületen akadályokkal erősen tűzdelt állapottal számoltunk. A HEC-RAS guide szerinti fejlesztett szabadtéri terület kategóriát vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,05, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,05 érdesség értékkel vettük számba.

Városi zöldterületek: A városi zöld területek esetében a jelenlegi kis arányban beépített, parkosított területekkel (alapvetően sűrűn kaszált gyepfelület, esetlegesen gyér fásítással) számoltunk. A HEC-RAS guide szerinti fejlesztett szabadtéri terület kategóriát vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,05. A településfejlesztési szabályok esetében feltételezzük, hogy azok egy szinten túl semmilyen érdek miatt sem lazíthatóak, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,03 érdesség értékkel vettük számba.

Sport-, szabadidő- és üdülőterületek: Ezen területek esetében a jelenlegi területek erős fejlesztését feltételeztük legrosszabb állapotnak, azaz a beépítetlen területek arányának erős csökkenésével (szabad területek beépítése, már beépített területeken a régebbi épületek bontása és sűrűbb új beépítések nagyobb alapterülettel, lábasházak megszűnése, átalakítása, szabadterek méretének csökkenése, stb.), áramlásra merőleges akadályok számának és kiterjedésének növekedésével (kerítések, utcabútorok) számoltunk. A HEC-RAS guide szerinti alacsony intenzitású fejlesztett terület kategóriát vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,12. A településfejlesztési szabályok esetében feltételezzük, hogy azok egy szinten túl semmilyen érdek miatt sem lazíthatóak, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,10 érdesség értékkel vettük számba.

Nem öntözött szántóterületek: A nem öntözött szántóterületek esetében a jelenlegi területeken a gabonafélékre váltással, intenzív műveléssel számoltunk. A HEC-RAS guide szerinti művelt terület kategóriát vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,05, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,05 érdesség értékkel vettük számba.

Lomblevelű erdő, tűlevelű erdő, vegyes erdők, átmeneti erdős-cserjés területek: Az erdők, erdős-cserjés területek esetében az invazív fajok sűrűsödésével, a tőközök csökkenésével és az áramlás számára szabad keresztmetszet területének további jelentős csökkenésével számoltunk. A HEC-RAS guide szerinti lombhullató, tűlevelű erdő kategóriákat vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,16-0,20, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,16 érdesség értékkel vettük számba.

A gyümölcsösök, bogyósok, szőlők: Ezen területek esetében az intenzív műveléssel, a tőközök csökkenésével és az áramlás számára szabad keresztmetszet területének további jelentős csökkenésével számoltunk. A HEC-RAS guide alapján pontosan nem besorolható, így a cserjés, bozotos, illetve füves, cserjés terület kategóriákat vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,05 - 0,16, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,08 érdesség értékkel vettük számba.

Rét, legelő: Ezen területek esetében a legeltetés és a kaszálási munkák csökkenésével, elmaradásával számoltunk, mint legrosszabb állapot. A HEC-RAS guide szerinti füves/cserjés terület kategóriákat vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,05, ahol nagyobb kiterjedésű cserjés területtel nem feltételezünk, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,035 érdesség értékkel vettük számba.

Természetes gyepek, természetközeli rétek Ezen területek esetében a legeltetés és a kaszálási munkák csökkenésével, elmaradásával számoltunk, mint legrosszabb állapot. A HEC-RAS guide szerinti füves/cserjés terület kategóriákat vettük alapul, ahol a nagyobb szélsőérték 0,05, ahol nagyobb kiterjedésű cserjés területtel nem feltételezünk, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,035 érdesség értékkel vettük számba.

Komplex művelési szerkezet (pl.: zártkertek): Ezen területek esetében a jelenlegi területek erős fejlesztését feltételeztük legrosszabb állapotnak, azaz a beépítettség növekedésével és a fennmaradó területeken intenzív hasznosítással (gyümölcsös, szőlős, anyag deponálás stb.) számoltunk. A HEC-RAS guide alapján pontosan nem besorolható, de a közepes intenzitással

fejlesztett terület, valamint a cserjés, bokros terület keverékét feltételezzük, így a területen elérhető legrosszabb állapotot 0,16 érdesség értékkel vettük számba.

A modellt egy jövőbeni legrosszabb kialakulható érdességi állapotra és a felülvizsgált MÁSZ-hoz tartozó vízhozam értékre futtattuk. A futtatás eredménye a különböző területhasználatok előntött területének nagysága, az ott megjelenő átlagos vízmélység, sebesség és fajlagos vízhozamok.

13. Táblázat III. FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó HEC_RAS modellezés eredményei

Területhasználat neve	Terület-használat nagysága (ha)	3. FORGATÓKÖNYV				
		Érdességi értékek	Elöntött terület nagysága (ha)	Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m ² /s)
1.1.1 Összefüggő településszerkezet	2738,6	0,014	550,48	1,91	0,3	0,6875
1.1.2 Nem összefüggő településszerkezet	127,3	0,12	38,69	1,69	0,08	0,2109
1.2.1 Ipari vagy kereskedelmi területek	904,5	0,16	347,9	1,67	0,04	0,0838
1.2.2 Út - és vasúthálózat és csatlakozó területek	305,9	0,03	147,69	1,7	0,36	0,8205
1.2.3 Kikötők	184,3	0,05	146,58	1,31	0,09	0,2056
1.2.4 Repülőterek	0,0013	0,04				
1.3.3 Építési munkahelyek	24,9	0,05	5,03	2,78	0,04	0,0589
1.4.1 Városi zöldterületek	353,5	0,03	226,23	3,34	0,48	1,6894
1.4.2 Sport-, szabadidő- és üdülőterületek	203	0,1	161,03	2,47	0,14	0,4244
2.1.1 Nem öntözött szántóföldek	3491,6	0,05	2088,79	3,01	0,23	0,7236
2.2.1 Szőlők	1,1	0,08				
2.2.2 Gyümölcsösök, bogyósok	59,2	0,08	48,79	2,18	0,19	0,4755
2.3.1 Rét, legelő	1073,95	0,035	782,34	3,05	0,27	0,8996
2.4.2 Komplex művelési szerkezet	765,7	0,16	508,31	2,4	0,08	0,2176
3.1.1 Lomblevelű erdők	3679,4	0,16	2836,15	4,46	0,16	0,8552
3.1.2 Tülevelű erdők	73,8	0,16	68,93	1,59	0,01	0,0162
3.1.3 Vegyes erdők	257,7	0,16	186,6	3,64	0,15	0,9342
3.2.1 Természetes gyepek, természetközeli rétek	111,2	0,035	20,39	3,11	0,13	0,4798
3.2.4 Átmeneti erdős-cserjés területek	834,4	0,016	521,36	3,48	0,38	1,7177
4.1.1 Szárazföldi mocsarak	25,5	0,15				
5.1.1 Folyóvizek, vízi utak	4755,8	0,024	4752,71	11,95	1,49	18,2522
5.1.2 Állóvizek	500,3	0,028	379,26	10,31	0,14	1,6374
Átlag átlaga	760,777565		510,8994118	2,5758824	0,184118	0,61767059

Forrás: Szerző és társai

Jelen forgatókönyvben minden érdességi értékeken negatív irányban változtattunk, tehát a területhasználatok értékelésével kapcsolatban az egyértelműen látható, hogy minden terület minden vizsgált adatának vonatkozásában az értékek nőttek, mely a modellezett paraméterekből egyértelműen következik.

Az eredmények alapján a feltételezést, amely szerint ha a területen a természetes és mezőgazdasági, valamint mesterséges, épített környezeti területhasználatoknál a jövőben sem történik semmilyen szabályozás vagy változtatás a kezelésükkel kapcsolatban, akkor az a mértékadó árvízszint növekedését eredményezi, igazoltuk.

IV. FORGATÓKÖNYV (F4)

Az IV. forgatókönyvben **a természetes és mezőgazdasági környezetben módosított területhasználatot és érdességeket (mesterséges F1 értékekkel) vizsgáltuk az éghajlatváltozás hatásával módosított MÁSZ értékkel.** Mivel jelenleg semmilyen érdemleges intézkedés nem valósul meg a területhasználatok vonatkozásában a mederben, ennél a forgatókönyvben azt feltételezzük, hogy ezek kezelése megtörténik, ezért a jelenleginél **jobb állapotot**, azaz érdességi viszonyt alkalmazunk (**pozitív hatás**). Ez egy jövőbeni feltételezett állapot, amikor az éghajlatváltozás hatása tény (emelkedett vízhozam).

Az érdességeket a jelenlegi állapothoz képest, tehát az F1-hez képest javítjuk. Az F1 eredménytáblázatban elsősorban a legnagyobb előntött területi aránnyal, de alacsony fajlagos vízhozammal rendelkező területeket kerestük (természetes, mezőgazdasági) annak érdekében, hogy minél nagyobb vízzállítási kapacitáshatékonyságot érjünk el. Ugyan elsősorban azokat a területeket kerestük, ahol a változtatás a leghatékonyabb, de végül mindenhol vizsgáltuk az érdesség csökkentésének lehetőségét.

Nem öntözött szántóterületek: Ezen területeken az érdesség csökkentése legkönnyebben művelési ágváltással elérhető. Javasoljuk tehát, hogy rendszeresen karbantartott rét, legelő művelési ágú területek legyenek. Az érdességi értékét ezeknek a területeknek 0,025 manning értékben határoztuk meg, mely a legalacsonyabb elérhető érték a HEC-RAS guide szerint.

Lomblevelű erdő: A legjelentősebb előntött területi aránnyal rendelkezik, ugyan a többi területhez képest jó fajlagos vízhozam értékkel, de reálisan tovább javítható a lefolyás az invazív fajok visszaszorításával és az erdők ligetesítésével, mely egyébként is fontos feladata az érintetteknek. Ez alkalmassá teheti a területet az erdei legeltetésre, mely a fenntartást költséghatékonyan is biztosítja. Az érdességi értékét ezeknek a területeknek 0,05 manning értékre csökkentettük 0,055-ről, mely a legalacsonyabb elérhető érték a HEC-RAS guide szerint.

Rét, legelő: Elmondható, hogy a területek elöntési aránya kicsit magasabb az átlagnál, a fajlagos vízhozam alacsony, azonban a lomblevelű erdőkhez hasonlóan megfelelő fenntartás (pl. folyamatos legeltetés, kaszálás) mellett javítható az érdesség. Az érdességi értékét ezeknek a területeknek 0,025 manning értékre csökkentettük 0,035-ről, mely a legalacsonyabb elérhető érték a HEC-RAS guide szerint.

Tülevelű erdő: Egy helyen észleltük (Magyarország Erdészeti Webtérképén történő ellenőrzés során), hogy bizonyos területeken nem kizárólag tülevelű erdőtelepítés található, inkább elegyes. Alapvetően kis területen található, ebből következően az elöntött terület nagysága is kicsi és nagyon kicsi a fajlagos vízhozam is. Mindezek ellenére az érdességi értékre úgy gondoljuk, hogy minimális csökkentés valós elvárás lehet, az üzemrendnek megfelelően való fenntartástól. Az érdességi értékét ezeknek a területeknek 0,05 manning értékre csökkentettük 0,055-ről, mely a legalacsonyabb elérhető érték a HEC-RAS guide szerint.

Vegyes erdők: Nem rossz a fajlagos vízhozam érték, de relatív kicsi elöntött terület tartozik hozzá. Itt is azt tudjuk javasolni, hogy az általános, megfelelő erdészeti karbantartás az érdességeket jó értéken tudja tartani, valamint az erdei legeltetés szintén jól karbantartaná a területet. A terület közvetlen szomszédja a természetes gyepeknek és lomblevelű erdőknek. Az érdességi értékét a vegyes erdő területnek 0,05 manning értékre csökkentettük 0,055-ről, mely a legalacsonyabb elérhető érték a HEC-RAS guide szerint.

Nem módosítottuk az alábbi természetes/mezőgazdasági területhasználatokhoz tartozó értékeket:

Átmeneti erdős-cserjés: Tűrhető a fajlagos vízhozam érték, és kissé alacsony mértékű terület érintett az elöntéssel. Úgy gondoljuk, hogy ez tovább javítható, ha a területeket aktívan kezelik a területen érvényes természetvédelmi kezelési terveknek, célkitűzéseknek megfelelően, érdességi értéket nem állítottuk be jobbra, mert az F1-ben használt értéknél hivatkozható alacsonyabb értéket nem találtunk. Az érdességi érték ennek megfelelően az F4-ben 0,045.

Komplex művelési szerkezet: A művelési ágváltást nem javasoljuk, mert jellemzően olyan komplex, természetközeli gazdálkodást folytatnak ezen területeken, ami kifejezetten támogatja a fenntarthatósági célokat, és számos ökoszisztéma szolgáltatást nyújt. Az érdességi érték tehát az F1-hez képest nem változik, azaz 0,03. Ugyanakkor megjegyezzük, hogy ezzel az értékkel akkor számolhatunk, ha a területhasználat jelenlegi állapota „konzervált”, tehát továbbra is a jelenlegi karbantartottsági és használati tényezők állnak fent a jövőben.

A gyümölcsösök, bogyósok, valamint a szőlők nevű területhasználtak esetében nem javítunk az érdességen, egyrészt azért, mert kicsi az előntött terület nagysága, másrészt pedig feltételezzük, hogy művelt, ezzel együtt kaszált területek, ami a legjobb elérhető állapotot eredményezi szempontunkból.

Természetes gyepek, természetközeli rétek esetében úgy gondoljuk, hogy jelenlegi állapotuk megfelelő, és feltételezzük, hogy természetvédelmi kezelésük a jövőben is megmarad, azaz például nem hagyják idegenhonos, inváziós fajok terjedését, mely az érdességi értékeket rontaná.

A folyóvizek, víziutak, állóvizek és szárazföldi mocsarak esetében szintén nem változtattunk az értékeken. A középvízi meder érdessége, területe változik a szukcessziós folyamatok miatt, ezt az érdességi mezők jelen állapotra való módosításánál figyelembe vettük. Állóvizek és a szárazföldi mocsarak tekintetében nem állapítottunk meg olyan intézkedést, amely jelentősen befolyásolhatná a viszonyokat. A holtágak, mellékágak revitalizációja, csatornák rendezése javasolt intézkedés ugyan, de érdességi szempontból a teljes területhez képest jelentős hatást nem várunk, hiszen természetes jellegük megtartandó.

A modellt mesterséges, épített környezeti területek vonatkozásában a jelenlegi, a természetes és mezőgazdasági területek esetében pedig egy jelenlegi állapothoz képest intézkedésekkel javított érdességi állapotra, valamint a felülvizsgált MÁSZ-hoz tartozó vízhozam értékre futtattuk. A futtatás eredménye a különböző területhasználtak előntött területének nagysága, az ott megjelenő átlagos vízmélység, sebesség és fajlagos vízhozamok.

14. Táblázat IV. FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó HEC_RAS modellezés eredményei

Területhasználat neve	Terület- használat nagysága (ha)	4. FORGATÓKÖNYV				
		Érdességi értékek	Elöntött terület nagysága (ha)	Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m ³ /s)
1.1.1 Összefüggő településszerkezet	2738,6	0,016	501,45	1,73	0,29	0,6193
1.1.2 Nem összefüggő településszerkezet	127,3	0,014	34,48	1,56	0,24	0,4658
1.2.1 Ipari vagy kereskedelmi területek	904,5	0,014	336,03	1,51	0,18	0,2405
1.2.2 Út - és vasúthálózat és csatlakozó területek	305,9	0,02	132,66	1,68	0,44	0,958
1.2.3 Kikötők	184,3	0,024	111,35	1,44	0,17	0,3923
1.2.4 Repülőterek	0,0013	0,012				
1.3.3 Építési munkahelyek	24,9	0,022	4,9	2,73	0,05	0,06139
1.4.1 Városi zöldterületek	353,5	0,028	222,12	3,19	0,47	1,5642
1.4.2 Sport-, szabadidő- és üdülőtérületek	203	0,035	154,23	2,2	0,26	0,7566
2.1.1 Nem öntözött szántóföldek	3491,6	0,025	2026,28	2,71	0,38	0,9871
2.2.1 Szőlők	1,1	0,033				
2.2.2 Gyümölcsösök, bogyósok	59,2	0,03	46,79	1,89	0,25	0,5399
2.3.1 Rét, legelő	1073,95	0,025	768,19	2,79	0,36	1,1113
2.4.2 Komplex művelési szerkezet	765,7	0,03	497,94	2,12	0,29	0,6454
3.1.1 Lomblevelű erdők	3679,4	0,05	2806,51	4,22	0,38	1,8675
3.1.2 Tülevelű erdők	73,8	0,05	64,35	1,29	0,01	0,0189
3.1.3 Vegyes erdők	257,7	0,05	182,91	3,46	0,3	1,6368
3.2.1 Természetes gyepek, természetközeli rétek	111,2	0,03	20,27	2,81	0,16	0,54233
3.2.4 Átmeneti erdős-cserjés területek	834,4	0,045	500,54	3,33	0,32	1,5209
4.1.1 Szárazföldi mocsarak	25,5	0,024				
5.1.1 Folyóvizek, vízi utak	4755,8	0,024	4752,71	11,66	1,47	17,4299
5.1.2 Állóvizek	500,3	0,024	378,93	10,01	0,16	1,7907
Átlag átlaga	760,777565		494,7647059	2,391764706	0,267647059	0,819307059

Forrás: Szerző és társai

Jelen forgatókönyvben az épített környezeti területek vonatkozásában nem, de a természetes és mezőgazdasági területek esetében a jelenlegi állapothoz képest (F1) intézkedésekkel javított érdességekkel dolgoztunk. A területhasználatok értékelésével kapcsolatban az látható, hogy ez a forgatókönyv változat szinte megegyezik az F2 változattal minden paraméter esetében, de fontos, hogy az elöntött területek nagysága és az átlagos elöntési vízmélység csökkent, ami pozitív változás. Ebből következik, hogy kizárólag a természetes és mezőgazdasági területek esetében történő változtatásokkal az árvízszintekre csekély, de mindenképpen pozitív változás érhető el. A természeti értékek növelhetők is a Natura 2000 előírások betartása mellett. Az eredmények alapján a feltételezést, mely szerint a területen a természetes és mezőgazdasági területhasználatoknál a javasolt módosítások az árvízszinteket csökkentik, igazoltuk. Az is igazolt, hogy kizárólag ezeknek a területeknek a változtatása egyedül elegendő.

V. FORGATÓKÖNYV (F5)

Az V. forgatókönyvben az **épített környezet, mesterséges területek változását, javítását, azaz az ebben a környezetben a lehetséges pozitív hatást kifejtő intézkedések hatásait**

vizsgáltuk az éghajlatváltozás hatásával felülvizsgált MÁSZ-hoz tartozó vízhozam értékkel. Mivel jelenleg semmilyen érdemleges intézkedés nem valósul meg a területhasználatok vonatkozásában a mederben, ennél a forgatókönyvnél azt feltételezzük, hogy ezek kezelése megtörténik, ezért a jelenleginél jobb állapotot, azaz érdességi viszonyt alkalmazunk (pozitív hatás). Feltételeztük tehát a nagyvízi mederkezelés építési követelményeinek betartását, az épített környezetnek az átalakítását, és ennek megfelelően alakítottuk ki az érdességi viszonyokat. Ez egy jövőbeni feltételezett állapot, amikor az éghajlatváltozás hatása tény (emelt vízhozam).

Az út- és vasúthálózat és csatlakozó területek esetében az érdességeket az F1-hez képest 0,2-ről 0,013-ra csökkentettük, mely a CORINE szerinti érték. Úgy gondoljuk, hogy a területen azon infrastrukturális elemek mentén, melyek az ártéren a lefolyást nehezíthetik, – bár vélhetően nagy forrásigénnyel – de feltételezünk olyan intézkedések végrehajtását, melyek azok valamilyen jellegű átalakítását irányozzák elő. Hozzáteesszük, hogy ez az intézkedés vélhetően a legéletszerűtlenebb.

Az építési munkahelyek megnevezésű területhasználat esetében az érdességeket az F1-hez képest 0,22-ről 0,013-ra csökkentettük, mely a CORINE szerinti érték. Úgy véljük, hogy a megnevezés zavaró, hiszen a kézikönyvek leírása alapján ezen területek alatt jellemzően bányákról van szó. Úgy véljük, hogy a felhagyott bányák rekultiválásával, valamint a még aktívan működő területeken az árvíz érkezése előtt a lefolyást akadályozó tárgyak elszállításával, és a terület rendezésével, továbbá az esetleges kiszolgáló épületek kiemelésével/mobil építmények alkalmazásának feltételezésével javítottuk az érdességet.

