

Némedi Nándor<sup>1</sup>

## A VÍZBIZTONSÁG KLIMATIKUS ADAPTÁCIÓJÁNAK PERSPEKTÍVÁJA

### (THE PERSPECTIVE OF CLIMATE ADAPTATION OF WATER SECURITY)

*Az éghajlatváltozásnak várhatóan jelentős hatása lesz a vízbiztonságra, így szükség van a klimatikus és hidrológiai stacionaritás elméletek újragondolására. A várt klimatikus és hidrológiai változások magnitúdója mind időben, mind térben bizonytalan. Ezek bizonytalansága új és további kihívások sorát jelenti a vízügyi mérnököknek, hogy miként kerekedjenek felül ezeken a bizonytalanságokon a tervezés, a kialakítás és a működtetés során a vízbiztonság növelése érdekében. A szerző fő célja a cikkben bemutatni az éghajlatváltozás vízre gyakorolt fő hatásainak és az adaptáció szükségességét, a hatásokra válaszul adható különböző perspektívákat.*

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, vízbiztonság, perspektívák.

*Climate change is likely to have a large impact on water management, there is a need to reconsider the assumption of stationarity in climate and hydrology. The magnitude of the expected changes in climatic and hydrological variables is temporally and spatially uncertain. Their uncertainty poses a set of new and additional challenges for water managers on how to cope with these uncertainties in planning, design and operation to enhance future water security. The author reflects of this article, mainly is to description of the main impacts of climate change on water and the needs for adaption. Subsequently, different perspectives on the responses to the impacts are discussed.*

**Keywords:** climate change, water security, perspectives.

## BEVEZETÉS

A jó minőségű ivóvíz nem tartalmazhat az ember számára ártalmas élő-, élettelen anyagot. A vízbiztonság és a vízbázisvédelem több szempontból is kiemelt jelentőségű. Az emberi felelőtlenség, a szándékos emberi tevékenység valamint egyes természeti katasztrófák olyan szennyezéseket eredményezhetnek vízbázisok területén, melyek így az életfeltételeket veszélyeztethetik. [1]

Mindezek mellett a klímaváltozás kihívásaival is kénytelenek vagyunk szembenézni és reagálni a végbemenő folyamataira, felkészülni a jövőbeni veszélyekre. Az éghajlatváltozásnak jelentős hatása lesz a vízbiztonságra. Ennek egyik okán, például szükség van a klimatikus és hidrológiai stacionaritás elméletek újragondolására. A stacionaritás elmélet szerint a vízkészletek hosszú távú rendelkezésre állása (beleértve a csapadékot, a párolgást és az elszivárgást) történeti kereteken belül állandó. Mindazonáltal az

---

<sup>1</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz. E-mail: nandornemedi@me.com, ORCID: 0000-0003-3175-5644

éghajlatváltozás hatásaként a fő klimatikus és hidrológiai változók megváltoznak, ahogyan a vízszükséglet is. A várt klimatikus és hidrológiai változások magnitúdója mind időben, mind térben bizonytalan. Ezek bizonytalansága új és további kihívások sorát jelenti a vízügyi mérnököknek, hogy hogyan kerekedjenek felül ezeken a bizonytalanságokon a tervezés, a kialakítás és a működtetés során a vízbiztonság növelése érdekében. Habár az elmúlt évtizedekben az éghajlatváltozással kapcsolatos információk bővültek és számos hatástanulmány készült, a vízügyi mérnökök még mindig küzdenek azzal, hogyan válaszoljanak az éghajlatváltozás kihívásaira.

A cikk bemutatja az éghajlatváltozás vízre gyakorolt fő hatásait és az adaptáció szükségességét. Ezt követően, a hatásokra válaszul adható különböző perspektívák bemutatására kerül sor. Ezek a perspektívák magukban foglalnak egy szakaszt az éghajlatváltozás hatásaira adandó válasz szükségességéről, a döntéshozatali eljárásokra helyezendő különös figyelem szükségességéről, valamint a nagyobb pénzügyi ráfordítások szükségességéről. A következő perspektíva azt a dialógust mutatja be és tárgyalja, amely ráirányította a figyelmet a vízhez kapcsolódó klimatikus adaptációra az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményének (UNFCCC) tárgyalásai során. Ezekben a különböző perspektívákon keresztül a cikk bemutatja a vízbiztonság és az éghajlatváltozás széles terét.

## AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS VIZEKRE GYAKOROLT HATÁSA ÉS AZ ALKALMAZKODÁS SZÜKSÉGESSÉGE A VÍZGAZDÁLKODÁS TERÉN

Az Éghajlat-változási Kormányközi Testület negyedik értékelő jelentése (IPCC, 2007) [2] óta az éghajlat-változási modellek finomításra kerültek. A modelleket fejlesztették azáltal, hogy új visszacsatolások (például aeroszolidok), valamint a földi rendszerek további komponensei – például az integrált szén- és tápanyagkörforgások – kerültek beépítésre. Az éghajlatváltozás legfőbb hatásait a vízbiztonság terén a csapadékminták változásai fogják előidézni. Az esőzés és a havazás jövőbeli változásai továbbra is bizonytalanok, ugyanakkor bizonyos stabil minták kialakulóban vannak. Fontos szempont, amelyet gyakran figyelmen kívül hagynak, de ugyanilyen fontossággal bír, az elpárolgásnak a magasabb hőmérséklet miatt várható fokozódása. Míg a csapadék-előrejelzések bizonytalanok, a hőmérsékletváltozásokat sokkal jobban előrevetítik az általános vízkörforgási modellek. Az általános tendencia az, hogy a száraz területek még szárazabbá, míg a nedves területek még nedvesebbé válnak. A csapadékvíz-elvezetés és a folyók áramlása tekintetében a CMIP3 és a CMIP5<sup>2</sup> nagyszabású modell-összehasonlító projektekben végzett klímamodell-futtatásokon alapuló többmodelles prognózisok következetesen (több modellel átívelően) csökkenő vízkészleteket mutatnak Dél-Európában, Közép-Ázsiában, Dél-Ausztráliában és az Egyesült Államok dél-nyugati részén. Délkelet-Ázsiában, a trópusi Kelet-Afrikában, valamint a magas északi szélességi körökön a rendelkezésre álló vízkészletek növekedésének konzisztens mintája rajzolódik ki. Egyes régiókban az előre jelzett jövőbeni változások hasonlóak a csapadék legutóbb megfigyelt változásaihoz. Ez a helyzet például a Földközi-tenger vidékén és Ausztrália déli részén, ahol a csapadékmennyiség az elmúlt 60 év során csökkent, és a klímamodellek

---

<sup>2</sup> A CMIP a Klímamodelleket Összehasonlító Projekt rövidítése. Ennek harmadik fázisára a 2007-es, míg az ötödik fázisára a 2013-as Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC) jelentése támaszkodik.

további csapadékcsökkenést jeleznek. (IPCC, 2013) [3] Ugyanakkor például az „Afrika szarvának” nevezett térségben mostanában csökkent a csapadékmennyiség, míg a klímamodellek a jövőben növekedést jósolnak.

Az éghajlatváltozás hatással lesz az esőzések változékonyságára és szélsőségeire is. (IPCC, 2012) [4] Mind a nedves, mind a száraz szélsőségek növekedni fognak. A nagy csapadékkal járó események fokozódni fognak, és az aszályok is gyakoribbá válnak. A folyók áramlása is változékonnyabb lesz a jövőben. Európa nagy részén, az Egyesült Államokban és Dél-Ázsiában az erős áramlások fokozódni fognak, mind a gyenge áramlások gyengülni fognak. Így még azokon a területeken is, ahol a rendelkezésre álló vízkészletek stagnálnak vagy növekednek, az éghajlatváltozás befolyásolhatja a vízbiztonságot a gyakoribb alacsony vízállási események miatt. Az éghajlatváltozás nem csak a rendelkezésre álló vízkészleteket befolyásolja, hanem a vízminőséget is, a folyók áramlásának változásai által előidézett vízhőmérséklet- és hígításikapacitás-változások miatt. [5] Számos folyódelta-rendszerben az éghajlatváltozás növelni fogja a jövőben a sós víz behatolását. A száraz/nyári évszak során a megemelkedett tengerszint és a folyók lecsökkent áramlásának kombinációja a folyódelta-rendszerekben meg fogja emelni a sótartalmat, például a Rajna, a Gangesz-Brahmaputra és a Mekong medencéjében. Habár nyilvánvaló, hogy az éghajlatváltozás hatással lesz a vízbiztonságra, egyelőre nagy a bizonytalanság a jövőben rendelkezésre álló vízkészletek számszerűsítése terén. [6] Ezek a bizonytalanságok megnehezítik a hagyományos megküzdési stratégiák meghatározását, így olyan rugalmas megközelítésmódok és válaszlépések kidolgozására van szükség, mint az adaptív vízgazdálkodás. Adaptív vízgazdálkodás alatt az időben és térben változó környezeti és egyéb körülményekhez való alkalmazkodás képességét és gyakorlatát értjük. A jövő vízgazdálkodásának a legnagyobb kihívása, hogy miként legyen megelőző és miként tegyen szert rugalmas eszközökre. Ez az évszázados *létesítményes* (hard) vízépítéssel szemben a vízigényt- és kibocsájtást szabályozó, területhasználatot befolyásoló *integrált* (soft) vízgazdálkodás kell, hogy legyen.