A városi zöldterületek érdességi értékét az F1-hez képest 0,028-ról 0,025-re módosítottuk, mely a CORINE szerinti érték de a HEC-RAS guide által megadott értékhatárokba is illeszkedik. A csökkentés oka az, hogy ezen területeken elhelyezhetők olyan építmények, melyek negatívan befolyásolhatják a lefolyási viszonyokat. Azt feltételeztük, hogy intézkedésünkkel az esetleges kiszolgáló épületek kiemelésével/mobil építmények alkalmazásának feltételezésével javítottuk az érdességet. Azért nem a legalacsonyabb értéket adtuk meg, mert úgy véljük, hogy városi környezetben kevésbé reális jelentős mértékű átalakítást feltételezni, végrehajtani. Véleményünk szerint ezeken a helyeken a zöldterületek karbantartottak.

Sport- szabadidő-, és üdülőtérületek esetében jelentős változást feltételeztünk, ezért az F1-hez képest 0,035-ről 0,025-re csökkentettük az érdességet, mely a CORINE szerinti érték. Javasoljuk, hogy az ártéri üdülőtérületek ez esetben a nagyvízi mederbeli építési szabályok szerint épülnek és a korábban készült épületeket is átalakítják. Ezen felül az esetleges sport- és szabadidő létesítmények, területek kiszolgáló épületeinek kiemelésével/mobil építmények alkalmazásának feltételezésével javítottuk az érdességet.

Nem módosítottuk az alábbi természetes/mezőgazdasági területhasználatokhoz tartozó értékeket:

Az következő területhasználatokon azért nem javítottunk, mert már alapmodellünkben is alacsony érdességgel alkalmazták őket, így további javításuk nem volt reális:

- összefüggő településszerkezet
- nem összefüggő településszerkezet
- ipari vagy kereskedelmi területek
- kikötők
- repülőterek
- komplex művelési szerkezet.

A modell mesterséges, épített környezeti területek vonatkozásában a jelenlegi állapothoz képest intézkedésekkel javított, a természetes és mezőgazdasági területek esetében pedig a jelenlegi érdességi állapotra, valamint a felülvizsgált MÁSZ-hoz tartozó vízhozam értékre futtattuk. A futtatás eredménye a különböző területhasználatok előtört területének nagysága, az ott megjelenő átlagos vízmélység, sebesség és fajlagos vízhozamok.

15. Táblázat V. FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó HEC_RAS modellezés eredményei

Területhasználat neve	Terület- használat nagysága (ha)	5. FORGATÓKÖNYV				
		Érdességi értékek	Elöntött terület nagysága (ha)	Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m ² /s)
1.1.1 Összefüggő településszerkezet	2738,6	0,016	506,4	1,75	0,29	0,6245
1.1.2 Nem összefüggő településszerkezet	127,3	0,014	35,67	1,56	0,24	0,4658
1.2.1 Ipari vagy kereskedelmi területek	904,5	0,014	337,47	1,53	0,17	0,2445
1.2.2 Út - és vasúthálózat és csatlakozó területek	305,9	0,013	134,26	1,67	0,52	1,0933
1.2.3 Kikötők	184,3	0,024	119,21	1,4	0,16	0,3623
1.2.4 Repülőterek	0,0013	0,012				
1.3.3 Építési munkahelyek	24,9	0,013	4,93	2,74	0,064	0,0837
1.4.1 Városi zöldterületek	353,5	0,025	222,45	3,2	0,5	1,6622
1.4.2 Sport-, szabadidő- és üdülőterületek	203	0,025	155,19	2,23	0,29	0,8697
2.1.1 Nem öntözött szántóföldek	3491,6	0,045	2066,2	2,74	0,24	0,7263
2.2.1 Szőlők	1,1	0,033				
2.2.2 Gyümölcsösök, bogyósok	59,2	0,03	46,91	1,91	0,23	0,5088
2.3.1 Rét, legelő	1073,95	0,03	769,98	2,81	0,32	0,9994
2.4.2 Komplex művelési szerkezet	765,7	0,03	499,69	2,16	0,29	0,6582
3.1.1 Lomblevelű erdők	3679,4	0,055	2809,55	4,25	0,35	1,771
3.1.2 Tülevelű erdők	73,8	0,055	64,89	1,32	0,02	0,0297
3.1.3 Vegyes erdők	257,7	0,055	183,31	3,48	0,28	1,5632
3.2.1 Természetes gyepek, természetközeli rétek	111,2	0,03	20,31	2,86	0,16	0,5387
3.2.4 Átmeneti erdős-cserjés területek	834,4	0,045	502,31	3,35	0,32	1,5241
4.1.1 Szárazföldi mocsarak	25,5	0,024				
5.1.1 Folyóvizek, vízi utak	4755,8	0,024	4752,71	11,69	1,48	17,6022
5.1.2 Állóvizek	500,3	0,024	378,97	10,05	0,16	1,7943
Átlag átlaga	760,777565		498,7488235	2,409411765	0,261411765	0,807376471

Forrás: Szerző és társai

Jelen forgatókönyvben a természetes és mezőgazdasági területek vonatkozásában nem módosítottuk. A mesterséges, épített környezeti területek esetében a jelenlegi állapothoz képest (F1) intézkedésekkel javított érdességekkel dolgoztunk. A területhasználatok értékelésével kapcsolatban az látható, hogy ez a forgatókönyv változat szinte megegyezik az F2 és F4 változatokkal minden paraméter esetében, de fontos, hogy az elöntött területek nagysága kismértékben nőtt. Ebből következik számunkra, hogy kizárólag a mesterséges, épített környezetben esetében történő változtatásokkal az árvízszintekre csekély, de mindenképpen pozitív változás érhető el. Az eredmények alapján a feltételezést, mely szerint a területen a mesterséges, épített környezeti területhasználatoknál a javasolt módosítások az árvízszinteket

csökkentik, igazoltuk. Az is igazolt, hogy kizárólag ezen területek változtatása egyedül nem lehet, lesz elegendő.

VI. FORGATÓKÖNYV (F6)

Az F6-ban a jelenlegi érdességi viszonyokhoz képest a természetes és mesterséges környezetbe együttesen beavatkozott intézkedésekkel **javított érdességekkel vizsgáltuk a modell változásait az éghajlatváltozás hatásával módosított MÁSZ-hoz tartozó vízhozam értékkel futtatva (pozitív hatás)**. Célja egy olyan komplex vizsgálat volt, amely feltételezi, hogy a teljes nagyvízi meder területén minden érintett területhasználat vonatkozásában – de ésszerű keretek között – pozitív irányba terhelhetők a területhasználatok, mind a természetvédelem, mind az árvízvédelem vonatkozásában.

Az érdességekhez az F4-ben és az F5-ben használt értékeket használtuk, valamint egy esetben, **a komplex művelési szerkezetű** területhasználatnál minimális javulást feltételeztünk. Ezen a területen előfordulhatnak ugyanis építmények, melyeket vélhetően át lehetne alakítani úgy, hogy a lefolyást kevésbé akadályozza. Emiatt az érdességi értéket az F1-ben használt 0,038, az F4-5-ben használt 0,03-hoz képest az F6-ban 0,023-ra javítottuk, mely a HEC-RAS guide alapján ezen területeken az elérhető legjobb érdességi érték. A modellt a jelenlegi állapotra futtattuk. A futtatás eredményei a különböző területhasználatok előntött területének nagysága, az ott megjelenő átlagos vízmélység, sebesség és fajlagos vízhozamok alapján az alábbiakban értékeltük.

16. Táblázat VI. FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó HEC_RAS modellezés eredményei

Területhasználat neve	Terület- használat nagysága (ha)	6. FORGATÓKÖNYV				
		Érdességi értékek	Előntött terület nagysága (ha)	Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m ² /s)
1.1.1 Összefüggő településszerkezet	2738,6	0,016	499,47	1,72	0,29	0,6167
1.1.2 Nem összefüggő településszerkezet	127,3	0,014	34,32	1,55	0,24	0,4691
1.2.1 Ipari vagy kereskedelmi területek	904,5	0,014	335,4	1,5	0,17	0,233
1.2.2 Út - és vasúthálózat és csatlakozó területek	305,9	0,013	132,09	1,67	0,52	1,088
1.2.3 Kikötők	184,3	0,024	110,49	1,44	0,17	0,3909
1.2.4 Repülőterek	0,0013	0,012				
1.3.3 Építési munkahelyek	24,9	0,013	4,9	2,72	0,058	0,0718
1.4.1 Városi zöldterületek	353,5	0,025	221,87	3,17	0,5	1,6351
1.4.2 Sport-, szabadidő- és üdülőterületek	203	0,025	153,89	2,19	0,29	0,8649
2.1.1 Nem öntözött szántóföldek	3491,6	0,025	2061,06	2,7	0,34	0,9882
2.2.1 Szőlők	1,1	0,033				
2.2.2 Gyümölcsösök, bogyósok	59,2	0,03	46,68	1,87	0,24	0,5317
2.3.1 Rét, legelő	1073,95	0,025	767,42	2,77	0,36	1,107
2.4.2 Komplex művelési szerkezet	765,7	0,023	497,51	2,11	0,33	0,7332
3.1.1 Lomblevelű erdők	3679,4	0,05	2804,67	4,2	0,38	1,865
3.1.2 Tülevelű erdők	73,8	0,05	64,07	1,28	0,01	0,0198
3.1.3 Vegyes erdők	257,7	0,05	182,57	3,45	0,3	1,6344
3.2.1 Természetes gyepek, természetközeli rétek	111,2	0,03	20,26	2,8	0,16	0,5388
3.2.4 Átmeneti erdőcserjés területek	834,4	0,045	499,72	3,32	0,33	1,5399
4.1.1 Szárazföldi mocsarak	25,5	0,024				
5.1.1 Folyóvizek, vízi utak	4755,8	0,024	4752,7	11,64	1,47	17,4175
5.1.2 Állóvizek	500,3	0,024	378,89	10	0,16	1,7824
Átlag átlaga	760,777565		496,2582353	2,38	0,275764706	0,842794118

Forrás: Szerző és társai

Jelen forgatókönyvben a természetes és mezőgazdasági, valamint a mesterséges, épített környezeti területek esetében is a jelenlegi állapothoz képest (F1) intézkedésekkel javított érdességekkel dolgoztunk. A területhasználatok értékelésével kapcsolatban az látható, hogy ez a forgatókönyv változat jelentős további javulást nem tudott eredményezni a korábbi változatokhoz képest. Ebből következik számunkra, hogy az összes területhasználat esetében történő változtatásokkal az árvízszintekre csekély, de mindenképpen pozitív változás érhető el. Úgy véljük, hogy a természetes és mezőgazdasági területeken javasolt változások a természeti

értékeket is növelik. Az eredmények alapján a feltételezést, mely szerint a területen a területhasználatoknál a javasolt módosítások az árvízszinteket csökkentik, igazoltuk. Az is igazolt, hogy kizárólag ezen területek változtatása egyedül nem lehet elegendő az éghajlatváltozás hatásának mérséklésére.

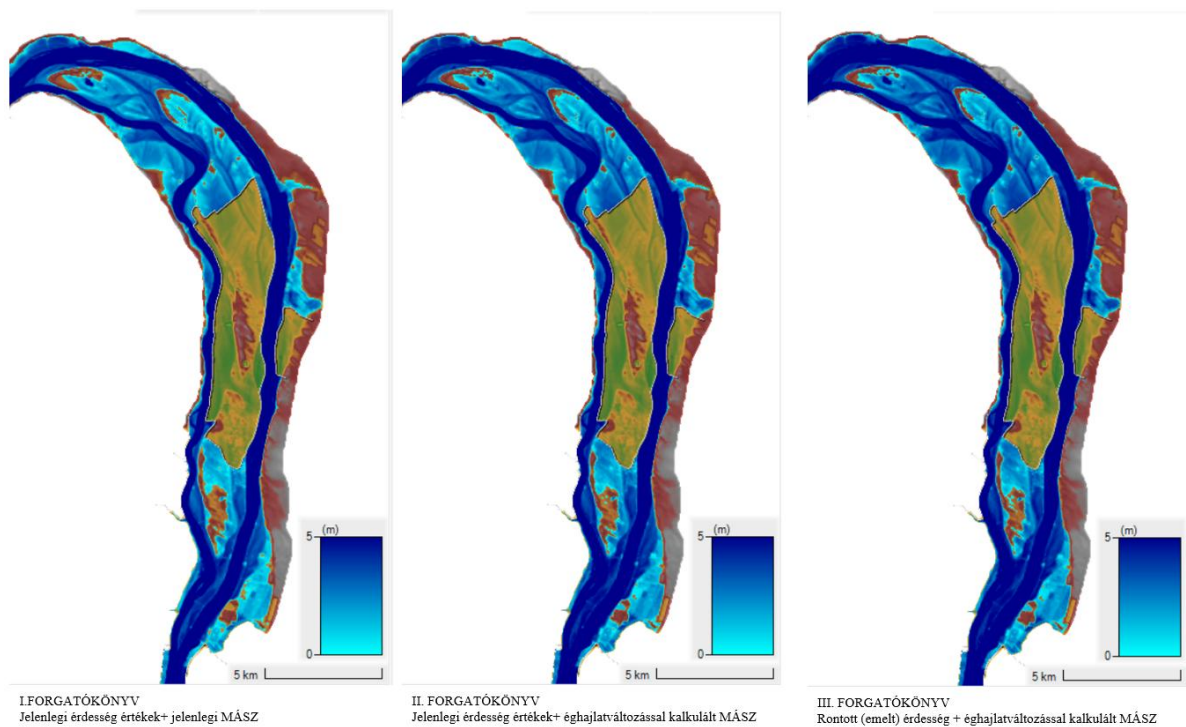
6.4. Eredmények

Az eredmények alapján az 1. Forгатókönyv feltételezése, - amely szerint a területen a természetes és mezőgazdasági, valamint mesterséges, épített környezeti területhasználatoknál már a jelenlegi állapotban is negatív hatással vannak a jelenleg érvényben lévő mértékadó árvízszintre, - igazolt.

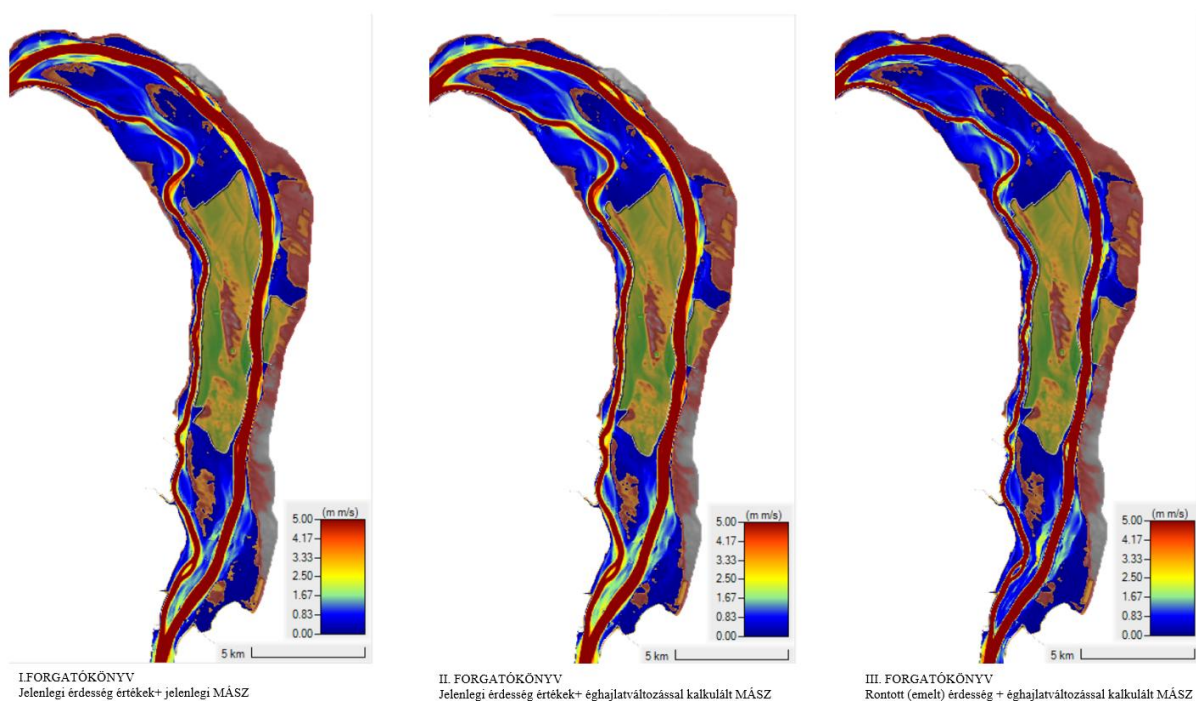
Az eredmények alapján az 2. Forгатókönyv feltételezése, - amely szerint a területen a természetes és mezőgazdasági, valamint mesterséges, épített környezeti területhasználatoknál jelenlegi állapotukban az éghajlatváltozás hatásával növelt mértékadó árvízszintre további negatív hatással bír, igazolt.

Az eredmények alapján az 3. Forгатókönyv feltételezése, amely szerint, ha területen a természetes és mezőgazdasági, valamint mesterséges, épített környezeti területhasználatoknál a jövőben sem történik semmilyen szabályozás vagy változtatás a kezelésükkel kapcsolatban, akkor az a mértékadó árvízszint növekedését eredményezi, igazolt.

46. ábra HEC-RAS modell Szentendrei-sziget nagyvízi meder mintaterület FI, FII, FIII futtatás vízmélység és áramkép modell eredmények



47. ábra HEC-RAS modell Szentendrei-sziget nagyvízi meder mintaterület FI, FII, FIII futtatás fajlagos vízhozamok

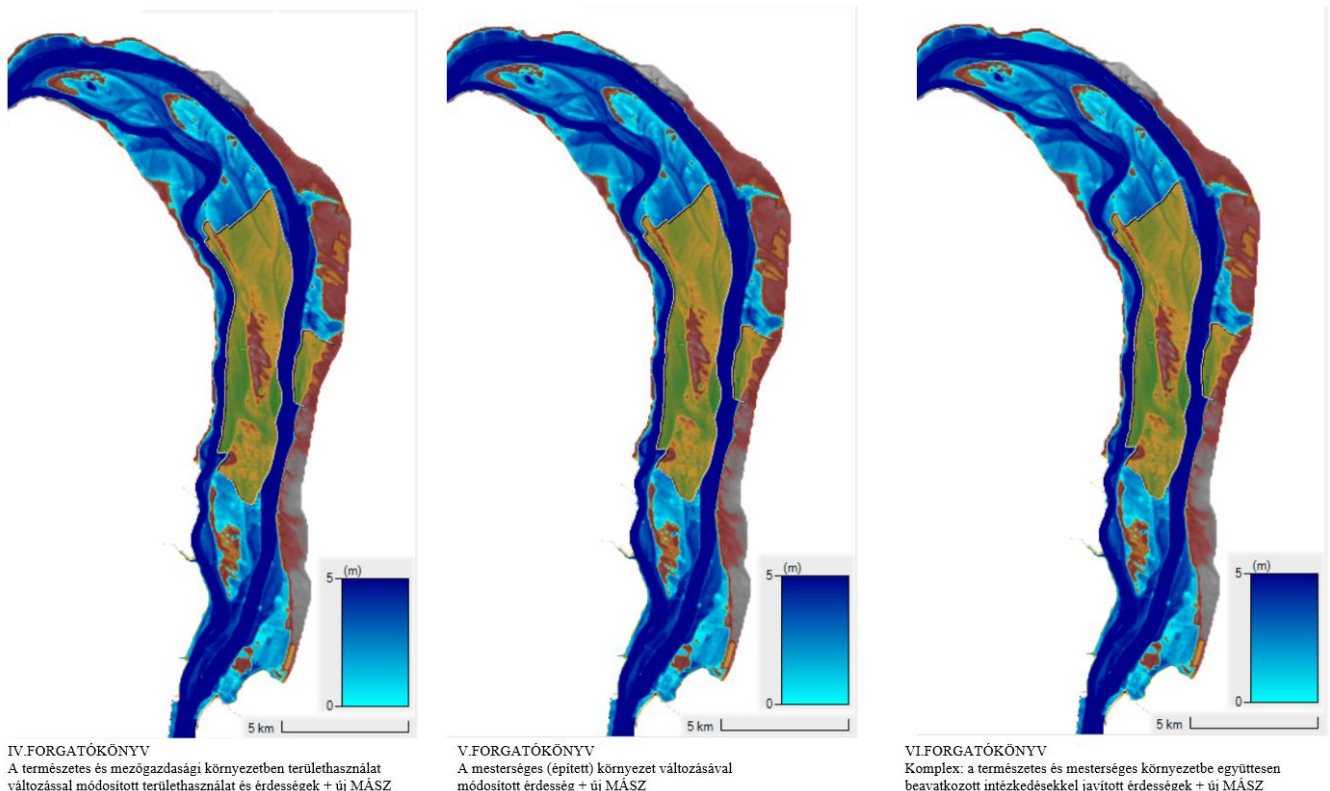


Az eredmények alapján az 4. Forгатókönyv feltételezése, - amely szerint a területen a természetes és mezőgazdasági területhasználatoknál a javasolt módosítások az árvízszinteket csökkentik, igazolt. Az is igazolt, hogy kizárólag ezeknek a területek változtatása önmagukban kevés.

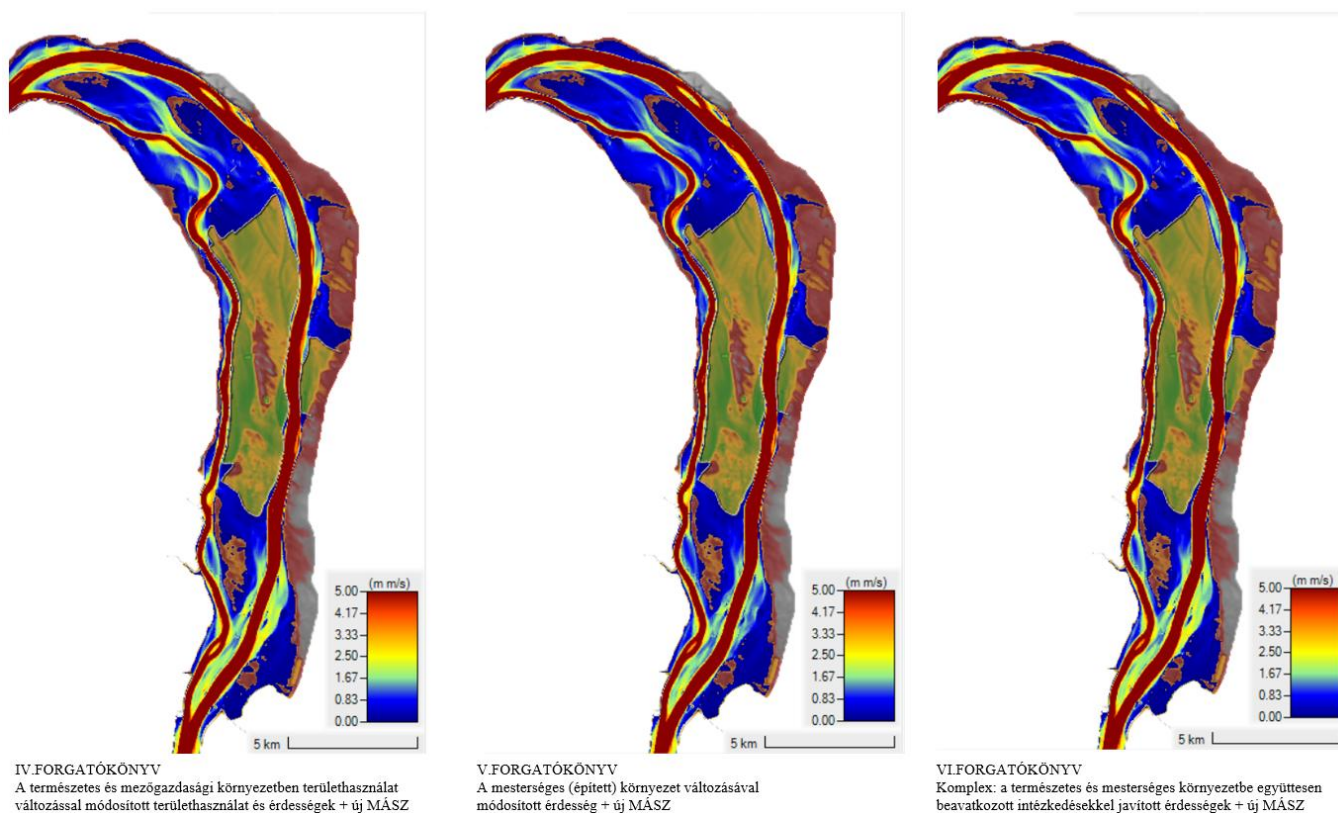
Az eredmények alapján az 5. Forгатókönyv feltételezés, - amely szerint a területen a mesterséges, épített környezeti területhasználatoknál a javasolt módosítások az árvízszinteket csökkentik, igazolt. Az is igazolt, hogy kizárólag ezeknek a területek változtatása önmagában nem elég.

Az eredmények alapján az 6. Forгатókönyv a feltételezése, amely szerint a területen a területhasználatoknál a javasolt módosítások az árvízszinteket csökkentik, igazolt. Az is igazolt, hogy kizárólag ezeknek a területek változtatása egyedül nem lehet, lesz elegendő az éghajlatváltozás hatásának mérséklésére.

48. ábra HEC-RAS modell Szentendrei-sziget nagyvízi meder mintaterület FIV., FV., FVI. futtatás vízmélység és áramkép modell eredmények

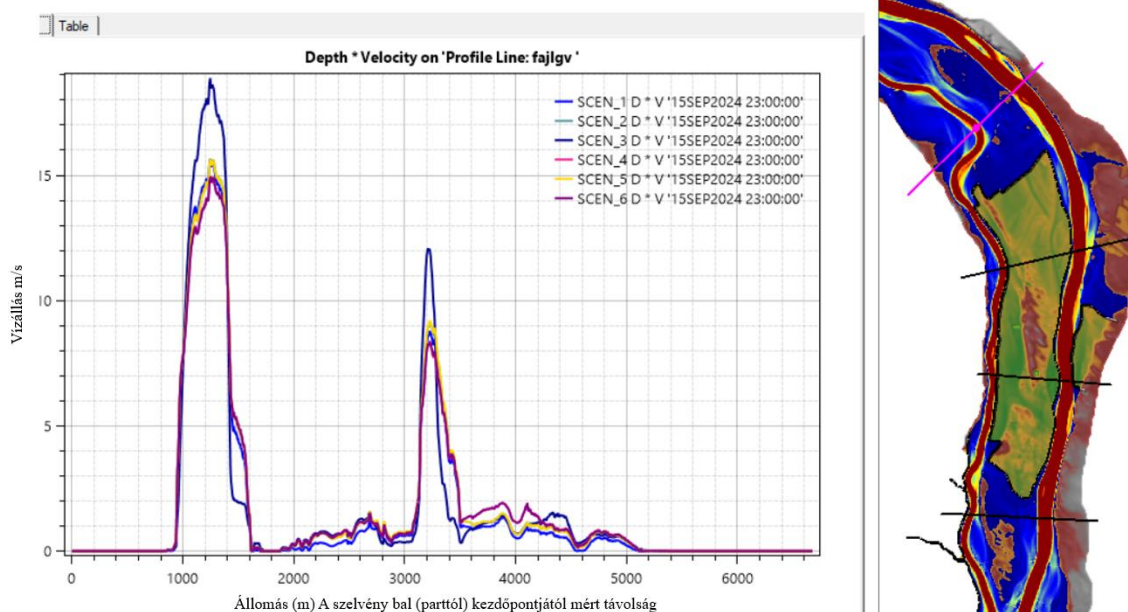


49. ábra HEC-RAS modell Szentendrei-sziget nagyvízi meder mintaterület FIV., FV., FVI. futtatás fajlagos vízhozamok



Forrás: Szerző és társai, 2025

50. ábra HEC-RAS modell Szentendrei-sziget nagyvízi meder mintaterületen Dunabogdány keresztaszelvány fajlagos vízhozamok FI.-FVI.



Forrás: Szerző és társai

Következésképpen az **nem igazolódott**, hogy - ha az éghajlatváltozás hatását tényként kezeljük, a vizsgált területen a területhasználatok érdekességi adatainak javítása a javasolt intézkedésekkel számottevő és jelentős mértékű hatást gyakorolna a felülvizsgált mértékadó árvízszintre.

Az viszont vitathatatlan és **egyértelműen állítható**, hogy ha a jelenlegi állapotot konzerváljuk, már az is jelentős mértékben rontja az árvízszinteket. Továbbá véleményünk szerint a természeti értékek jelentős romlása is felfedezhető. Az nem állítható, hogy a területhasználatok vonatkozásában javasolt intézkedéseknek nincs hatása, hiszen már a jelenlegi állapot is romlott paramétereket mutat.

A vizsgálat egyértelmű eredménye, hogy igazolta a feltételezést, mely szerint a nagyvízi meder területén változtatni szükséges a területhasználatokra vonatkozó szabályozásokon, és ösztönözni kell az ártérhez alkalmazkodó növényzetet, kezelést, fenntartást az éghajlati alkalmazkodás érdekében.

Ezen kívül nem hanyagolható tény, hogy a vizsgálati terület kb. a Duna magyarországi szakaszának egynegyede, valamint, hogy a nagyvízi meder területe itt túlnyomó többségben a Dunakanyar, valamint a budapesti szakaszból adódóan szűk, melyen jelentős szerkezeti

beavatkozások nem végrehajthatók. A szűk területből adódóan a területeken végrehajtott intézkedések hatása is csekélyebb mértékben érzékelhető, azonban nézhetjük abból a szempontból is, hogy még ennek ellenére is van számszerűsített árvízszint csökkentő hatásuk. Mindezekből arra következtethetünk, hogy ha az intézkedések országos bevezetése megtörténhetne, akkor a teljes Duna szakaszon jelen kutatásban elért eredmények mentén jelentősen javíthatnánk a lefolyáson, továbbá a természetvédelmi területek kezelésén, fenntartásán. A 4. fejezet természetre alapuló ártéri jó gyakorlatai épp az ilyen jellegű kisléptékű beavatkozásokkal bizonyítják az éghajlati alkalmazkodás ártéri megvalósíthatóságát. A kutatás továbbfejlesztésének irányára tehát javasolom a vizsgálatot a teljes Duna szakasz vonatkozásában folytatni, illetve ugyanilyen feltételezések mellett a Tisza menti árterek vizsgálata is javasolt. A MÁSZ stabilitás vizsgálat egy Rába menti mintaterületen folytatódik a VVNL kutatás keretében. Mindkét mintaterületen (Szentendrei-sziget és Rába) további lépéseként az ökoszisztéma szolgáltatások megjelenítésének és kalkulálásának bevezetését vizsgálom, amelyhez a VVNL keretében egy másik jelenleg is folyamatban lévő kutatás a RESI-index hazai alkalmazásának eredményeit is figyelembe veszem.

7. KÖVETKEZTETÉSEK

A fejezet célja a kutatás összegzése. Mind az elméleti mind pedig a gyakorlatban megvalósult kutatások és eredmények összefoglalása.

Az első fejezetben bevezetem az éghajlati alkalmazkodás problémájának Vízyűjtő-Gazdálkodási Tervben is referált kockázatát, miszerint a vízgazdálkodás területén fel kell készülni az egyre nagyobb gyakorisággal, változó jelleggel előforduló vízbőségre, illetve, a vízhiányra és az ebből fakadó megnövekedett biztonsági kockázatokra. **Megállapítom**, hogy az éghajlatváltozásra való alkalmazkodás tudományos kutatási eredményei alapján tett ajánlások stratégiákba majd intézkedési vagy cselekvési tervekben megjelentek nemzeti szinten. **Rávilágítok** a folyamatszempléti hiányosságokra és a társadalmi támogatottságra irányuló erőfeszítések hiányára. Továbbá **megállapítom**, hogy a Nemzeti Biztonsági Stratégiában, a VII. Kiemelt biztonsági kockázatok között nem szerepel az éghajlati sérülékenység növekedése a NATO ezirányú kiemelt ajánlása ellenére. Az éghajlatváltozásra vonatkozó leírás elnagyolt, a tudományosan bizonyított és predesztinált kockázatok ellenére, amely egyértelműen hatással van a döntéshozási prioritások meghatározásakor.

A második fejezetben a Kárpát-medencére ható éghajlati kockázatok és hatásokat elemezve **megállapítom**, hogy Magyarország természetföldrajzi adottságai révén az éghajlati hatásokra való kitettsége és érzékenysége állandónak tekinthető, de a sérülékenysége javítható. **Hangsúlyozom** az éghajlatváltozás többszörösen azonosított nemzetbiztonsági, élelmiszerbiztonsági, és vízbiztonság kockázatait a Kárpát-medencében rövid, közép és hosszú távon is. **Állítom**, hogy a kockázat csökkenését kezelni kívánó, átfogó stratégiák és cselekvési tervek megvalósulása akadályozottnak tűnik a javaslatokhoz képest megvalósult gyakorlatok általános tapasztalata alapján. Kitérek az éghajlatváltozás általános kommunikációjának rendkívül eltolódott irányára. **Véleményt fogalmazok meg** a kötött működésű állami és közintézmények szervezeti felépítéséből adódó tehetetlenségéről.

Továbbá **felhívom a figyelmet**, hogy a nem-cselekvés kockázatáról kevés felmérés van a hivatkozott külföldi jelentéseken kívül. Itt a megelőzés költséghatékonyságára is gondolok. A harmadik fejezetben az éghajlati sérülékenység okainak elemzésekor a legfontosabb **megállapításaim** a geológiai, hidrológiai, éghajlati és (történelmi/gazdasági) területhasználat kölcsönhatásának emberi, történelmi és táji időléptékének állandó szem előtt tartása kritikus a hatékony válasz lépések felépítéséhez. **Összegzem** a hazai vízkészlet gazdálkodás hosszú távú éghajlati alkalmazkodásra alapuló vízgazdálkodási koncepciójának jelenlegi elvárásait és nehézségeit.

Javaslom, hogy amennyiben az éghajlatváltozás komplex környezeti (ökológiai) összeomlással fenyeget, akkor a kormány szintű megfogalmazásokban az ökoszisztéma, mint kritikus infrastruktúra fogalmának bevezetése is megfontolandó, a döntéshozói folyamatok szemléletbeli változásának elősegítésére.

Állítom, hogy domborzati, táji adottságok megújítható (revitalizálható) vagy megőrizhető erőforrásként való értelmezése nem lenne túlzás és jelentősen hozzájárulhatna a fenntarthatóbb tájhasználatához. **Hangsúlyozom** továbbá, hogy a vegetáció (erdők, gyepek) párologtató kapacitása jelentősen befolyásolja a kisvízkör folyamatokat.

Rámutatok, hogy az éghajlati sérülékenységgel kapcsolatos nem cselekvés nem csak környezeti és vízbiztonsági, de gyakorlatilag minden ágazat szoros kötődése miatt víz-, élelmiszer és nemzetbiztonsági kockázatnak értelmezhető. **Kiemelem**, hogy a támogató, ökoszisztéma szolgáltatások hangsúlyosabb kezelése közvetlenül fokozná a jól-lét biztonsági

elemeit, és így a támogató szolgáltatás nagyobb arányú hasznosítása mind a természetes és az épített környezet rugalmasságának és önvédekező képességének fokozását.

Amellet érvelek, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások megközelítés módjának keretében a „Támogató ökoszisztéma” csoportra, mint a többi szolgáltatás alapját biztosító tőkére érdemes tekinteni, amelynek megőrzése döntési minimum kritérium. **Kimutatom**, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások tőke szemléletének alkalmazása és vízháztartási indikátorokkal történő leírása a szemléletmód továbbfejlesztését szolgálja.

Rendszerdinamika személetű, de egyszerűsített adat összehasonlítással **ellenőrzöm** a Tisza vízgyűjtőjén kialakult vízhiányos állapotot.

A negyedik fejezet nemzetközi kitekintéséből levont következtetésként **rávillágítok**, hogy az ökoszisztéma alapú projektek sikerét nem cél értékben érdemes mérni. **Megállapítom**, hogy a társadalmi elfogadottságot érintő évekig tartó közösség-szervező munkának az értékét nem számolják az esettanulmányokat készítő, pedig sokszor az önkéntes résztvevők kitartásán múlnak.

Kiemelem, hogy az aszály reziliencia kialakítása, amely az árvízvédekezés mellett az árvíz hasznosítással, ár-gazdálkodással megvalósítható, rövid, közép-hosszú távon lépésről lépésre bevezetve.

7.1. Új tudományos eredmények

1. 22 darab tiszai mérőállomás vízállás adatsorára és 19 dunai mérőállomás vízállás adatsorára történt statisztikai **elemzés során kimutattuk**, hogy a maximális vízszintek és vízhozamok csökkenő tendenciát mutatnak az elmúlt évtizedekben. A minimális vízállások és vízhozamok változása kevésbé jelentős, de ezek időbeli eloszlása befolyásolhatja a vízgazdálkodási és ökológiai folyamatokat. A tanulmány rávilágít arra, hogy a Kárpát-medence alföldi Duna- és Tisza-szakaszain az éghajlatváltozás hatására az árvizek intenzitása csökken, ugyanakkor a minimális vízszintek időbeli viselkedése heterogén. A kutatás fontos alátámasztó adat lehet hidrológiai modellek kalibrálására, valamint hozzájárulhat az éghajlatváltozás és a folyami rendszerek kapcsolatának megértéséhez.
2. Az **éghajlati alkalmazkodás egyik akadályaként azonosítom** a komplex táji, vagy vízgyűjtő szintű kezelésének elvárásait és az ágazatok különböző működési

hatásterületének (területi-térségi szint, táji szint, helyi szint) különbségeit. Az ágazatok (vízügy, agrárszektor, magántulajdon, természetvédelem) eltérő működési területe és az európai uniós és nemzeti stratégiákban megfogalmazott célok gyakran átfedik egymást. Ugyanakkor az operatív működési vagy jogszabályalkalmazási gyakorlatban ezek az átfedések nem érvényesülnek. Ez azt eredményezi, hogy minden ágazatnak saját hatáskörén belül kell megoldania olyan problémákat, amelyek valójában nemzeti szintű stratégiai kérdések (vertikális és horizontális elvárások). Annak ellenére, hogy

3. **megállapítom**, hogy jelenleg nem létezik olyan dedikált diszkussziós fórum, amely össze tudná kötni a fenntarthatóság elméleti követelményeit - többek között az éghajlati alkalmazkodás – gyakorlatával területi, helyi és térségi, illetve regionális szinten. Ennek a feloldására javasolok egy olyan ágazatok közötti, támogató-mediátor szerepű, széles körű tudományterületeket (műszaki, társadalom, közgazdaság, agrár, közigazgatás, jogi) magában foglaló nyílt hozzáférésű, és ami a legfontosabb állandó jelenléttel és folyamatszempléttel dolgozó közösséget, amely mélységében tanulmányozza a gyakorlati akadályokat az alkalmazkodási lépések hatékonyabb bevezetéséhez, így alulról felfelé irányuló problémamegközelítéssel dolgozhatnak. Fontosnak tartanám kiemelni a helyi lakosok és gazdasági szereplők motiválását a részvételre.
4. **Rámutatok** a jelenlegi éghajlati alkalmazkodási finanszírozási rendszer (hazai operatív és közvetlen EU-s) optimalizálási lehetőségére. A projekttalapú működés nem támogatja teljesen hatékonyan az elvárt természet- és ökoszisztéma-alapú megközelítéseket. A források elosztása (tudásfejlesztés és beruházás között például) és az időkeretek nem megfelelőek ahhoz, hogy biztosítsák a stratégiákban megfogalmazott célok teljesülését. Ez jelentős akadályt jelent a hosszú távú alkalmazkodási intézkedések megvalósításában.
5. **Összehasonlító elemzéssel bizonyítom**, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások vízgyűjtő-gazdálkodási tervekben való megjelenése (nemzeti) szinten előrehaladottak Romániához, Portugáliához, Olaszországhoz, Írországhoz és Belgiumhoz képest. Azonban
6. **kimutatom**, hogy a hazai Vízgyűjtő-Gazdálkodás Terveiben az ökoszisztéma szolgáltatások különböző szintezettsége és egymáshoz kapcsolódásának kritikus beavatkozási pontjai viszont egyáltalán nem hangsúlyosak. Az intézkedések mitigációs hatásuk szerint különülnek el, egymáshoz képest nem súlyozva. Nem differenciálja

hatásaik szerint az intézkedéseket például ráfordítás- helyi haszon alapján, ami a megfelelő területhasználatot segíthetné elő az időszakos elöntéseknél például. Az intézkedési csomagok nem az ökoszisztéma szolgáltatások egymásra hatásának és a helyi adottságok alkotta egyedi ökoszisztéma szolgáltatások, hanem az emberi tevékenységek környezetre gyakorolt hatása alapján készülnek el a javasolt beavatkozási vagy csökkentési intézkedések. Ettől az ökoszisztéma szolgáltatások különböző szintjeit még támogatja, de az arányokra és a későbbi haszonvételi lehetőségekre nem térnek ki a tervek.