Míg az éghajlattudomány (klimatológia) és számos más természettudományi és műszaki tudományág széleskörű bizonyítékot szolgáltatott a vízkörforgásnak az éghajlatváltozás iránti érzékenységre, addig kisebb az egyetértés a vízkészlet-gazdálkodás éghajlatváltozással szembeni sérülékenysége tekintetében, illetve azt illetően, hogy az új megközelítések hogyan ellensúlyozhatják a változó körülményeket – vagy éppen miként kovácsolhatnak előnyt belőlük. Immáron több mint két évtizede az éghajlattudományok hasznosnak bizonyulnak az alkalmazkodás szükségességének kidolgozásában. A biofizikai tudományok azonban korlátozott mértékben járultak hozzá annak meghatározásához, hogy az éghajlatváltozás hatásait vizsgáló tanulmányok miként használhatóak fel hatékonyan az alkalmazkodáshoz. Jelenleg a klímamodellekből származó leskalázott („downscaled”) előrejelzéseket használnak a vízgazdálkodók a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásra (általános vagy regionális vízkörforgási modellek, más néven GCM-k<sup>3</sup> vagy RCM-k<sup>4</sup>).

Míg a leskalázott előrejelzések a jelenlegi gyakorlatot képviselik, használatuk óriási eltéréseket mutat. Például a vízkárelhárítás vagy vízhasznosítás szakágazathoz tartozó

---

<sup>3</sup> General Circulation Model – általános cirkulációs klímamodellek.

<sup>4</sup> Regional Climate Model – regionális klímamodellek.

vízgazdálkodó csak egy vagy két klímamodellt és az általuk választott modellekhez egy vagy két forgatókönyvet választ ki, miközben elméletileg közel két tucat klímamodell közül bármelyik potenciálisan egyenértékű, és minden egyes klímamodell esetében rendelkezésre áll a különböző határ- és kiindulási feltételeket leíró további forgatókönyvek változatos tárháza. Így a vízgazdálkodásban több tucatnyi leskalázott intézkedés illeszkedik az éghajlati forgatókönyvek és modelltanulmányok lehetséges jövőjéhez. A számítási korlátokat, a költségeket, továbbá a modellek közötti – illetve különböző forgatókönyvek esetén akár a modelleken belüli – nagymértékű eltéréseket figyelembe véve érthető, hogy sok vízgazdálkodó úgy dönt, hogy leegyszerűsíti ezeket az eljárásokat, annak ellenére, hogy a modellek és forgatókönyvek „kimazsolázásának” elméleti alapja (önmagában) nem elég szilárd. Ráadásul a leskalázáshoz használt módszerek befolyásolják az éghajlati forgatókönyvek felbontását és a becsült hatásokat. [7]

Számos szerző elemezte<sup>5</sup> a szakirodalmat, hogy népszerűsítsen bizonyos módszertanokat annak érdekében, hogy a legjobb gyakorlatok egy szűkebb körét támogassa. Ugyanakkor olyan alapvető kérdések merülnek fel a vízgazdálkodók körében, például, hogy vajon a klímamodellek biztosítanak-e a sebezhetőség megítéléséhez és a vízkészlet-gazdálkodás terén a megfelelő beavatkozások megtervezéséhez szükséges mértékű megbízhatóságot és bizonyosságot? Ezenkívül a vízgazdálkodóknak képesnek kell lenniük megbecsülni az éghajlatváltozásból eredő relatív hatásokat a vízkészleteket érintő egyéb meglévő és jövőbeni nyomásokkal szemben, úgy, mint a népességnövekedés, a gazdasági fejlődés, a földhasználat eltolódásai, az urbanizáció, a gazdaság ciklusossága és átalakulása, a technológiai fejlődés és így tovább. Az éghajlati és a társadalmi-gazdasági hajtótényezők kombinációja még bonyolultabbá teszi a jövőbeni változásokkal való megbirkózást.