7. A Szentendrei-sziget mintaterületen végzett modellezéssel **igazolom**, hogy az éghajlati alkalmazkodás érdekében a nagyvízi meder területén változtatni szükséges a területhasználatokra vonatkozó szabályozásokon, és ösztönözni kell az árterhez alkalmazkodó növényzetet, kezelést, fenntartást az éghajlati alkalmazkodás érdekében.
8. Továbbá **igazolom**, hogy ha a jelenlegi állapotot konzerváljuk, már az is jelentős mértékben rontja az árvízszinteket. Mindezekből arra következtethetünk, hogy ha az intézkedések országos bevezetése megtörténhetne, akkor a teljes Duna szakaszon jelen kutatásban elért eredmények mentén jelentősen javíthatnánk a lefolyáson, továbbá a természetvédelmi területek kezelésén, fenntartásán is.

Javaslatok

1. **Javaslom** a sérülékenység monitoring indikátorként való alkalmazását és kalkulációját az éghajlati alkalmazkodási intézkedést célzó beavatkozásoknál.
2. **Javaslom** a települési vízkárelhárítási védekezési tervek kiegészítését egy víz kockázati megelőzési - intézkedési - tervezéssel.

7.2. Kutatási eredmények gyakorlati felhasználhatósága

A disszertációban elvégzett kutatások eredményei:

1. A nagyvízi mederkezelési tervek létjogosultságának bizonyításával támogatják a természetvédelem és az árvízbiztonság közös és átfedő problémáinak összehangolt kezelését, hazai ágazati együttműködéseket.
2. Segíthetnek megvalósítani az általános ártéri területhasználat optimalizálását.
3. Elősegítik az ökoszisztéma szolgáltatások értékelésének bevezetését a különböző területi ellentétek feloldásához, és a területhasználat váltás alkalmazhatóságát.

4. Továbbá a szélesebb körű publikum oktatásához is nyújthat olyan jellegű információt, ami segít az összetett és holisztikusabb szemléletmód kialakításában.
5. Települési szintű éghajlati alkalmazkodás hatékonyabb megvalósítását.

7.3. Új kutatási irányok

Véleményem szerint a legfontosabb cél az új kutatások irányának megfogalmazásakor, hogy a megvalósítást, a cselekvést akadályozó különböző tényezők mielőbbi felszámolását tudják feloldani. Sokszor az egyéni felelősségvállalás és a rendhagyó módszerek kezdeményezéséhez szükséges támogatás módját lenne fontos megtalálni. Ha a 7.2 fejezet 3. pontjában javasolt, a különböző szakági működési területeket összekapcsoló folyamat és konzílium alapú közösség létrehozás megvalósulna következő megfontolandó kérdéssé válna például a közösség finanszírozása, ami hatással van a hatékonyságra. A jelenlegi állami költségvetés alapú bürokratikus munkaszervezés ugyanis vészesen lassúnak bizonyul a sürgető feladatok ellenére, amit a nehezen mérhető eredményesség is tetézt. Emiatt költség, idő és eredményorientált, és folyamatos fejlődést igénylő (közösségi) működési struktúrák kutatását javaslom az állami feladatok elvégzésének hatékonyabb és gyorsabb reagálóképességének elősegítése érdekében.

Továbbá javaslom az ökoszisztéma szolgáltatások szemléletbeli és gyakorlati használatának széles körű bevezetési lehetőségeinek további vizsgálatát vízügyi, agrár és természetvédelmi ágazatokban egyaránt.

7.4. Kutatás összegzése

C – cél

K – kérdés

H – hipotézis

E – eredmény

C1. Magyarország éghajlati sérülékenységeinek okainak azonosítása.

K1. Az ember táj és felszínalakító tevékenységének hatásai visszafordíthatók-e?

H1. Feltételezem, hogy az éghajlati alkalmazkodási intézkedések csekély megvalósulása a szakpolitikai definíciók lemaradásából is fakad. Továbbá feltételezem, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások elméletén alapuló intézkedési gyakorlat jelentősen elősegíteni az éghajlati alkalmazkodást.

E.1 3.6 fejezet

C2. Ökoszisztéma szolgáltatás szemléletbeli megjelenésének és fejlődésének vizsgálata a vízgazdálkodás tervekben.

K2. Milyen minőségben jelenik meg az ökoszisztéma szemlélet és mennyiben segíti elő a gyakorlati alkalmazkodási intézkedéseket?

H 2. Feltételezem, hogy az ökoszisztéma szemlélet hangsúlyosabb megjelenése a VGT-ben elősegíti az éghajlati alkalmazkodás folyamatát.

E.2. 5.4 fejezet és 5.5 fejezet

C3. A természetalapú éghajlati alkalmazkodási intézkedések bevezetésének gyakorlati lépései és korlátainak azonosítása.

K3: Azonosítható-e olyan akadályok, amelyekre a jelenlegi (finanszírozási, jogszabályi, döntéshozói) rendszer nem reagál?

H3. A természeti folyamatokkal együttműködve hatásosabb és költséghatékonyabban lehet teljesíteni a jogszabály által előírt feladatokat az éghajlati alkalmazkodási célú intézkedésekben. Továbbá feltételezem, hogy a jelenlegi projektalapú gyakorlat nem célravezető.

E3.3.4, 3.51. és 4.7 fejezet

C4. Egy ártéri mintaterület éghajlati alkalmazkodási intézkedésének vizsgálata.

K4: Összehangolható-e az éghajlati alkalmazkodási javaslatok a természetvédelmi, árvízvédelmi és elvárásaival? Hogyan?

H 4. A Szentendrei-sziget mintaterületen a nagyvízi mederben létrehozható egy olyan optimális (vegetációs) állapot, amely támogatja az ártér ökológiai folyamatait és megfelel (illeszkedik) a helyi természetvédelmi előírásoknak/hoz) ugyanakkor támogatja és biztosítja az árvizek biztonságosabb levonulását az ártér a mértékadó árvízszintjének stabilizálásával.

E4. 6.4. fejezet

8. TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

- Birinyi, E., O. Lakatos, B., Belényesi, M., Kristóf, D., Hetesi, Z., Mrekva, L., & Mikus, G. (2023). Contribution of data-driven methods to risk reduction and climate change adaptation in Hungary and beyond. *IDŐJÁRÁS / QUARTERLY JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE*, 127(4), 421–446.
<http://doi.org/10.28974/idojaras.2023.4.1>
- Hetesi, Z., Szám, D., Lakatos, B., Belényesi, M., Birinyi, E., Mikus, G., & Kristóf, D. (2023). A 2022-es aszály éghajlati, tájhasználati okai és következményei. *AGROFÓRUM - A NÖVÉNYTERMESZTŐK ÉS NÖVÉNYVÉDŐK HAVILAPJA*, 34(2), 18–22.
- Jánosi, I., Bíró, T., Lakatos, B., Gallas, J., & Szöllosi-Nagy, A. (2023). Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. *CLIMATE*, 11(6), 1–21. <http://doi.org/10.3390/cli11060118>
- Lakatos, B. (2023). Kritikus ökoszisztéma-infrastruktúrák és jelentőségük a környezetbiztonságban. In *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában* (pp. 133–144).
- O.Lakatos, B., & Ungvári, G. (2022). Ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója a vízgazdálkodásban. *HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY*, 102(3), 4–19.
https://www.hidrologia.hu/wp-content/uploads/2023/11/HK2022_03.pdf
- Olajosné Lakatos, B. (2021b). A felszíni vizek ökológiai állapota. *HADMÉRNÖK*, 16(2), 107–125. <http://doi.org/10.32567/hm.2021.2.8>

- Olajosné Lakatos, B. (2021a). A felszíni vizek monitoringjának hazai és európai uniós operatív rendszere. MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY, 31(2), 93–110.
<http://doi.org/10.32562/mkk.2021.2.8>

- Olajosné Lakatos, B. (2021c). Környezetbiztonság : Éghajlati adaptáció vízmegtartással. MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY, 31(1), 61–80.
<http://doi.org/10.32562/mkk.2021.1.5>

- Olajosné, L. B. (2021). Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás vízügyi irányai. In Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből II. (Vol. 2, pp. 261–275).

- Olajosné Lakatos, B. (2020). Vízbiztonság – önkormányzati/települési éghajlati adaptációs célú vízmegtartó objektumok létesítése. MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY, 30(2), 57–76. <http://doi.org/10.32562/mkk.2020.2.5>

- Egyensúly Intézet szakpolitikai javaslatai a magyar vízbiztonság hosszú távú megteremtéséről Hogyan legyen Magyarország vízben gazdag ország? 2024 No.4
https://egyensulyintezet.hu/wp-content/uploads/2024/12/Vizbiztonsag_javaslat_EI.pdf

- Olajosné Lakatos Boglárka: Természeti kihívások - A vízbiztonság kérdései In: Klímaváltozás és biztonság Magyarországon Összefoglaló Jelentés Green Policy Center, 2024 Április <https://www.greenpolicycenter.com/2024/04/15/klimavaltozas-es-biztonsag-magyarorszagon-szakpolitikai-javaslatok/>

Publikálás alatt:

- Imre M. Jánosi, István Zsuffa, Tibor Bíró, Boglárka O. Lakatos. András Szöllősi-Nagy és Zsolt Hetesi: The dynamics of lowland river sections of Danube and Tisza in the Carpathian Basin (2025, Frontiers)
- Hetesi, Zsolt, O. Lakatos, Boglárka, Szám, Dorottya: Climate adaptation-based water retention areas ranking and monitoring methodology (2025, Water Science)

9. IRODALOMJEGYZÉK

1. Bartholy – Pongrácz – Gelybó: Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100 APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH 5(1): 1-17. <http://www.ecology.uni-corvinus.hu> • ISSN 1589 1623 2007, Penkala Bt., Budapest, Hungary https://real-j.mtak.hu/22921/1/AEER_2007_5_1_.pdf
2. Lóderer, Balázs; Rácz, Réka Magdolna: A klímaváltozás és annak következményeire való felkészülés lehetséges jövőbeni aspektusai. Military Science Review / Hadtudományi Szemle, 2011, Vol 4, Issue 3, p91 ISSN 2676-9816 https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A7%3A1413623/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A67499879&crl=c&link_origin=scholar.google.hu
3. Copernicus Climate Change Service (C3S), 2024: European State of the Climate 2023, Summary: <https://doi.org/10.24381/bs9v-8c66>
4. The Global Risks Report 2023 18th Edition World Economic Forum ISBN-13: 978-2-940631-36-0 The report and an interactive data platform are available at <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023/>
5. Prof. Jem Bendell BA (Hons) PhD Mélyadaptáció: Útmutató az éghajlati tragédiához IFLAS Alkalmi Tanulmányok 2 www.iflas.info 2018. július 27 Jem Bendell: Deep adaptation: A map for navigating climate tragedy Bendell, Jem (2018) *Deep adaptation: a map for navigating climate tragedy*. Institute for Leadership and Sustainability (IFLAS) Occasional Papers Volume 2. University of Cumbria, Ambleside, UK. (Unpublished) alapján <http://insight.cumbria.ac.uk/id/eprint/4166/>
6. O. Lakatos Boglárka: Környezetbiztonság_Éghajlati adaptáció vízmegtartással.Műszaki Katonai Közlöny • 31. évfolyam (2021) 1. szám
7. Pálvölgyi Tamás, Czira Tamás, Fancsik Tamás: Tudományos-alapú döntéselőkészítő információk alkalmazása a „klímabiztos” közpolitikai tervezésben In: Tudásmegosztás, Alkalmazkodás És Éghajlatváltozás a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kutatási-fejlesztési eredményei a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer létrehozására (szer: PÁLVÖLGYI Tamás SELMECZI Pál) https://real.mtak.hu/41196/1/NATeR_kotet_MFGI_2016_BedeFA.pdf
8. Szalmáné Csete Mária, Taksz Lilla: A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás európai és hazai irányzatai In: Tudásmegosztás, Alkalmazkodás És Éghajlatváltozás a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kutatási-fejlesztési eredményei a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer létrehozására (szer: PÁLVÖLGYI Tamás SELMECZI Pál) https://real.mtak.hu/41196/1/NATeR_kotet_MFGI_2016_BedeFA.pdf
9. Láng I., Csete L., Jolánkai M. (szerk.) 2007: A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok: a VAHAVA jelentés. — Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. https://real.mtak.hu/103152/1/2006-Klima_Vahava-MTA-KvM.pdf
10. VGT3 Magyarország Vízgyűjtő Gazdálkodási Tervének második felülvizsgálata https://terkeptar.vizugy.hu/vgt3_atlasz/index.html
11. John Tyndall, Heat considered as a Mode of Motion (500 pages; year 1863, 1873) <https://archive.org/details/heatconsideredas00tynduoft>

12. Svante Arrhenius (1896). "On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground". *Philosophical Magazine and Journal of Science*. 41 (251): 237–276. doi:10.1080/14786449608620846.
13. Padányi József Kihívások, kockázatok, válaszok Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatása a katonai erőre Ludovika Egyetemi Kiadó Budapest 2022 https://webshop.ludovika.hu/wp-content/plugins/olvasoprobak/Olvasoproba_webpdf_PADANYI_Kihivasok_kockazatok_valaszok.pdf (letöltés dátuma 2024 11.12)
14. Kovács, E., Pataki, Gy., Kelemen, E. & Kalóczkai, Á. (2011): Az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma a társadalomkutató szemszögéből. – Magyar Tudomány, 172: 780–787. http://www.epa.hu/00600/00691/00091/pdf/mtud_2011_07_0780-0787.pdf
15. Jared Diamond: *Összeomlás – Tanulságok a társadalmak továbbéléséhez* (2005) Typotex Kiadó ISBN: 978-963-9664-69-2
16. Neil Ferguson: *Civilizáció* (2016) Scolar Kiadó, 2023 ISBN: 9789635095216
17. Wolfgang Behringer: *A klíma kultúrtörténete A jégkorszaktól és globális felmelegedésig* (2017) Corvina Kiadó ISBN 9789631364309
18. Gagy Ágnes: Félelem helyett kölcsönös segítség: a katasztrófa szociológia tanulságai a klímaválságra való felkészülésre Fordulat 25. <http://fordulat.net/?q=huszonotodik>
19. Jem Bendell: *Összetörve Öszinte válasz az összeomlásra* L'Harmattan Kiadó, 2024
20. Szathmáry Eörs: *Klímaváltozás és Magyarország* Osiris Kiadó 2020
21. Meadows, Donella H., et al. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books, 1972, 205 pp.
22. IPCC hivatalos weboldala <https://www.ipcc.ch/>
23. Berlinger, Edina; Lovas, Anita (2015): Fenntarthatóság és növekedés: A Stern jelentés és az irányított technológiaváltás modellje, IEHAS Discussion Papers, No. MT-DP - 2015/1, ISBN 978-615-5447-59-4, Hungarian Academy of Sciences, Institute of Economics, Centre for Economic and Regional Studies, Budapest <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/108364/1/MTDP1501.pdf> Stern, N. Stern review: the economics of climate change. United Kingdom: N. p., 2006. Web. alapján
24. NATO 2010: Strategic Concept for the Defence and Security of the Members of the North Atlantic Treaty Organization Adopted by Heads of State and Government at the NATO Summit in Lisbon 19-20 November 2010 https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_publications/20120214_strategic-concept-2010-eng.pdf
25. NATO Climate Change and Security Action Plan Compendium of best practices https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/7/pdf/230710-climate-change-best-practices.pdf
26. NATO 2022 STRATEGIC CONCEPT Adopted by Heads of State and Government at the NATO Summit in Madrid 29 June 2022 https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2022/6/pdf/290622-strategic-concept.pdf letöltés 2025 01.
27. Kovács Antal Ferenc: A Dasgupta-jelentés: fenntarthatóság, biodiverzitás és vagyoni szemléletű gazdasági fejlődés KÖZGAZDASÁGI SZEMLE, LXIX. ÉVF., 2022. SZEPTEMBER (1098–1104. o.) <https://real.mtak.hu/148532/1/06KovacsAntalFerencA.pdf> Dasgupta, P. (2021), *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. Abridged Version. 103 pages. (London: HM Treasury). <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review> alapján
28. The Global Risks Report 2021 16th edition https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf
29. Fetting, C. (2020). "The European Green Deal", ESDN Report, December 2020, ESDN Office, Vienna.2020. dec. 2.

30. 23/2018. (X. 31.) OGY határozat - a 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról 4/5. oldal
<https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A18H0023.OGY&pagenum=4>
31. Brüsszel, 2020.5.20. COM(2020) 380 final A Bizottság közleménye az európai parlamentnek, a tanácsnak, az európai gazdasági és szociális bizottságnak és a régiók bizottságának A 2030-ig tartó időszakra szóló uniós biodiverzitási stratégia Hozzuk vissza a természetet az életünkbe! <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=CELEX:52020DC0380>
32. Az Európai Parlament és a Tanács (Eu) 2024/1991 Rendelete (2024. június 24.) a természet helyreállításáról és az (EU) 2022/869 rendelet módosításáról 2024/1991 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401991
33. Brussels, 6.4.2020 SWD(2020) 59 final Commission staff working document action plan replacing staff working document sec(2010) 1489 Final accompanying the communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions European Union Strategy for Danube Region <https://waterquality.danube-region.eu/wp-content/uploads/sites/13/sites/13/2020/04/EUSDR-ACTION-PLAN-SWD202059-final.pdf>
34. Danube River Basin Management Plan Update 2021 286 oldal ISBN: 978-3-200-08290-8 https://www.icpdr.org/sites/default/files/nodes/documents/dr bmp_2021_final_hires.pdf
35. 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A20H1163.KOR&txtreferer=00000001.txt>
36. A 2017–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia. Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2018.
<https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A18H0023.OGY>
37. (6.) Olajosné Lakatos Boglárka: Környezetbiztonság – Éghajlati adaptáció vízmegtartással Műszaki Katonai Közlöny • 31. évfolyam (2021) 1. szám
38. COM/2013/0249 final Környezetbarát infrastruktúra, Európa természeti tőkéjének növelése.
39. Dr. Rakonczai János: A Klímaváltozás következményei a Dél-Alföldi tájon (A természeti földrajz változó szerepe és lehetőségei) Akadémiai doktori értekezés Szeged, 2013 https://real-d.mtak.hu/612/7/RakonczaiJanos_doktori_mu.pdf
40. Giddings, B., Hopwood, B. and O'Brien, G. (2002) Environment, Economy and Society: Fitting Them Together into Sustainable Development. Sustainable Development, 10, 187-196.
<https://doi.org/10.1002/sd.199>
41. Dr. Padányi József The Effects of Climate Change on the Military: Risks, Challenges and Answers Budapest, Magyarország : Ludovika Egyetemi Kiadó (2024) , 260 p.
42. Olajosné Lakatos Boglárka: Természeti kihívások - A vízbiztonság kérdései In.:Klimaváltozás és biztonság Magyarországon Összefoglaló Jelentés Green Policy Center, 2024 Április <https://www.greenpolicycenter.com/2024/04/15/klimavaltozas-es-biztonsag-magyarorszagon-szakpolitikai-javaslatok/>
43. Kiss Tibor, Hetesi Zsolt, Füzi Tamás Az átlaghőmérséklet és a csapadékmennyiség alakulása Mosonmagyaróváron Statisztikai Szemle, 97. évfolyam 6. szám 568—593.
DOI:[10.20311/stat2019.6.hu0568](https://doi.org/10.20311/stat2019.6.hu0568)
44. Bozó L. Horváth L. – Láng I. – Vári A. (szerk.) [2010]: Környezeti jövőkép – Környezet- és klímabiztonság. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest.
45. Wolfgang Behringer A klíma kultúrtörténete, 2017 Corvina Kiadó
46. Salma I. (2006): A légköri aeroszol szerepe a globális éghajlatváltozásban. Magyar tudomány. MTA folyóirata. Budapest. 167 (2): 205-211. <http://www.matud.iif.hu/06feb/13.html>

47. Stocker, T. (2011). Model Hierarchy and Simplified Climate Models. In: Introduction to Climate Modelling. Advances in Geophysical and Environmental Mechanics and Mathematics. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-00773-6_2
48. Hantel, M. (2013). *Einführung Theoretische Meteorologie*. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg
49. Mika J. (2014): Szünetelő melegedés –kihívások és következtetések az IPCC jelentéseiben (2013-2014). VII. Magyar Földrajzi Konferencia. Abstract Volume, Miskolc: 12-13. https://foldrajz.uni-miskolc.hu/files/20535/VII_Magyar_Foldrajzi_Konferencia_Kotet.pdf
50. Mika János: Adalékok az éghajlatváltozás tudományos hátteréhez Tanulmányok geometodika 7. 2. (2023) Pp. 5–26. Doi: <https://doi.org/10.26888/Geomet.2023.7.2.1>
51. Wang, M., Overland, J. E. (2009): A sea ice free summer Arctic within 30 years? Geophysical Research Letters 36 (7). doi: 10.1029/2009GL037820. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009GL037820>
52. Watson, C. S., White, N. J., Church J. A., King, M. A., Burgette, R. J., Legresy, B. (2015): Unabated global mean sea-level rise over the satellite altimeter era. Nature Climate Change 5: 565-568. <https://www.nature.com/articles/nclimate2635>
53. Nováky Béla: Az éghajlatváltozás, hatásai és az intézkedések az IPCC Negyedik Értékelő Jelentése tükrében Tájékoztatói Lapok 7 (1): 241–268 (2009) http://real.mtak.hu/126287/1/17_Novaky.pdf
54. IPCC IPCC's Fifth Assessment Report (AR5). 2013
55. <https://masfelfok.hu/2022/08/09/voros-riasztas-az-emberisegnek-8-teny-amit-tudnod-kell-a-legutobbi-ipcc-jelentesrol/>
56. IPCC Sixth Assessment Report (AR6) 2023
57. Besenyei Mónika, Fülöp Sándor, Hetesi Zsolt: Vigyázó szemünket Párizsra vetettük – a klímaváltozás és a klímamegállapodás versenyfutása ACTA HUMANA • 2016/2. 53–73. https://real.mtak.hu/122254/1/AH_2016_2_Besenyei_Monika.pdf
58. IPCC Sixth Assessment Report (AR6) 2023 8. fejezet, Douville et al. [4],
59. Jánosi, I.M.; Bíró, T.; Lakatos, B.O.; Gallas, J.A.C.; Szöllosi-Nagy, A. Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. *Climate* **2023**, *11*, 118. <https://doi.org/10.3390/cli11060118>
60. European Environment Agency: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 An indicator-based report EEA Report No 1/2017 ISSN 1977-8449
file:///C:/Users/lakatosb/Downloads/Climate%20change%20impacts%20and%20vulnerabilities%202016%20THAL17001ENN.pdf
61. Somfalvi-Tóth Katalin: Az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások, eredmények, hatások In: Éghajlatváltozás az agráriumban kihívások és megoldások MTA Pécsi Területi Bizottsága Pécs–MATE Kaposvári Campus Kaposvár 2021 [ISBN 978-96-15-01-085-3_7](https://doi.org/10.1007/978-96-15-01-085-3_7)
62. Bartholy Judit, Bozó László, Haszpra László: *KLÍMAVÁLTOZÁS – 2011 Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére* Budapest, 2011 ISBN 978-963-284-232-5
63. Lakatos M., Bihari Z., Hoffmann L., Izsák B., Kircsi A., Szentimrey T. (2018): Éghajlatváltozás. Megfigyelt változások Magyarországon. OMSZ (2018. február 20.), www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag
64. European Environment Agency European Climate Risk Assessment Report, EEA Report 1/2024 <https://www.eea.europa.eu/publications/european-climate-risk-assessment> ISBN: 978-92-9480-627-7
65. (43.) Kiss-Hetesi-Füzi: Az átlaghőmérséklet és a csapadékmennyiség alakulása Mosonmagyaróváron Statisztikai Szemle 97. évfolyam 6. szám 568-593. oldal DOI: 10.20311/stat2019.6.hu0568

66. (62.)Bartholy Judit, Bozó László, Haszpra László: *KLÍMAVÁLTOZÁS – 2011 klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére* Budapest, 2011 ISBN 978-963-284-232-5 124. oldal
67. Anda A., Kocsis T. (2010): Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek. Mezőgazda Kiadó
68. Bartholy, J.; Pongrácz, R. Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Glob. Planet. Chang.* **2007**, 57, 83–95 <https://www.mdpi.com/2225-1154/11/6/118#B30-climate-11-00118>
69. Bartholy, J.; Pongrácz, R. Tendencies of extreme climate indices based on daily precipitation in the Carpathian Basin for the 20th century. *Időjárás (Q. J. Hung. Meteorol. Serv.)* **2005**, 109, 1–20. Available online: <https://www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/idojaras/index.php?id=238>
70. Bartholy, J.; Pongrácz, R. Analysis of precipitation conditions for the Carpathian Basin based on extreme indices in the 20th century and climate simulations for 2050 and 2100. *Phys. Chem. Earth* **2010**, 35, 43–51. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474706510000264>
71. Domonkos, P. Recent precipitation trends in Hungary in the context of larger scale climatic changes. *Nat. Hazards* **2003**, 29, 255–271. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1023690014955>
72. Ilona, J.; Bartók, B.; Dumitrescu, A.; Cheval, S.; Gandhi, A.; Tordai, A.V.; Weidinger, T. Using long-term historical meteorological data for climate change analysis in the Carpathian region. *Atmosphere* **2022**, 13, 1751. <https://www.mdpi.com/2073-4433/13/11/1751>
73. Zsilinszki, A.; Dezso, Z.; Bartholy, J.; Pongrácz, R. Synoptic-climatological analysis of high level air flow over the Carpathian Basin. *Időjárás (Q. J. Hung. Meteorol. Serv.)* **2019**, 123, 19–38. <https://real.mtak.hu/100710/1/c721a8ff88ae4c892ce3ada69a6f892c-123-1-2-zsilinszki.pdf> (letöltés 2024.11.13)
74. (59.) Jánosi, I.M.; Bíró, T.; Lakatos, B.O.; Gallas, J.A.C.; Szöllosi-Nagy, A. Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. *Climate* **2023**, 11, 118. <https://doi.org/10.3390/cli11060118>
75. Lóczy, D., Á. Kertész, J. Lóki, T. Kiss, P. Rózsa, G. Sipos, L. Sütő, J. Szabó, and M. Veress. 2012. Recent landform evolution in Hungary. In *Recent landform evolution*, ed. D. Lóczy, M. Stankoviansky, and A. Kotarba, 205–247. New York: Springer.
76. (59.) Jánosi, I.M.; Bíró, T.; Lakatos, B.O.; Gallas, J.A.C.; Szöllosi-Nagy, A. Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. *Climate* **2023**, 11, 118. <https://doi.org/10.3390/cli11060118>
77. Cséplő, A.; Sarkadi, N.; Horváth, A.; Schmeller, G.; Lemler, T. Fog climatology in Hungary. *Időjárás (Q. J. Hung. Meteorol. Serv.)* **2019**, 123, 241–264. in ref 47.
78. Ilona, J.; Bartók, B.; Dumitrescu, A.; Cheval, S.; Gandhi, A.; Tordai, A.V.; Weidinger, T. Using long-term historical meteorological data for climate change analysis in the Carpathian region. *Atmosphere* **2022**, 13, 1751.
79. Hall, J.; Arheimer, B.; Aronica, G.T.; Bilibashi, A.; Boháč, M.; Bonacci, O.; Borga, M.; Burlando, P.; Castellarin, A.; Chirico, G.B.; et al. A European Flood Database: Facilitating comprehensive flood research beyond administrative boundaries. *Proc. Int. Assoc. Hydrol. Sci.* **2015**, 370, 89–95.
80. Blöschl, G.; Hall, J.; Viglione, A.; Perdigão, R.A.P.; Parajka, J.; Merz, B.; Lun, D.; Arheimer, B.; Aronica, G.T.; Bilibashi, A.; et al. Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature* **2019**, 573, 108–111. https://github.com/tuwhydro/europe_floods
81. (80.) Blöschl G.; Hall, J.; Viglione, A.; Perdigão, R.A.P.; Parajka, J.; Merz, B.; Lun, D.; Arheimer, B.; Aronica, G.T.; Bilibashi, A.; et al. Changing climate both increases and decreases European river floods. *Nature* **2019**, 573, 108–111.
82. Rottler, E.; Francke, T.; Bürger, G.; Bronstert, A. Long-term changes in central European river discharge for 1869–2016: Impact of changing snow covers, reservoir constructions and an intensified hydrological cycle. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **2020**, 24, 1721–1740. <https://hess.copernicus.org/articles/24/1721/2020/>

83. Tran, H.Q.; Fehér, Z.Z.; Túri, N.; Rakonczai, J. Climate change as an environmental threat on the central plains of the Carpathian Basin based on regional water balances. *Geogr. Pannonica* **2022**, *26*, 184–199. <https://www.aseestant.ceon.rs/index.php/geopan/article/view/37271>
84. Stolz, Roswitha, Monika Prasch, Michael Weber, Franziska Koch, Ruth Weidinger, Manuel Ebner, and Wolfram Mauser. 2018. "Climate Change Impacts on the Water Resources in the Danube River Basin and Possibilities to Adapt: – The Way to an Adaptation Strategy and Its Update". *Journal of Environmental Geography* *11* (3-4):13-24. <https://doi.org/10.2478/jengeo-2018-0009>.
85. Magyar nagylexikon 2. kötet 443. old.
86. Dobó Kristóf, Göncz Benedek, Iványi Krisztina: Az árvíz- és belvízvédalom országos helyzetképe Hidrológiai Közöny 100.évf. 1. szám 2020 http://real-j.mtak.hu/15184/1/HK_2020_1.pdf#page=6
87. 2007/60/EK IRÁNYELVE az árvíz kockázatok értékeléséről és kezeléséről. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0060>
88. Dobó Kristóf: Differenciált Árvízvédelem Magyarországon Hadmérnök XIII. Évfolyam 4. szám – 2018.december
89. https://maps.hungaricana.hu/hu/HTITerkeptar/2206/B_IX_b_B_IX_Ausztia-Magyarorszag_B_I-XV.Europa
90. <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/termesztismeret/ember-a-termesztben-5-osztaly/az-erintetlen-es-az-atalakitott-taj/folyoszabalyozas-magyarorszagon>
91. Frisnyák Sándor: A tájhasználat történeti szakaszai a Kárpát-medencében (895-1918) In Történeti Földrajzi Közlemények 11. évf 3-4 szám 2023 Miskolc ISSN 2064-390X http://gistory.hu/docs/TFK_11_2023_Nr3-4.pdf#page=19
92. Dobó Kristóf: Differenciált árvízvédelem Magyarországon Doktori (PhD) értekezés https://kmdi.uni-nke.hu/document/kdmi-uni-nke-hu/Dob%C3%B3%20Krist%C3%B3f_%C3%A9rtekez%C3%A9s-tervezet_20230517.pdf
93. (92.)Dobó Kristóf: Differenciált árvízvédelem Magyarországon Doktori (PhD) értekezés https://kmdi.uni-nke.hu/document/kdmi-uni-nke-hu/Dob%C3%B3%20Krist%C3%B3f_%C3%A9rtekez%C3%A9s-tervezet_20230517.pdf
94. <https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=62>
95. Dr. Szilávik L, Tóth S., Nagy L., és Szél S., - Árvízi kockázatok elemzésének és térképezésnek irányelvei / Vízügyi Közlemények 2002. / 4
96. Országos Vízügyi Főigazgatóság <https://ovf.hu/arvizvedelem-vizkarelharitas/arvizvedelem/arvizvedelem>
97. Koncsos László: A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében (NKFP-3/A 0039/2002 kutatás rövid összefoglalása) Kiadja: Magyar Természetvédők Szövetsége 2006. december ISBN 978-963-86870-9-8 https://mtvsz.hu/dynamic/tisza_koncsos.pdf
98. Kis Anna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit, Szabó János Adolf: Az éghajlatváltozás várható hatásának integrált, modell alapú becslése a Felső-Tisza vízjárására, a bizonytalanság számszerűsítésével Hidrológiai Közöny 2023. 103. évf. 4. szám DOI: <https://doi.org/10.59258/hk.13172>
99. (59.)Jánosi, I.M.; Bíró, T.; Lakatos, B.O.; Gallas, J.A.C.; Szöllősi-Nagy, A. Changing Water Cycle under a Warming Climate: Tendencies in the Carpathian Basin. *Climate* **2023**, *11*, 118. <https://doi.org/10.3390/cli11060118>
100. (97). Koncsos László: A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében (NKFP-3/A 0039/2002 kutatás rövid összefoglalása) Kiadja: Magyar Természetvédők Szövetsége 2006. december ISBN 978-963-86870-9-8 https://mtvsz.hu/dynamic/tisza_koncsos.pdf
101. Petró Tibor (2017): A magyarországi árvízvédelmi fejlesztések, a kapcsolódó lakosságvédelmi feladatrendszer újszerű megközelítése. A magyarországi árvízvédelmi projektek. Doktori értekezés. Budapest.

- 102.OVF (2017). Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv). Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest.
61. o <https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/997966DE-9F6F-4624-91C5-3336153778D9/Nemzeti-Vizstrategia.pdf>
- 103.Bíró Tibor: Amikor sok víz van a területen - belvíz Magyar Tudomány 178(2017)10, 1216–1227 DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.5
http://epa.niif.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10_1216-1227.pdf
- 104.Dr. Rakonczai János, Csató Szilvia, Dr. Mucsi László, Kovács Ferenc, Szatmári József: Az 1999. és 2000. évi alföldi belvizek kiértékelésének gyakorlati tapasztalatai <http://www.geo.u-szeged.hu/web/sites/default/files/publikaciok/ML/55.pdf>;
- 105.Vízi Dávid Béla: A hazai belvízrendezés fejlődésének lehetséges irányai Műszaki Katonai Közlöny • 33. évfolyam (2023) 2. szám 97–111. • DOI: 10.32562/mkk.2023.2.8 https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/20910/08_vizi_97-111_MKK_2023_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 106.Bárdos Zoltán – Muhoray Árpád Hadmérnök VII. Évfolyam 1. szám - 2012. március
http://hadmernok.hu/2012_1_bardos_muhoray.pdf
- 107.Babos Zoltán-Mayer László: Az ármentesítések, belvízrendezések és lecsapolások fejlődése Magyarországon (Második rész) Vízügyi Közlemények, 1939 (21. évfolyam)2. szám / III.
https://adt.arcanum.com/hu/view/VizugyiKozlemenyek_1939/?query=SZO%3D%28els%C5%91+vil%C3%A1gh%C3%A1bor%C3%BA%29&pg=305&layout=s
- 108.Várallyay György: A talaj, mint víztározó; Talajszárazodás „Klíma-21” Füzetek klímaváltozás – Hatások – Válaszok 2010. 59. Szám ISSN 1789-428x <https://core.ac.uk/download/pdf/148785826.pdf>
- 109.(103.)Bíró Tibor: Amikor sok víz van a területen - belvíz Magyar Tudomány 178(2017)10, 1216–1227 DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.5
http://epa.niif.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10_1216-1227.pdf
- 110.Rakonczai János, Farsang Andrea, Mezősi Gábor, Gál Norbert: A belvízképződés elméleti háttere. Földrajzi Közlemények 135. évfolyam 4. szám 2011
- 111.Várallyay György: A talaj, mint víztározó; Talajszárazodás „Klíma-21” Füzetek klímaváltozás – Hatások – Válaszok 2010. 59. Szám ISSN 1789-428x <https://core.ac.uk/download/pdf/148785826.pdf>
- 112.Kozák, Péter, and Hajdú Zsuzsanna Priváczkíné. "Belvív–Volt, van, lesz? Rövid helyzetjelentés, közép-és hosszútávú kilátások az Alsó-Tisza vízgyűjtőkön." (2022).https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/20856/BELV%c3%8dZ%20%e2%80%93%20VOLT_VAN_LESZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 113.Birkás Márta, Kende Zoltán, Pósa Barnabás: A környezetkímélő talajművelés szerepe a klímakár- enyhítésben Madarász B. (szerk) 2015. Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon. pp. 32–40. MTA CSFK FTI, Bp. <https://mek.oszk.hu/20100/20114/20114.pdf>
- 114.Dr. Bozán Csaba, Körösparti János, Iványi Krisztina: Abelvíz-veszélyeztetettség térképezés fejlődése az ákk projekt keretében térképezés fejlődése az ákk projekt keretében Sodorvonal (az Országos Vízügyi Főigazgatóság lapja) v. évfolyam 4. szám 2022. december
https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/SODORVONAL_2022_04.pdf
- 115.(114)
- 116.Az Országos Vízügyi Főigazgatóság Lapja V. Évfolyam 4. Szám 2022. December
https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/SODORVONAL_2022_04.pdf
- 117.Pinke Zsolt: Aszály-, belvízkárok és az árvízvédelmi ökoszisztéma szolgáltatás értékelése Tájökológiai Lapok 10 (2): 271–286. (2012) http://real.mtak.hu/126587/1/06_Pinke.pdf
- 118.Kozma, Z., Jolánkai, Z., Kardos, M. K., Muzelák, B., Koncsos, L. “Adaptive Water Management-land Use Practice for Improving Ecosystem Services – a Hungarian Modelling Case Study”, Periodica Polytechnica Civil Engineering, 66(1), pp. 256–268, 2022. <https://doi.org/10.3311/PPci.18369>

119. Hungaromet szakmai ismertető A 2023. év éghajlata globálisan és Magyarországon
https://www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/ismeretok/index.php?id=3484&hir=A_2023_ev_eghajlata_globalisan_es_Magyarorszagon
120. Rákóczi Attila: A 2022-es történelmi aszály margójára Polgári Szemle, 18. évf. 4–6. szám, 2022, 71–83., DOI: [10.24307/psz.2022.1206](https://doi.org/10.24307/psz.2022.1206)
121. Birinyi Edina, O. Lakatos Boglárka, Belényesi Márta, Kristóf Dániel, Hetesi Zsolt, Mrekva László, Mikus Gábor [Contribution of data-driven methods to risk reduction and climate change adaptation in Hungary and beyond](#) IDŐJÁRÁS / Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service 127 : 4 pp. 421–446. , 26 p. (2023) <https://www.met.hu/ismeret-tar/kiadvanyok/idojaras/index.php?no=2023.4.1>
122. ua:¹⁰⁰ Kis Anna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit, Szabó János Adolf: Az éghajlatváltozás várható hatásának integrált, modell alapú becslése a Felső-Tisza vízjárására, a bizonytalanság számszerűsítésével Hidrológiai Közöny 2023. 103. évf. 4. szám DOI: <https://doi.org/10.59258/hk.13172>
123. Horváth Á. és Breuer H.: A 2022-es rendkívüli szárazság fizikai-meteorológiai háttere. Légkör 68, 2-8. 2022 <https://doi.org/10.56474/legkor.2023.1.1>
124. Kis A., Szabó P., & Pongrácz R. (2023). Spatial and temporal analysis of drought-related climate indices for Hungary for 1971–2100. *Hungarian Geographical Bulletin*, 72(3), 223–238. <https://doi.org/10.15201/hungeobull.72.3.2>
125. Az Aszály kezelésének hosszú távú koncepciójáról Konzultációs anyag <https://2010-2014.kormany.hu/download/7/0a/90000/Aszalystrategia.pdf>
126. Fiala, Károly, Viktória Blanka, Zsuzsanna Ladányi, Péter Szilassi, Balázs Benyhe, Dragan Dolinaj, and Imre Pálfi. 2014. “Drought Severity and Its Effect on Agricultural Production in the Hungarian-Serbian Cross-Border Area”. *Journal of Environmental Geography* 7 (3-4):43-51. <https://doi.org/10.2478/jengeo-2014-0011>
127. Mezősi Gábor, BATA Teodóra, BLANKA Viktória, Ladányi Zsuzsanna: Klímaváltozás hatása a környezeti veszélyekre az alföldön Földrajzi Közlemények 2017. 141. 1. pp. 60–70. https://www.epa.hu/03000/03022/00011/pdf/EPA03022_foldrajzi_kozlemenyek_2017_1_060-070.pdf
128. Tamás János: AZ ASZÁLY Magyar Tudomány 178(2017)10, 1228–1237 © 2017 Akadémiai Kiadó DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.6 http://epa.niif.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10_1228-1237.pdf
129. Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., de Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S., Spinoni, J., Drought in Europe August 2022, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/264241, JRC130493.
130. Dr. Lakatos Mónika, Szentés Olivér, Bihari Zita: Történelmi aszály 2022-ben Európában és Magyarországon Agrofórum 2023/3 34. évfolyam 12. oldal
131. Tamás János: AZ ASZÁLY Magyar Tudomány 178(2017)10, 1228–1237 © 2017 Akadémiai Kiadó DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.6 http://epa.niif.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10_1228-1237.pdf
132. Nemzeti Agrárgazdasági Kamara 2024 Megjelent: 2024-08-07 11:41:44 <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgaltatas/mezogazdasagi-termeles/107559-aszalykarok-a-mezogazdasagban>
133. Az aszálykockázat kezelése és a klímaalkalmazkodási képesség javítására irányuló intézkedések meghatározása A Víz Keretirányelv Előirásai Szerinti Állapotértékelések, Elemzések, Vizsgálatok, Valamint a Vízgyűjtő-Gazdálkodási Tervek Második Felülvizsgálata És Korszerűsítése Kehop-1.1.0-15-2016-00008 Megrendelő: “Országos Vízügyi Főigazgatóság” 2019 https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2021/04/Aszaly_VGT3_2021.pdf