Egyre több kutató és szakember<sup>6</sup> érvel azzal, hogy a klímamodellek mélységesen elhibáztak az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodással kapcsolatos számos alkalmazásra – különösen a vízgazdálkodás terén –, legalábbis bizonyos típusú döntések esetében. [8] Az IPCC által elismert klímamodelleket például kísérleti konstrukciókként fejlesztették ki, hogy segítsék a klímatudósokat a globális éghajlati folyamatok alkalmazhatóbb ismertetésében, és az éghajlatváltozás hatásainak enyhítését célzó szakpolitikák irányításában, az üvegházhatást okozó gázok jövőbeli kibocsátásával kapcsolatos különféle feltételezések alapján. Ezeket nem az alkalmazkodást segítő eszközöknek tervezték. Valójában a csapadék mennyiségére, időzítésére és formájára; a levegő hőmérsékletére; és az evapotranspirációra (adott növényállományból és a talajból pára alakban a légtérbe távozó vízmennyiség) kapott nagyon kvantitatív és látszólag pontos eredmények gyakran nem hitelesek a vízgazdálkodók, vízügyi tervezők, valamint az infrastruktúra-tervezők és -üzemeltetők által a vízkészletekre vonatkozóan meghozandó döntésekhez a jelenleg szükséges nagymértékű pontosság miatt, mivel ezek a felek gyakran évtizedeket, esetleg évszázadokat felölelő időskálákkal dolgoznak. [9] Ez a klímamodellek hosszú távú időbeli és nagymértékű térbeli felbontási skálájának tudható be. Bizonyíték van arra is, hogy számos ilyen modell nem tükrözi a vízkörforgás

---

<sup>5</sup> Például Ignacio Rodriguez-Iturbe, környezetmérnök professzor és klímakutató és Juan B. Valdés, hidrológus professzor.

<sup>6</sup> Például Zbigniew W. Kundzewicz, klímakutató, a földtudományok professzora és Eugene Z. Stakhiv, környezetmérnök és klímakutató.

kritikus összetevőit, például a szélsőséges események intenzitásában vagy gyakoriságában történt elmozdulásokat, vagy a növényzet változásait. [10]

A jövőbeni ökohidrológiai feltételek precizitásába és pontosságába vetett bizalom hiánya nehéz döntéseket sürget: továbbra is stacionaritást feltételezünk-e annak biztos tudatában, hogy az információink helytelenek; precíz, de szinte bizonyosan pontatlanul előrejelzett klímaváltozási döntéshozatali megközelítéseket alkalmazunk, amelyek lehetővé teszik számunkra, hogy olyan vízkészlet-gazdálkodási döntéseket hozzunk, amelyek megfelelőek bizonytalan jövőbeli állapotok számára?

Az utóbbi lehetőséghez illeszkedő alternatív megközelítések csak lassan alakultak ki. Az ún. „alulról felfelé építkező” (*bottom-up*) analitikai módszerek mostanában történt térnyerése volt tapasztalható, szembeállítva azokat a klímamodellek korlátozott, „felülről lefelé építkező” (*top-down*) leskálázási módszertanaival. [11] Lényegében az alulról felfelé építkező megközelítések megkísérlik leírni a szóban forgó rendszer sebezhetőségeit (pl. egy medencegazdálkodási tervet vagy infrastruktúratervet), a kockázatok esetében tűréshatárokat, valamint a felhasználók, az üzemeltetők vagy az érdekelt felek által meghatározott operatív határértékeket keresve, meghatározandó egy sebezhetőségi tartományt, ahelyett, hogy a klímamodellek eredményeit használnák elsődleges paraméterként. Az így létrejövő határokat ezután a releváns éghajlati változók egy halmazával össze lehet vetni, megvizsgálható a határértékek túllépésének valószínűségét. Ez a megközelítés nem egyetlen optimális megoldás meghatározására, hanem stabil és/vagy mindenképpen kifizetődő (ún. „no regret”) lehetőségek skálájának meghatározására összpontosít. [12]

Bár az alulról felfelé építkező megközelítések kifinomultság és összetettség terén még fejlődőben vannak, úgy tűnik, hogy nagyon ígéretesek a tekintetben, hogy lehetővé fogják tenni a vízgazdálkodók, mint a vízbiztonság kulcsfontosságú szereplői (és nem a klímakutatók) számára, hogy az alkalmazkodás tekintetében reális lehetőségekkel álljanak elő.

## AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS BECSÜLT HATÁSAI MAGYARORSZÁG VÍZGAZDÁLKODÁSÁRA

Az éghajlatváltozás jelentős hatással lesz a magyarországi vízgazdálkodásra. Az extrém csapadék gyakorisága hazánkban az elmúlt években jelentősen megnövekedett, a szélsőséges csapadékviszonyok pedig növelték az árvízi és belvízi kockázatot, illetve az aszályos időszakok növekedésének a kockázatát.

Az aszály leggyakoribb kiváltója a tartós csapadékhiány, ezért az aszálykérdés kiemelt probléma a hazai mezőgazdaságban, mely feltehetőleg a jövőben is nagy károkat fog okozni és a helyzetet súlyosbítja, hogy az aszály elmúltával az okozott károk felszámolása elhúzódó lesz. Figyelembe véve a klímaváltozás hatásait, összevetve a mezőgazdasági termelés vízigényével a jövőben lesznek olyan területek, ahol a növénytermesztés ágazat fenntartása öntözés nélkül lehetetlenné válik. [13]

Az aszályos időszakok vízgazdálkodási következményei szerteágazóak, azok hatással vannak a vízellátásra és mezőgazdaságra. A természetvédelemnek is fel kell készülnie a gyakoribb

aszályokra, mely különösen a vizes élőhelyeken okozhat jelentősebb problémákat. A hosszan tartó csapadékhiány következtében csökken a talajok nedvességtartalma, a talajvíz szintje, valamint a folyókban szállított vízmennyiség is. A talajvízszintek csökkenésével még több csapadék elnyelésére képes a talaj, ez pedig még kisebb lefolyást eredményez, csökken a kisebb vízfolyások felszín alatti vízutánpótlása. Aszályos időszakban különösképpen számolni kell a vízminőség romlásával.

Az árvizek és a villámárvizek tekintetében is jelentős változások várhatóak. A hőmérséklet növekedése miatt a téli csapadék egyre nagyobb mértékben fog eső formájában lehullani, amely a téli lefolyás növekedését okozza és a jelenleginél korábban érkező és magasabban tetőző árhullámokra kell számítani. Ennek az oka, hogy késleltetés nélkül fog lefolyni a korábban hóban tárolt vízkészlet. Az árvíz a karsztvízbázisok vízminőségét is veszélyezteti. Nagyobb esőzések hatására megáradnak a patakok és a karsztos víznyelőkön keresztül a felszín alatti vízrendszereket veszélyeztethetnek különböző bakteriális szennyeződések.

Hazánk földrajzi adottságaiból adódóan és az éghajlatváltozás szélsőségesebbé válásának következtében a jövőben is számolhatunk kisebb-nagyobb belvízi elöntések kialakulásával. A belvízelvezető rendszerek jelenleg sem alkalmasak kielégítően elvezetni a vizet, a vízszállító képesség tovább csökkenhet, mely elhúzódó belvizet eredményezhet, melyek továbbra is rendkívül nagy károkat okozhatnak.

Az öntözött területek megváltozása is egy fontos következmény. A rendelkezésre álló öntözővíz mennyisége csökkenni fog, ennek következtében a vízellátás egyre költségesebbé válik, így pl. az alföldi területeken, ahol a rendelkezésre álló víz mennyisége már jelenleg is igen korlátozott, az öntözés visszaszorulhat és a fő öntözött területek más tájegységeken alakulhatnak ki, ahol kisebb a hosszabb időn át tartó aszályos időszakok kockázata. Hasonlóan fontos következmény az állóvizeink vízháztartásának megváltozása, a kisebb tavaink felülete jelentősen zsugorodhat, egyesek akár ki is száradhatnak.