134. Gruntfest, E. (1977): What People Did during the Big Thompson Flood. – Working Paper No. 32, Natural Hazards Research–applications Information Center, Boulder, CO. <https://hazards.colorado.edu/uploads/workingpaper/wp32.pdf>
135. Eve Gruntfest, Burrell E. Montz: Flash flood mitigation: Recommendations for research and applications March 2002 *Environmental Hazards* 4(1):15-22 DOI: [10.1016/S1464-2867\(02\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S1464-2867(02)00011-6)
136. Flash Flood Preparedness of Public Entities in Colorado Brian Hy Gruntfest, Eve, "What we have learned since the Big Thompson Flood: Proceedings of the Tenth Anniversary Conference, July 17-19, 1986, Boulder, Colorado" (1987). *FMHI Publications*. 61. https://digitalcommons.usf.edu/fmhi_pub/61
137. Eric Gaume, Valerie Bain, Pietro Bernardara, Olivier Newinger, Mihai Barbuc, Allen Bateman, Lotta Blaškovičová, Günter Blöschl, Marco Borga, Alexandru Dumitrescu, Ioannis Daliakopoulos, Joachim Garcia, Anisoara Irimescu, Silvia Kohnova, Aristeidis Koutroulis, Lorenzo Marchi, Simona Matreata, Vicente Medina, Emanuele Preciso, Daniel Sempere-Torres, Gheorghe Stancalie, Jan Szolgay, Ioannis Tsanis, David Velasco, Alberto Viglione, A compilation of data on European flash floods, *Journal of Hydrology*, Volume 367, Issues 1–2, 2009, Pages 70-78, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.12.028>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169409000079>)
138. Koutroulis, A.G. & Tsanis, I.K. (2010): A method for estimating flash flood peak discharge in a poorly gauged basin: Case study for the 13–14 January 1994 flood, Giofiros basin, Crete, Greece. *Journal of Hydrology*, 385: 150-164
139. Faragó T.; Führer E.; Garbai L.; Iványi Zs.; Járó Z.; Jászay T.; Márkus L.; Mika J.; Molnár Á.; Nováky B.; Práger T.; Szalai S.; Szász G.; Szentimrey T.; Tóth L. F., 1991: Az éghajlat változékonysága és változása II.: ..(szerk.: Faragó T.; Iványi Zs.; Szalai S.) Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium - OMSZ, Budapest, 210 o. ISBN 963 7702 45 8 II.k
140. Szilágyi J. (1954): Az Által-ér és a Váli-víz rendkívüli árvize 1953. június 9.-én. (Extreme flooding of the Által-ér and the Váli víz on June 9, 1953). *Vízügyi Közlemények*, 36: 169-176.
141. <https://www.severe-weather.eu/europe-weather/destructive-flooding-germany-belgium-mk/>
142. https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3062
143. www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/412-ar-es-belviz-valamint-villamarviz-kockazat-ertekelese-hazankban.pdf Pécsi Tudományegyetem
144. Olajosné Lakatos, Boglárka: A felszíni vizek ökológiai állapota: A Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság Közös Duna Felméréseinek ökológiai állapotra vonatkozó eredményeinek összehasonlítása 2001–2020-ig HADMÉRNÖK 16 : 2 pp. 107-125. , 19 p. (2021) <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/hadmernok/article/view/5303/4562>
145. https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_climate_change_science
146. Seo, YW., Ha, KJ. Changes in land-atmosphere coupling increase compound drought and heatwaves over northern East Asia. *npj Clim Atmos Sci* 5, 100 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41612-022-00325-8>
147. Andrásfalvy B. (1973). A Sárköz és a környező Duna-menti területek ősi ártéri gazdálkodása és vízhasználatai a szabályozás előtt. *VÍZDOK - Vízügyi Dokumentációs és Tájékoztató Iroda, Budapest*.
148. Molnár G. (1991 – 1994). Az ártéri gazdálkodás – A Kárpát medencei gazdasági-politikai kontinuitás alapja. In: Országépítő, vol. 1991/2, 1991/3, 1991/4, 1992/1, 1992/3-4, 1993/3, 1993/4, 1994/1. Kós Károly Egyesülés, Budapest.
149. Molnár Géza: Ember és természet ISBN: 978 963 662 253 4 Kiadás éve: 2009
150. Babinszky Edit Térképek a múltból Pocsolyatérkép Élet és tudomány 72. évf. 29. sz. (2017. július 21.) (2024 12 10.) https://epa.oszk.hu/02900/02930/00343/pdf/EPA02930_elet_es_tudomany_2017_29.pdf
151. Vízgazdálkodás a középkori Magyarországon In: Gyöngyössy, Márton (szerk.) Magyar középkori gazdaság- és pénztörténet: Jegyzet- és forrásgyűjtemény Budapest, Magyarország : Bölcsész Konzorcium (2006) 342 p. pp. 105-152. , 48 p. <https://m2.mtmt.hu/gui2/?mode=browse¶ms=publication;3115301>

152. (150.)

153. (150.)

154.vizugy.hu

155.ua. 118

156.Mezősi Gábor, Bata Teodóra, Blanka Viktória, Ladányi Zsuzsanna A klímaváltozás hatása a környezeti veszélyekre az Alföldön Földrajzi Közlemények 2017. 141. 1. pp. 60–70.
https://www.epa.hu/03000/03022/00011/pdf/EPA03022_foldrajzi_kozlemenyek_2017_1_060-070.pdf

157.Földi László: Változó természeti környezet, klímaváltozás. Az emberiség növekvő vízigénye és a vízforrások csökkenésének konfliktusa. In: Csengeri János, Krajnc Zoltán (szerk.): [A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században](#). Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Budapest, 2015. Pp: 12-25

158.Balogh P. 2001: Az ártéri tájgazdálkodás koncepciója. In: Földrajzi Közlemények 2001/3-4.
<http://www.nagykoru.hu/arter>

159.Dobrosi D.–Haraszthy L.–Szabó G. 1993: Magyarországi árterek természetvédelmi problémái. – WWF Füzetek 3. Budapest

160.Kovács Ferenc: *Az alföldi területhasználat és változásainak értékelése*. In: A környezeti változások és az Alföld 7. pp. 159-166. (2011) <https://acta.bibl.u-szeged.hu/62756/>

161.Haraszthy L. et al. 2002: A tározó területek, területrészek tájgazdálkodási, illetve egyéb ökológiai célú hasznosítási lehetőségeinek (területhasznált módosításának) feltárása, különös tekintettel a Nemzeti AgrárKörnyezetvédelmi Programban foglaltakra. (kézirat részben felhasználva: Varga I. et al.: Árvízi tározók területének tájgazdálkodási, ökológiai célú hasznosítási lehetőségei és gazdaságossága. (5.1-3. fejezet, pp. 47-62.) – A KöViM megbízásából THESIS Kft, WWF Magyarország, VÍZITERV Consult Kft., Budapest.

162.Murányi Gábor: A körkörös gazdasági modell kiaknázása a területi vízgazdálkodásban Hidrológiai Közöny 2021. 101. évf. 3. szám
https://www.researchgate.net/publication/355903913_A_korkoros_gazdasagi_modell_kiaknazasa_a_teruleti_vizgazdalkodasbanExploitation of the circular economy model in territorial water management

163.Egyensúly Intézet szakpolitikai javaslatai a magyar vízbiztonság hosszú távú megteremtéséről Hogyan legyen Magyarország vízben gazdag ország? 2024 No.4 https://egyensulyintezet.hu/wp-content/uploads/2024/12/Vizbiztonsag_javaslat_EI.pdf

164.Besenyi Mónika Fenntarthatóság In: Jó Állam Jelentés szerk : Dr. Kaiser Tamás Energia- és vízgazdálkodás F.3.3. Megújuló felszíni vízkészlet 105. oldal https://joallamjelentes.uni-nke.hu/2019_pages/PDF/Jo_Allam_Jelentes_2019_Elso_Valtozat.pdf

165. Hesslerová, P., Pokorný, J., Huryna, H., & Harper, D. (2019). *Wetlands and Forests Regulate Climate via Evapotranspiration. Wetlands: Ecosystem Services, Restoration and Wise Use*, 63–93. doi:10.1007/978-3-030-14861-4_ (chapter 4).
166. Bozó László: A víz és a légköri folyamatok – a hidrológiai ciklus atmoszferikus része Magyar Tudomány 178(2017)10, 1198–1205 DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.3 http://www.epa.hu/00600/00691/00169/pdf/EPA00691_mtud_2017_10.pdf
167. Báder László: Magyarország vízmérlege és az éghajlatváltozás Hidrológiai Közlöny 2023. 103. évf. 1. szám http://real.mtak.hu/164339/1/0101_172_Bader_Magyarorszagvizmerlegenek_tordelesre_0130.pdf
168. Zemp, D. C., Schleussner, C.-F., Barbosa, H. M. J., van der Ent, R. J., Donges, J. F., Heinke, J., Sampaio, G., and Rammig, A.: On the importance of cascading moisture recycling in South America, Atmos. Chem. Phys., 14, 13337–13359, <https://doi.org/10.5194/acp-14-13337-2014>, 2014.
169. Makarieva, A. M., Gorshkov, V. (2007). Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. Hydrology and Earth System Sciences, 11. pp. 1013-1033. doi:10.5194/hess-11-1013-2007
170. Kravcik, M., Pokorny, J., Kohutiar, J., Kovac, M., Tóth E. (2007). Water for the Recovery of the Climate – A New Water Paradigm. People and Water NGO, Kosice, Slovakia <https://static1.squarespace.com/static/538c8ae0e4b0ef2df549ab42/t/55912e08e4b03ab3a9aa5c4f/1435577864636/A+New+Paradigm+for+Water.pdf> 2024 11.31.
171. László, E., Palcsu, L., and Leelőssy, Á.: Identification of moisture source region based on trajectory model analysis and isotopic composition of the precipitation in Debrecen, Hungary , EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-18226, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-18226>, 2020 https://www.researchgate.net/publication/347495210_Identification_of_moisture_source_region_based_on_trajectory_model_analysis_and_isotopic_composition_of_the_precipitation_in_Debrecen_Hungary
172. Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási terve – 2021.: 2.1.2 Felszín alatti ivóvízbázisok. <https://vizeink.hu/vizgyujto-gazdalkodasi-terv-2019-2021/vgt3-elfogadott/> – utolsó letöltés időpontja: 2024. október 16.
173. Sandström, K., 1995: Modeling the effects of rainfall variability on groundwater recharge in semi-arid Tanzania. Hydrology Research, 26(4-5): 313–330. <https://doi.org/10.2166/nh.1995.0018>
174. Trásy-Havril Timea , Szkolnikovics-Simon Szilvia , Mádlné Szőnyi Judit Az éghajlatváltozás hatása a vízciklus felszín alatti részére és a kapcsolódó ökoszisztémákra <https://doi.org/10.31852/EMF.34.2022.125.133> https://nimbus.elte.hu/oktatas/metfuzet/EMF034/PDF/17_Trasy-Havril-et-al.pdf
175. Olajosné Lakatos Boglárka: A felszíni vizek monitoringjának hazai és európai uniós operatív rendszere Műszaki Katonai Közlöny, 31. évfolyam (2021) 2. szám
176. Rotárné Szalkai Ágnes – Homolya Emese– Selmeczi Pál A klímaváltozás hatása az ivóvízbázisokra Kutatási jelentés Nemzeti Alkalmazkodási Központ, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet 2015 december (letöltés: 2024 november 19.) https://nakfo.mbfisz.gov.hu/sites/default/files/files/Ivoviz_HU.pdf

- 177.Green Policy Center Klíma - Biztonság -Klímaváltozás és Biztonság - Témameghatározó Konferencia Hátteranyag <https://www.greenpolicycenter.com/2023/04/25/klima-es-biztonsag-a-hazankat-fenyegeto-kornyezeti-kihivasok-azonositasa/>
- 178.Kovács Eszter - Kelemen Eszter - Pataki György: Ökoszisztéma szolgáltatások a tudományterületek és a szakpolitikák metszéspontjaiban. Természetvédelmi Közlemények, (2011), 17. 1-11.
- 179.Kovács Eszter - Pataki György - Kelemen Eszter - Kalóczkai Ágnes: Az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma a társadalomkutató szemszögéből. Magyar Tudomány, 172 (2011), 7. 780-787.
- 180.Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> (letöltve 2024.07.01)
- 181.O. Lakatos B. és Ungvári G.: Ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója a vízgazdálkodásban Hidrológiai Közöny 2022. 102. évf. 3. szám https://www.hidrologia.hu/wp-content/uploads/2023/11/HK2022_03.pdf
- 182.Ungvári, Gábor and Molnár, Zsolt and Varga, György and Ellison, David (2012) *Ökoszisztéma-szolgáltatások nagyságrendi becslése vízgyűjtő szinten a vízkörforgást leíró vízháztartási jellemzők alapján*. Műhelytanulmány (working paper). <https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/560/>
- 183.Az ökológiában szukcesszióknak a növénytársulások fokozatos, egy irányba mutató fejlődését nevezzük.
184. Ungvári, Gábor and Molnár, Zsolt and Varga, György and Ellison, David (2012) *Ökoszisztéma-szolgáltatások nagyságrendi becslése vízgyűjtő szinten a vízkörforgást leíró vízháztartási jellemzők alapján*. Műhelytanulmány (working paper). <https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/560/>
185. Elmqvist, T., Maltby, E. (2010). Biodiversity, ecosystems and ecosystem services. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. 41-111.
186. Agócs, 1996: Agócs József, Erdőéletés, Ekvilibrium, Budapest 1996-2010
- 187.Novák B., Szesztay K. (2002). Éghajlat és víz a Kárpát-medence tájökológiájában. Hidrológiai Közöny 82. évf. 6. szám (308-314) https://matarka.hu/cikk_list.php?fusz=11181
188. (181.) O.Lakatos, Boglárka ; Ungvári, Gábor: Ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója a vízgazdálkodásban
189. Hidrológiai Közöny 102 : 3 pp. 4-19. , 16 p. (2022) https://real-j.mtak.hu/22183/13/HK2022_03.pdf
190. ua. 139. Lakatos Boglárka Kritikus ökoszisztéma infrastruktúrák In: Göcze, István; Padányi, József Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában: A katonai műszaki tudományok tudományág időszerű kérdései, aktuális tudományos kutatási eredményei - Hallgatói kötet Budapest, Magyarország : Ludovika Egyetemi Kiadó (2023) 295 p. pp. 133-144. , 12 p.
191. Pinke Zsolt - Kiss Márton - Lövei L. Gábor: Developing an integrated land use planning system on reclaimed wetlands of the Hungarian Plain using economic valuation of ecosystem services. *Ecosystem Services*, 30 (2017), Part B. 299-308. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.007>
- 192.Jules. N. Pretty - A. D. Noble - D. Bossio, - J. Dixon - R. E. Hine - F. W. T. Penning De Vries - J. I. L. Morison: Resource - Conserving Agriculture Increases Yields In Developing Countries. *Environmental Science & Technology*, 40. (2006), 4. 1114-1119
- 193.Makarieva, VG Gorshkov Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land Hydrology and Earth System Sciences 11 (2), 1013-1033 <https://scholar.google.com/citations?user=gCJAcAgAAAAJ&hl=en>

194. Max Bouman, Supervisor: Chiel van Heerwaarden Second supervisor: Ryan Teuling Investigating the biotic pump theory A study on condensation-induced atmospheric dynamics April 2023 MSc thesis Meteorology and Air Quality (MAQ) Group Wageningen University <https://edepot.wur.nl/634471>
195. Tisza-vidék kutatás-fejlesztési program 2000. A Tisza-vidék fejlesztését befolyásoló vízrajzi kockázatok, erőforrások és lehetőségek. Tizenkettedik részjelentés. Témavezető: Mezősi Gábor. Közreműködtek: Barta Károly, Bódis Katalin, Boga Tamás László, Kiss Tímea, Kiss Richárd, Mezősi Gábor, Pálfi Imre, Rakonczai János, Szilávik Lajos, Török Imre György. Szeged: Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi Tanszék, 2000. 110, [11] p., TISZA-VIDÉK KUTATÁS- FEJLESZTÉSI PROGRAM 2000. <http://www.alfoldinfo.hu/tisza/tisza1.html>
196. ua 182.
197. Hetesi Zsolt – Fülöp Sándor: Fenntarthatatlan talajhasználat, élelmiszer-biztonság és megoldási javaslatok In: A jó állam mérhetősége III. Szerk.: Kaiser Tamás 2019 Dialóg Campus Kiadó Budapest https://joallamjelentes.uni-nke.hu/2017_pages/pdf_serve/non-compress/669_jam_iii_xs.pdf
198. Várallyay György: Magyarország talajainak vízraktározó képessége <https://doi.org/10.1556/agrokem.54.2005.1-2.2> Agrokémia és talajtan 54. kötet 1-2 <https://akjournals.com/view/journals/0088/54/1-2/article-p5.xml>
199. Rakonczai, J., Farsang, A., Mezősi, G., Gál, N. 2011: A belvízképződés elméleti háttere. Földrajzi Közlemények 135. évfolyam 4. szám (letöltés dátuma: 2021 04 05). <http://publicatio.bibl.u-szeged.hu/5631/1/1959489.pdf>
200. Várallyay Gy. 2010: Talajdegradációs folyamatok és szélsőséges vízháztartási helyzetek a környezeti állapot meghatározó tényezők. Klíma-21 füzetek. 62. pp. 4–28.
201. Rakonczai János: A klímaváltozás következményei a dél-alföldi tájon (A természeti földrajz változó szerepe és lehetőségei) Akadémiai doktori értekezés Szeged, 2013 https://real-d.mtak.hu/612/7/RakonczaiJanos_doktori_mu.pdf
202. Várallyay György: [Magyarország talajainak vízraktározó képessége](https://doi.org/10.1556/agrokem.54.2005.1-2.2) <https://doi.org/10.1556/agrokem.54.2005.1-2.2> Agrokémia és talajtan 54. kötet 1-2
203. Dobos Endre: A talajok és a talajdegradáció szerepe a szélsőséges vízgazdálkodási helyzetek kialakulásában Vízügyi Közlemények, CIV. évfolyam 2022. évi 3. füzet https://talajtar.hu/wp-content/uploads/2023/01/VizugyiKozlemenyek_2022-1673315559_pages475-492.pdf
204. ÖMKi Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet: Csökkentett talajművelés alkalmazása az ökológiai gazdálkodásban https://biokutatas.hu/wp-content/uploads/2024/05/20230601_121713_w3uv2p_2023_csokkentett_talajmuveles_v8_huzott.pdf
205. NWRM website – GUIDE for adding a case study, modifying it and adding an associated source Procurement procedure 070201/2015/716925/ENV.C.1 “Support contract for the adjustment and transfer of the Natural Water Retention Measures (NWRM) platform to the JRC” <https://www.nwrn.eu/sites/default/files/documents-docs/nwrn-case-study-guide.pdf>
206. <https://www.aki.gov.hu/2023/10/10/a-2022-ben-a-karenyhito-juttatasok-98-szazalekat-aszalykarra-forditottak/>
207. ua. 204

208. Magyarország Vízyűjtő-Gazdálkodási Tervének Második Felülvizsgálata Jelentős Vízgazdálkodási Kérdések A Víz Keretirányelv Előírásai Szerinti Állapotértékelések, Elemzések, Vizsgálatok, Valamint A Vízyűjtő-Gazdálkodási Tervek Második Felülvizsgálata És Korszerűsítése Kehop-1.1.0-15-2016-00008 Készítette: Országos Vízügyi Főigazgatóság https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/12/JVK_2019_Vegleges.pdf
209. A 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2018, Melléklet a 23/2018. (X. 31.) OGY határozathoz <https://evosz.hu/data/dokument/Nemzeti%20Eghajlatvaltozasi%20Strategia.pdf>
210. Gacsály József Országos Vízügyi Főigazgatóság műszaki főigazgató-helyettese II. Vízválasztó Konferencia 2024 12. szóbeli elmondása alapján
211. <https://kap.gov.hu/news/2024-08-12/140336/gazdalkodoi-reszvetel-vizmegtartast-osztonzo-tamogatasi-programokban>
212. Oláh János (2002): Ártéri erőforrások és haszonvételek a Tisza völgyében. In: Szabóné Dr. Komlós Ilidkó (szerk.): JUTEKO 2002, Tessedik Sámuel jubileumi mezőgazdasági víz és környezetgazdasági tudományos napok. Szarvas
213. Andrásfalvy B. (2013). A víz a magyar történelemben. In: Víz határok nélkül II. Magyar Tudomány. 2013. II. pp. 1313-1321. https://www.epa.oszk.hu/00600/00691/00122/pdf/EPA00691_mtud_2013_11_1313-1321.pdf
214. Kozma, Z., Jolánkai, Z., Kardos, M. K., Muzelák, B., Koncsos, L. "Adaptive Water Management-land Use Practice for Improving Ecosystem Services – a Hungarian Modelling Case Study", Periodica Polytechnica Civil Engineering, 66(1), pp. 256–268, 2022. <https://doi.org/10.3311/PPci.18369>
215. Murányi, G., Koncsos, L. (2022). Analysis of nature based flood management in the Tisza River Valley, Hungary. *Pollack Periodica*, 17(3), 83-88. <https://doi.org/10.1556/606.2022.00456>
216. Zsófia Derts, László Koncsos Flood Risk Mitigation in the Tisza Valley by Deep Floodplain Reservoirs: The Effect on the Land Use [Journal of Environmental Science and Engineering](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5111-1_1) B 1 (2012) 34-40
217. Ungvári, Gábor. 2022. "Combining Flood Risk Mitigation and Carbon Sequestration to Optimize Sustainable Land Management Schemes: Experiences from the Middle-Section of Hungary's Tisza River" *Land* 11, no. 7: 985. <https://doi.org/10.3390/land11070985>
218. Gábor Ungvári, András Kis: Reducing flood risk by effective use of flood-peak polders: A case study of the Tisza River *Journal of Flood Risk Management* Volume15, Issue3 September 2022 e12823 <https://doi.org/10.1111/jfr3.12823>
219. Timár, G.; Jakab, G.; Székely, B. A Step from Vulnerability to Resilience: Restoring the Landscape Water-Storage Capacity of the Great Hungarian Plain—An Assessment and a Proposal. *Land* **2024**, *13*, 146. <https://doi.org/10.3390/land13020146> <https://www.mdpi.com/2073-445X/13/2/146>
220. Lakatos, Boglárka Kritikus ökoszisztéma-infrastruktúrák és jelentőségük a környezetbiztonságban

- In: Gőcze, István; Padányi, József Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában : A katonai műszaki tudományok tudományág időszerű kérdései, aktuális tudományos kutatási eredményei - Hallgatói kötet Budapest, Magyarország : Ludovika Egyetemi Kiadó (2023) 295 p. pp. 133-144. , 12 p.
221. Defence Expenditure of NATO Countries (2014-2023) 07 July/juillet 2023 Press Release
https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2023/7/pdf/230707-def-exp-2023-en.pdf (letöltés 2024 13.)
222. Laufer Balázs A nemzetbiztonság veszélyeztetésének megjelenési formái az egyes jogszabályokban NEMZETBIZTONSÁGI SZEMLE 8. évfolyam (2020) 3. szám 3–18. • doi: 10.32561/nisz.2020.3.1
https://real.mtak.hu/123521/1/01_Laufer_3-18_NSZ_2020_3.pdf
223. Kandrács Csaba – Ritter Renátó Fenntarthatósági mérőszámok – a GDP határai és alternatívái* Hitelintézeti Szemle, 23. évf. 2. szám, 2024. június, 31–55. o.
https://zoldpenzugyek.mnb.hu/sw/static/file/20240626_kandrac_ritter_fenntarthatosagi_meroszamok_a_gdp_hatarai_es_alternativai.pdf
224. Murányi Gábor A körkörös gazdasági modell kiaknázása a területi vízgazdálkodásban Hidrológiai Közöny 2021. 101. évf. 3. szám https://www.researchgate.net/profile/Gabor-Muranyi/publication/355903913_A_korkoros_gazdasagi_model_kiaknazasa_a_teruleti_vizgazdalkodasban/links/6183a0d7ef53e51e1281ff0/A-koerkoeroes-gazdasagi-model-kiafnazasa-a-terueleti-vizgazdalkodasban-Exploitation-of-the-circular-economy-model-in-territorial-water-management.pdf
225. P. Strosser, G. Delacámara, A. Hanus, H. Williams és N. Jaritt. 2015. Útmutató a vízmegőrzés természetére alapozott módszereinek : kiválasztására, megtervezésére, megvalósításának támogatására Európában:- A természetére alapozott megoldások sokrétű hasznának megragadása. Végző változat, 2015 április
226. Lo, V. (2016). Synthesis report on experiences with ecosystem-based approaches to climate change adaptation and disaster risk reduction. Technical Series No.85. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, 106 pages.
https://www.researchgate.net/publication/322993174_Synthesis_Report_on_Experiences_with_Ecosystem-Based_Approaches_to_Climate_Change_Adaptation_and_Disaster_Risk_Reduction [accessed Jun 19 2024].
227. Munang, Richard & Thiaw, Ibrahim & Alverson, Keith & Liu, Jian & Han, Zhen. (2013). The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. Current Opinion in Environmental Sustainability. 5. 47–52. 10.1016/j.cosust.2013.02.002.
https://www.researchgate.net/publication/257722043_The_role_of_ecosystem_services_in_climate_change_adaptation_and_disaster_risk_reduction
228. WWF. 2013. Operational Framework for Ecosystem-based Adaptation: Implementing and mainstreaming ecosystem-based adaptation responses in the Greater Mekong Sub-Region.
http://awsassets.panda.org/downloads/wwf_wb_eba_project_2014_gms_ecosystem_based_adaptation_general_framework.pdf
229. Naumann, S., Anzaldúa, G., Berry, P., Burch, S., Davis, M., Frelih-Larsen, A., Gerdes, H. and M. Sanders. 2011. Assessment of the potential of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and mitigation in Europe. Final report to the European Commission, DG Environment, Contract no. 070307/2010/580412/ SER/B2, Ecologic institute and Environmental Change Institute, Oxford University Centre for the Environment. <https://www.ecologic.eu/17774>
https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2022/2345_EbA_EBM_CC_FinalReport_23Nov2011.pdf
230. https://www.nwrm.eu/sites/default/files/case_studies_research/cs-es-01-final_version.pdf

231. <http://sitna.navarra.es/geoportal/?lang=&lg=en>)
https://www.nwrm.eu/sites/default/files/case_studies_ressources/cs-es-01-final_version.pdf
232. https://www.nwrm.eu/sites/default/files/case_studies_ressources/cs-es-01-final_version.pdf
233. <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/water/rivers/river-restoration-start#--2>
234. <https://toolkit.climate.gov/case-studies/building-smart-floodplain> a cikk utolsó módosítása (Last modified: 10 May 2024 - 12:00pm) Az US Climate Resilience Toolkit egy olyan webhely, amelynek célja, hogy segítsen az embereknek eszközöket, információkat és szakértelmet találni és használni az éghajlatváltozással szembeni ellenálló képesség kialakításához. Az Eszköztár egyetlen könnyen használható helyen kínál információkat az Egyesült Államok szövetségi kormányának egész területéről.
<https://www.youtube.com/watch?v=2PaZr8-UmTM>
235. Andreas Pichler presentation, Austrian Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management: Alpine Strategy for Adaptation to Climate Change in the Field of Natural Hazards
https://www.alpconv.org/fileadmin/user_upload/downloads/downloads_en/2_organisation_en/organisati_on_thematicworkingbodies_en/Natural_Hazards_Platform_-_PLANALP/Public_Workshop_on_Water_and_risk_management_facing_climate_change_towards_the_local_adaptation_/Pichler2.pdf
236. Juhász Erika, Tóth Zsolt, Kanizsay Borbála: A Hódok szerepe a vízgazdálkodásban A természetes és természet-alapú megoldásokkal megvalósuló táji szintű vízvi sszatartás Erdészeti Lapok CLIX. évf. 12.szám 2024 december
237. Szilágyi Sándor II. Vízválasztó konferencia tapasztalatai alapján 2025 01.10.
238. Ecosystem Service and Sustainable Watershed Management in North China International Conference, Beijing, P.R. China, August 23 - 25, 2000 Edward MALTBY
https://www.academia.edu/25189766/Ecosystem_approach_From_principle_to_practice
239. ua:¹⁰⁰ (Kis Anna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit, Szabó János Adolf: Az éghajlatváltozás várható hatásának integrált, modell alapú becslése a Felső-Tisza vízjárására, a bizonytalanság számszerűsítésével Hidrológiai Közöny 2023. 103. évf. 4. szám DOI:
<https://doi.org/10.59258/hk.13172>)
240. Az Európai Parlament és a Tanács [2000/60/EK](#) irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról
241. Grizzetti, B., Lanza nova, D., Lique te, C., Reynaud, A., Cardoso, A.C., (2016a). Assessing water ecosystem services for water resource management Environmental Science & Policy 61 (2016) 194-203
<https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2016.04.008>
242. Mapping Europe's ecosystems – MAES 2019 ISBN 978-92-9480-053-4
<https://www.eea.europa.eu/themes/biodiversity/mapping-europes-ecosystems>
243. Európai Környezeti Ügynökség Haines-Young, R. and M.B. Potschin (2018): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. www.cices.eu

244. TEEB (2010), The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations. Edited by Pushpam Kumar. Earthscan: London and Washington. <https://teebweb.org/publications/teeb-for-research-and-academia/>
245. Maes, J. et al., 2013, Mapping and assessment of ecosystems and their services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [ISBN 978-92-76-17833-0 \(online\)](#)
246. O. Lakatos Boglárka - Ungvári Gábor: Ökoszisztéma szolgáltatások koncepciója a vízgazdálkodásban . - In: Hidrológiai közlöny, ISSN 0018-1323 , 2022. (102. évf.), 3. sz., 4-19. p.
247. Ungvári Gábor – Molnár Zsolt – Varga György – David Ellison: *Ökoszisztéma szolgáltatások nagyságrendi becslése vízgyűjtő szinten a vízkörforgást leíró vízháztartási jellemzők alapján*. Budapest, Műhelytanulmány Regionális Energiagazdálkodási Kutatóközpont, 2012
248. https://vizeink.hu/wp-content/uploads/2021/04/Aszaly_VGT3_2021.pdf 227. oldalon
249. ICPDR Strategy on Adaptation to Climate Change 2012 (26. oldal 10. táblázat) <https://www.icpdr.org/library/publications/strategic-technical-documents>
250. ua:¹⁰⁰ (Kis Anna, Pongrácz Rita, Bartholy Judit, Szabó János Adolf: Az éghajlatváltozás várható hatásának integrált, modell alapú becslése a Felső-Tisza vízjárására, a bizonytalanság számszerűsítésével Hidrológiai Közöny 2023. 103. évf. 4. szám DOI: <https://doi.org/10.59258/hk.13172>)
251. Nagyvízi Mederkezelési Terv 02.NMT.01. Duna - Ipoly Torkolat [1708+200 fkm] – Budapest északi közigazgatási határa [1660+600 fkm] VITUKI Hungary Kft. 2014, Megbízó: Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság 83/2014. (III. 14.) Kormányrendelet előírásai alapján
252. Országos Vízügyi Főigazgatóság <https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=37>
253. Sztojcs Zsolt: Nemzeti Laboratóriumok létrehozása, komplex fejlesztése” RRF-2.3.1-2021 9. alprojekt Árvízbiztonsági koncepciók felülvizsgálata és megelőzés központú árvízvédelem kutatási programjának II. részkutatása: Mértadó Árvízszint Stabilitás vizsgálat kutatási bevezetője Kutatásvezető: Süveggyártó Anita, Országos Vízügyi főigazgatóság
254. Az Európai Parlament és a Tanács 2007/60/EK Irányelve az árvíz kockázatok értékelésének és kezelésének témakörét az országok számára egységesen és kötelező jelleggel szabályozza. A végrehajtás nemzeti feladatait Magyarországon a 178/2010 Korm. sz. rendelet (<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1000178.kor>) tartalmazza. A szabályozás előírja, hogy a tagállamoknak előzetes kockázatbecslést, árvízi veszély- és kockázati térképeket, továbbá az árvíz kockázat kezelési tervet kell készítenie, melyben a kockázatok csökkentésére hozandó intézkedéseket kell kidolgozni
255. Az Európai Unió által létrehozott Natura 2000 területek egy olyan összefüggő európai ökológiai hálózat, amely a közösségi jelentőségű természetes élőhelytípusok, vadon élő állat- és növényfajok védelmének keresztül biztosítja a biológiai sokféleség megőrzését és hozzájárul kedvező természetvédelmi helyzetük fenntartásához, illetve helyreállításához. Olyan zöld infrastruktúra, mely biztosítja Európa természetes élőhelyeinek ökoszisztéma szolgáltatásait, valamint jó állapotban való megőrzöttségét.

256. A HUDI20034 Duna és ártere kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület fenntartási terve Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság Budapest, 2014 https://termeszetvedelem.hu/wp-content/uploads/2022/01/HUDI20034_Duna_fenntartasi_terv.pdf
257. George Papaioannou, Andreas Efstratiadis, Lampros Vasiliades, Athanasios Loukas, Simon Michael Papalexiou, Antonios Koukouvinos, Ioannis Tsoukalas Panayiotis Kossieris: An Operational Method for Flood Directive Implementation in Ungauged Urban Areas. April 2018 *Hydrology* 5(2):24 DOI [10.3390/hydrology5020024](https://www.researchgate.net/publication/324700831_An_Operational_Method_for_Flood_Directive_Implementation_in_Ungauged_Urban_Areas)
https://www.researchgate.net/publication/324700831_An_Operational_Method_for_Flood_Directive_Implementation_in_Ungauged_Urban_Areas
258. Mr. Gary W. Brunner: HEC-RAS River Analysis System HEC-RAS 2D User's Manual Version 6.4 Exported - November 2023 https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS_2D_Users_Manual.pdf

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm a családomnak a támogatását. Kivételes gyerekeimnek a türelmüket, megértésüket és kíváncsi kérdéseiket, amitől úgy érzem, ezzel példát mutathatok nekik a tanuláshoz. Férjemnek pedig köszönöm a nyugodt óráimat és hogy mindig számíthatok rá.

A doktori iskolának a remek szervezést, Dr. Padányi József témavezetőmnek a bizalmát, támogatását és megbízhatóságát. Dr. Hetesi Zsolt témavezetőmnek a sok segítséget és szakmai diskurzust, amitől végül mindig összeállt a kép és segített tovább lendülni.

Köszönöm a Süveggyártó Anitának, Dr. Liptay Zoltánnak, Sztojcsév Zsoltnak a - VVNL kutatócsoportnak - a közös munkát a hidrodinamikai modellezés műszaki rejtelmeibe való betekintést.

Köszönöm az NKE Víz és Környezetpolitikai tanszék munkatársainak, hogy magas szintű szakmai tudásukkal segítettek munkámat, és sokszor is nem tudtak róla. Köszönöm Jánosi Imrének a segítségét.

Köszönöm a kutatás alatt megismert Vízválasztó szakértők, civilek és önkéntesek példamutatását és elhivatottságát, melyek fontos inspirációt adtak.

11. MELLÉKLETEK

11.1. Melléklet Szentendrei nagyvízi meder lehatárolt mintaterület és területhasználati térkép CORINE (CLC) alapján

Érdességi mezők validálása a jelen állapotra

A terepbejárások és az addigi tapasztalatok alapján felmerült, hogy az érdességi mezők területi kiterjedésének pontosságát vizsgálni szükséges, melynek egyértelmű alapja a felszínborítás. A dunai mintaterület hidrodinamikai modelljében (mely alapvetően 2014-ben készült a nagyvízi mederkezelési intézkedések vizsgálata érdekében, bár azóta többször pontosításra került) az érdességi mező a CORINE felszínborítási adatbázisából nyert területhasználati adatok felhasználásával készült, de a felszínborítási lehatárolást összevetve a rendelkezésre álló MADOP (Magyarország Digitális Ortofotó Programja) légifotókkal, látható volt, hogy az jelentős pontatlanságot mutat.

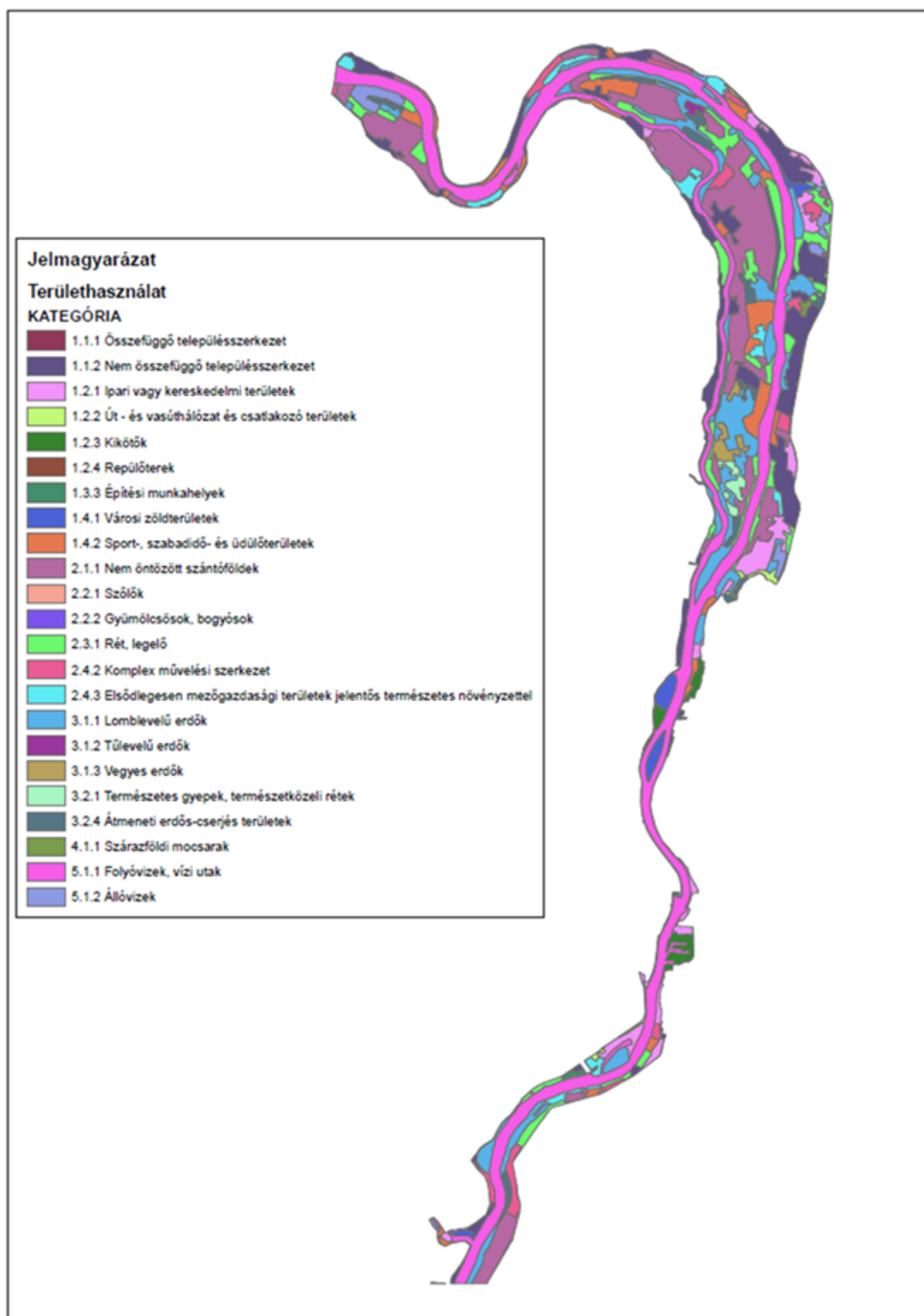
Előzők miatt új érdességi mező létrehozását kíséreltük meg, melyhez a felszínborítás közelítésére több alapadatot is vizsgáltunk, mint például az Európai felszínborítások adatbázisából (CORINE Land Cover) származó felszínborítás fedvény (CLC2018), vagy „*A közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU Biológiai Sokféleség Stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok*” című projekt Nemzeti ökoszisztéma szolgáltatás-térképezés és értékelés (NÖSZTÉP) projektelemének keretein belül készült Ökoszisztéma-alaptérkép.

A MADOP légiótokhoz képest a CLC2018 fedvény elődjeihez hasonlatosan jelentős eltérést mutatott - vélhetően a felhasznált alapadatok kis felbontása okán. Az Ökoszisztéma alaptérkép esetében az egyezés jobbnak mutatkozott, azonban annak raszter formátumú alapadatából polygon fedvényre konvertált változata sem nyújtott elégséges pontosságot.

Előzők miatt szükséges volt a CLC, az Ökoszisztéma alaptérkép, valamint a MADOP légifotók alapján egy új felszínborítás lehatárolást létrehoznunk „manuálisan”, azaz kézi lehatárolással.

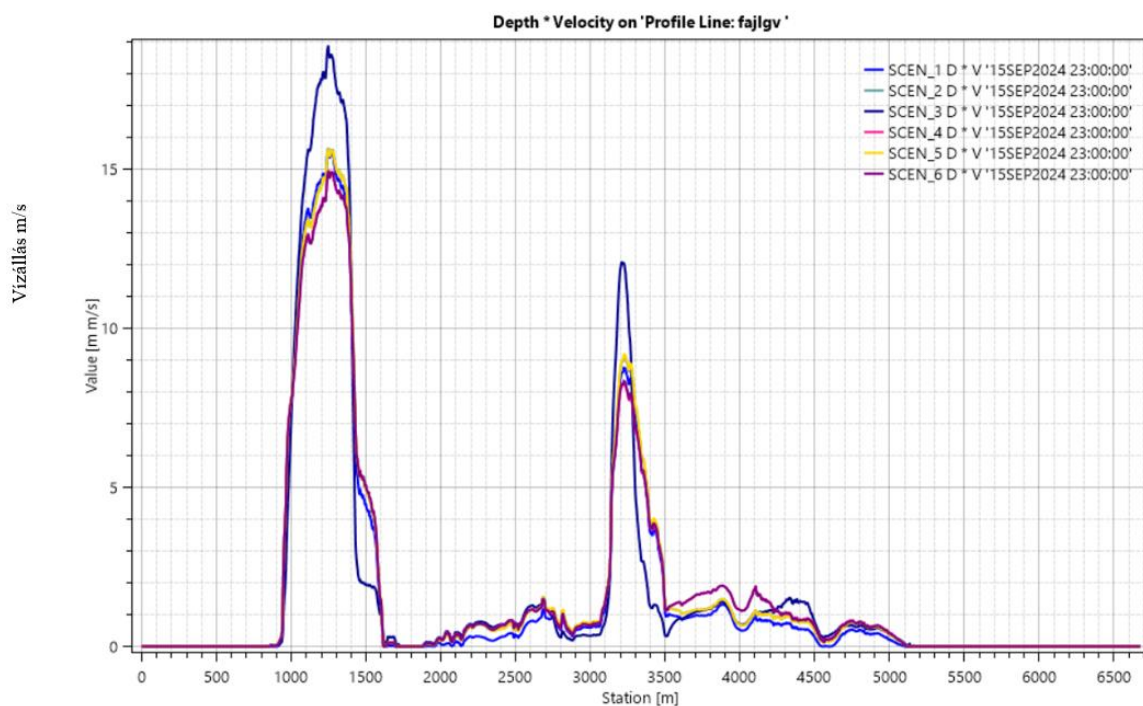
Az előállított felszínborítás a CLC nomenklatúráját követi, melyhez aztán különböző logikák alapján kapcsolhatóak a felszínborítást jellemző érdesség értékek.

52. ábra Szentendrei nagyvízi meder lehatárolt mintaterület és területhasználati térkép CORINE (CLC) alapján



11.2.melléklet HEC_RAS modell Szentendrei-sziget nagyvízi meder mintaterületen
Dunabogdány keresztaszelvény fajlagos vízhozamok

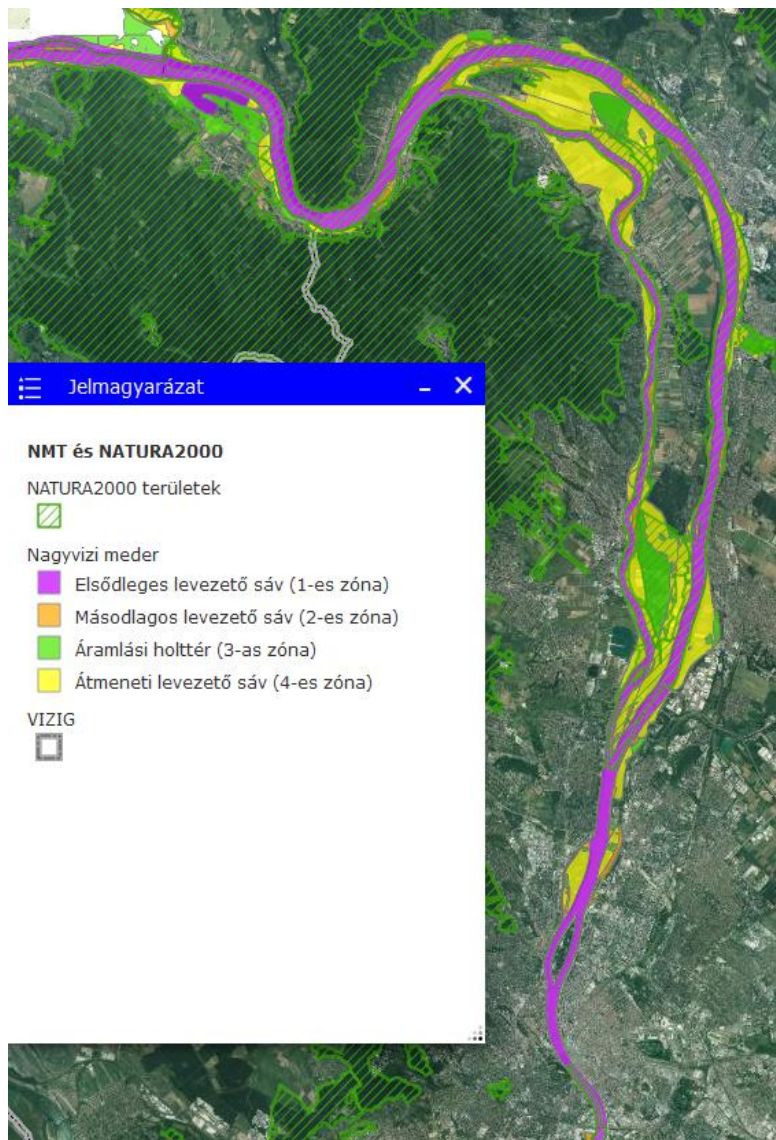
52. ábra HEC_RAS modell Szentendrei-sziget nagyvízi meder mintaterületen Dunabogdány keresztaszelvény fajlagos vízhozamok



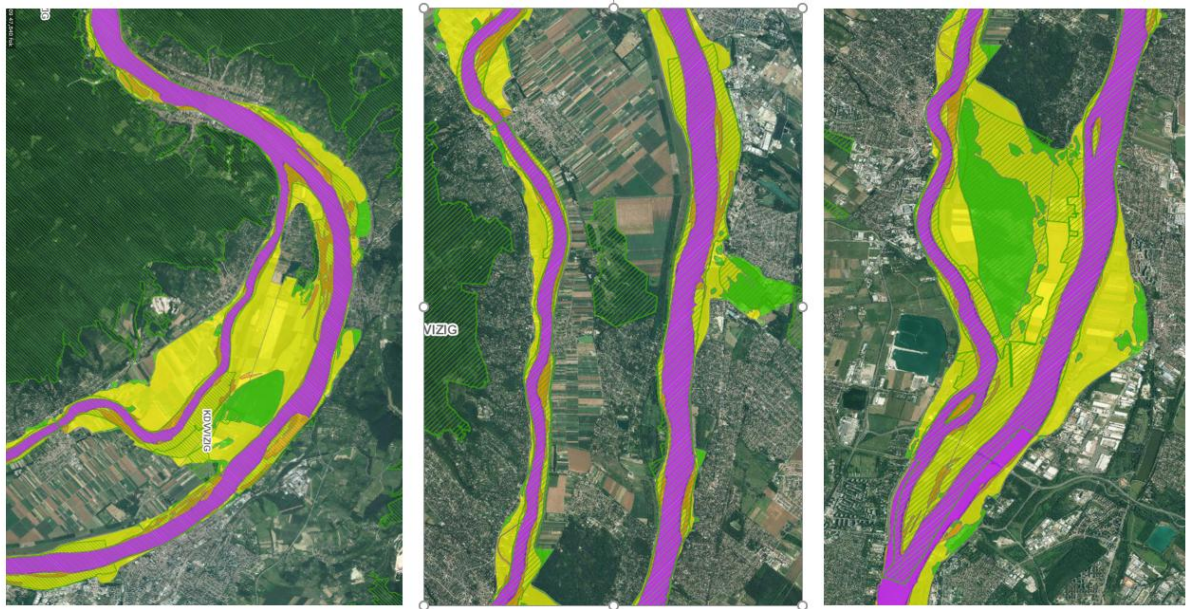
Állomás (m) A szelvény bal (parttól) kezdőpontjától mért távolság

11.3.melléklet Nagyvízi meder és Natura2000 területek a Szentendrei-szigeti mintaterületen
jelmagyarázattal (Forrás: OVF, KDVVIZIG)

53. a. ábra Nagyvízi meder és Natura2000 területek a Szentendrei-szigeti mintaterületen jelmagyarázattal
(Forrás: OVF, KDVVIZIG)



53. b. ábra Nagyvízi meder és Natura2000 területek a Szentendrei-szigeti mintaterületen (Forrás: OVF, KDVVIZIG)



11.4.melléklet Táblázat I.-VI FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó HEC_RAS modellezés eredményei összesítve

17. Táblázat I.-VI FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó HEC_RAS modellezés eredményei összesítve

Előírt terület nagysága (ha)	1. FORGATÓKÖNYV				Erdességi érték	2. FORGATÓKÖNYV				Erdességi érték	3. FORGATÓKÖNYV				Erdességi érték	4. FORGATÓKÖNYV				Erdességi érték	5. FORGATÓKÖNYV				Erdességi érték	6. FORGATÓKÖNYV			
	Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)		Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)		Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)		Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)		Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)		Átlagos vízmélység (m)	Átlagos sebesség (m/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)	Fajlagos vízhozam (m³/s)
107.4	1.03	0.49	0.8734	0.02	134.1	1.09	0.44	0.9531	0.03	147.09	1.7	0.36	0.8205	0.02	132.66	1.08	0.44	0.956	0.013	134.26	1.07	0.52	1.0853	0.013	132.09	1.07	0.52	1.088	
92.8	2.02	0.21	0.5079	0.024	115.7	1.4	0.17	0.377	0.05	140.58	1.31	0.09	0.2056	0.024	111.35	1.44	0.17	0.3823	0.024	119.21	1.4	0.16	0.3623	0.024	110.49	1.44	0.17	0.3909	
4.5	2.61	0.03	0.0332	0.022	4.9	2.74	0.05	0.0703	0.05	5.03	2.78	0.04	0.0589	0.022	4.9	2.73	0.05	0.06139	0.013	4.93	2.74	0.084	0.0837	0.013	4.9	2.72	0.058	0.0716	
214.1	2.89	0.39	1.215	0.026	222.3	3.22	0.47	1.5886	0.03	226.23	3.34	0.48	1.6884	0.026	222.12	3.19	0.47	1.5642	0.025	222.45	3.2	0.5	1.6822	0.025	221.87	3.17	0.5	1.6351	
144.3	1.97	0.22	0.6126	0.035	155.4	2.25	0.26	0.7633	0.1	161.03	2.47	0.14	0.4244	0.035	154.23	2.2	0.26	0.7596	0.025	155.19	2.23	0.29	0.8097	0.025	153.89	2.19	0.29	0.8649	
2029.3	2.38	0.21	0.555	0.046	2095.1	2.78	0.24	0.7254	0.05	2088.79	3.01	0.23	0.7236	0.025	2026.26	2.71	0.38	0.9871	0.046	2095.2	2.74	0.24	0.7293	0.025	2061.06	2.7	0.34	0.8682	
				0.033					0.033					0.033					0.033					0.033					
43.4	1.52	0.2	0.3736	0.03	47	1.93	0.23	0.5165	0.08	48.79	2.16	0.19	0.4755	0.03	46.79	1.89	0.25	0.5399	0.03	46.91	1.91	0.23	0.5088	0.03	46.88	1.87	0.24	0.5317	
743.9	2.49	0.29	0.8029	0.03	770.3	2.83	0.32	1.0026	0.035	762.34	3.05	0.27	0.8996	0.025	766.19	2.79	0.36	1.1113	0.03	769.86	2.81	0.32	0.9894	0.025	767.42	2.77	0.36	1.107	
479.04	1.85	0.2	0.4204	0.038	499.8	2.17	0.25	0.5757	0.15	506.31	2.4	0.06	0.2176	0.03	497.84	2.12	0.29	0.8404	0.03	499.69	2.16	0.29	0.8562	0.023	497.51	2.11	0.33	0.7332	
2760.1	3.91	0.32	1.3389	0.085	2809.4	4.26	0.39	1.7746	0.16	2836.16	4.46	0.16	0.8662	0.05	2809.51	4.22	0.36	1.6879	0.085	2809.93	4.26	0.39	1.771	0.09	2804.67	4.2	0.36	1.895	
56.8	1.01	0.01	0.0081	0.055	66.2	1.33	0.02	0.0261	0.16	66.93	1.69	0.01	0.0162	0.05	64.35	1.29	0.01	0.0169	0.055	64.69	1.32	0.02	0.0297	0.05	64.07	1.28	0.01	0.0166	
173.3	3.25	0.27	1.4538	0.055	183.8	3.49	0.28	1.6549	0.15	186.6	3.64	0.15	0.9342	0.05	182.91	3.46	0.3	1.8386	0.055	183.31	3.48	0.28	1.5832	0.05	182.57	3.45	0.3	1.8344	
19.3	2.61	0.14	0.4434	0.03	20.3	2.87	0.16	0.5373	0.035	20.39	3.11	0.13	0.4786	0.03	20.27	2.81	0.16	0.54233	0.03	20.31	2.86	0.16	0.5387	0.03	20.26	2.8	0.16	0.5388	
476.9	3.12	0.3	1.3413	0.045	502.1	3.4	0.32	1.5149	0.016	521.36	3.48	0.38	1.7177	0.045	500.54	3.33	0.32	1.5209	0.045	502.31	3.36	0.32	1.5241	0.045	499.72	3.32	0.33	1.5399	
				0.024					0.016					0.024					0.024					0.024					
4762.7	11.29	1.44	16.8345	0.024	4762.7	11.71	1.048	17.8196	0.024	4762.71	11.86	1.47	17.4299	0.024	4762.71	11.66	1.47	17.4299	0.024	4762.71	11.69	1.46	17.6022	0.024	4762.7	11.64	1.47	17.4175	
375.4	9.72	0.11	1.1935	0.024	379	10.06	0.17	1.8093	0.026	379.26	10.31	0.14	1.6374	0.024	378.93	10.01	0.16	1.7607	0.024	379.97	10.05	0.16	1.7943	0.024	378.89	10	0.16	1.7624	
476.5298824	2.22	0.227059	0.65118235	0.024	496.5411765	2.4929241	0.251178	0.78543629	0.024	510.8894116	2.4759824	0.164116	0.8178709	0.024	494.7947059	2.39179471	0.26764769	0.818307059	0.024	496.7466935	2.40941178	0.26141178	0.807199471	0.024	496.5992955	2.39	0.27076471	0.84276418	

11.5.melléklet Táblázat I.-VI FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó érdesség munka dokumentum

18. Táblázat I.-VI FORGATÓKÖNYV területhasználatokhoz kapcsolódó érdesség_munka dokumentum

TERÜLETHASZNÁLAT NÉV	HEC-RAS (KDVVIZIG)	Forgatókönyv 1. Jelenlegi érdesség+ jelenlegi MÁSZ	Forgatókönyv 2. A jelenlegi érdesség + a klímaváltozás hatásával a MÁSZ-ra (negatív hatás)	Forgatókönyv 3. Emelt érdességgel + új MÁSZ - lehető legrosszabb forgatókönyv (negatív hatás)	Forgatókönyv 4. A természetes és mezőgazdasági környezetben területhasználat változással módosított területhasználat és érdességek (mesterséges F1 értékekkel) + új MÁSZ-(pozitív hatás).	Forgatókönyv 5. A mesterséges (épített) környezet változásával módosított érdesség (természetes F1 értékekkel) az új MÁSZ-szal (pozitív hatás)	Forgatókönyv 6. Komplex: a jelenlegi érdességi viszonyokhoz képest a természetes és mesterséges környezetbe együttesen beavatkozott intézkedésekkel javított érdességek az új MÁSZ-on (pozitív hatás)
1.1.1 Összefüggő településszerkezet	(1 telepules_erdos)	0,016	0,016	0,014	0,016	0,016	0,016
1.1.2 Nem összefüggő településszerkezet	(2 telepules_sima)	0,014	0,014	0,12	0,014	0,014	0,014
1.2.1 Ipari vagy kereskedelmi területek	(3 ipari_terulet)	0,014	0,014	0,16	0,014	0,014	0,014
1.2.2 Ut - és vasúthálózat és csatlakozó terület	(4 ut_vasut)	0,02	0,02	0,03	0,02	0,013	0,013
1.2.3 Kikötők	(5 kikotok)	0,024	0,024	0,05	0,024	0,024	0,024
1.2.4 Repülőterek	(6 repuloter)	0,012	0,012	0,04	0,012	0,012	0,012
1.3.3 Építési munkahelyek	(7 epitesiterulet)	0,022	0,022	0,05	0,022	0,013	0,013
1.4.1 Városi zöldterületek	(8 varosi_zoldterulet)	0,028	0,028	0,03	0,028	0,025	0,025
1.4.2 Sport-, szabadidő- és üdülőtérületek	(9 uduloterulet)	0,035	0,035	0,1	0,035	0,025	0,025
2.1.1 Nem öntözött szántóföldek	(10 szanto)	0,045	0,045	0,05	0,025	0,045	0,025
2.2.1 Szőlők	(11 szollo)	0,033	0,033	0,08	0,033	0,033	0,033
2.2.2 Gyümölcsösök, bogyósok	(12 gyumolcsos)	0,03	0,03	0,08	0,03	0,03	0,03
2.3.1 Rét, legelő	(13 ret,legelo)	0,03	0,03	0,035	0,025	0,03	0,025
2.4.2 Komplex művelési szerkezet	(15 mezogazdasg_erdos)	0,038	0,038	0,16	0,03	0,03	0,023
3.1.1 Lomblevelű erdők	(17 erdo_0)	0,055	0,055	0,16	0,05	0,055	0,05
3.1.2 Tülevelű erdők	(16 erdo_1)	0,055	0,055	0,16	0,05	0,055	0,05
3.1.3 Vegyes erdők	(18 erdo_2)	0,055	0,055	0,16	0,05	0,055	0,05
3.2.1 Természetes gyepek, természetközeli rétek	(13 ret,legelo)	0,03	0,03	0,035	0,03	0,03	0,03
3.2.4 Átmeneti erdő-szerjés területek	(20 cserjes)	0,045	0,045	0,016	0,045	0,045	0,045
4.1.1 Szárazföldi mocsarak	(21 vizenyos)	0,024	0,024	0,15	0,024	0,024	0,024
5.1.1 Folyóvizek, vízi utak	(22 vizterulet)	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024
5.1.2 Állóvizek	(22 vizterulet)	0,024	0,024	0,028	0,024	0,024	0,024
?	(19 bokor)	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
?	(23 meder)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02