Magyarország ivóvízkészletének nagyjából 95%-a felszín alatti vizekből származik, ezért jelentőségük az ivóvízellátásban kiemelkedő, védelmük ezért kiemelt feladat kell hogy legyen a jövőben! [14]

<b>SZAKTERÜLET</b>	<b>ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA</b>	<b>FENNTARTHATÓSÁGI FELADATOK</b>	<b>FENNTARTHATÓSÁGI MEGOLDÁSOK</b>
<b>Árvízi kockázat</b>	Szélsőséges lefolyási viszonyok	Biztonságos védelem, katasztrófavédelem, hullámtér- ártér rehabilitáció	Vésztározók, záportározók, hullámtérszélesítés, hullámtér - gazdálkodás
<b>Belvíz és aszály</b>	Gyakoribb aszály	Kárt okozó belvizek elvezetése, aszály hatásainak csökkentése	Vízvisszatartás, beszivárogtatás, fölhasználat váltás,

			kettős működésű csatornák
<b>Vízkezelés-gazdálkodás</b>	Nagyobb vízigény, kisebb készlet	Takarékos technológiák, vízigények szabályozása, felszín alatti vízkészletek hatékony használata	Vízigények kielégítése az ökológiai szempontok figyelembevételével
<b>Vízminőség-szabályozás</b>	Érzékenység, túlfolyás, nagy erózió, érzékeny technológiák	Szennyezések csökkentése	Jó kémiai állapot, vízhasználatnak megfelelő vízminőség

**1. táblázat Fenntartható vízgazdálkodás és éghajlatváltozás (SIMONFFY Z.: Vízgazdálkodás és éghajlatváltozás – K + F feladatok c. előadása alapján, MTA Budapest, 2008. [www.nkfi.gov.hu/download.php?docID=7993](http://www.nkfi.gov.hu/download.php?docID=7993) A letöltés dátuma: 2017. 10. 24.)**

Az ország egyes részein a növénytermesztés szinte állandó vízhiánnyal küszködik és öntözésre kényszerül. A korlátozott hozzáférés a felszín feletti vízkészletekhez valamint a víz mesterséges szállításának nehézségei azt eredményezik, hogy a vízhiányos mezőgazdasági termőterületeken a felszín alatti vízkészletek hasznosítása irányába fordulnak. Ennek fényében a vízgazdálkodás jelentősége megkérdőjelezhetetlen. [15]

## DÖNTÉSHOZATALI FOLYAMATOK

A vízgazdálkodás számos aspektusát vizsgálva az elmúlt években felismerték, hogy az sebezhető az éghajlatváltozással szemben. Ez a sebezhetőség kitapintható az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi munkacsoport 2008-as műszaki jelentése szerint a vízkörforgás egyes aspektusait (csapadék, elfolyó esővíz, hósapkák), az információs és adatkezelő rendszereket, az irányítási rendszereket, a finanszírozási mechanizmusokat, az ökoszisztémákat, a működés iránti felelősségre vonhatóságot, valamint a hosszú távú infrastruktúrát, megélhetést és intézményeket illetően. [16] Sok vízi infrastruktúra képes az időtávokon átívelően, és az éghajlat változékonysága – sőt mi több változása – mellett működni. Számos vízi erőmű például már több mint egy évszázados, míg London városi vízellátó rendszerének születése körülbelül 1660-ra tehető, és modern korszaka az 1850-es években kezdődött. Egy Kr.e. 254-ben épített masszív öntözőrendszer még mindig szolgálja Szecsuan tartomány gazdálkodóit. Ezzel ellentétben, ha az éghajlatváltozás mértékével és terjedelmével kapcsolatos jelenlegi feltevések helyesek, manapság olyan vízi infrastruktúra megtervezése, amely 100 vagy 200 évig átfogóan kezeli a dinamikus ökohidrológiai viszonyokat, nagyon nehéz és akár megfizethetetlenül drága is lehet.

A sebezhetőséggel való megbirkózás alternatív megközelítése a vízgazdálkodók által meghozandó döntések elemzése, és a vízgazdálkodásban a hagyományos stacionárius megközelítésekről a nem stacionárius módszerekre való átmenet fontolóra vétele. Ebből a

szempontból a vízi közösség egészen a közelmúltig azt feltételezte, hogy döntéseink „rendkívül tartósak”, és hosszú időtávon is relevánsak tudnak maradni.

Lehet, hogy egy olyan korszak küszöbén vagyunk, amelyben az infrastruktúra-tervezőknek, a befektetőknek és az értékelőknek meg kell fontolniuk a szakaszokban történő építkezést több éves – vagy akár évtizedes – szünetekkel, ahogy az éghajlati minták egyre nyilvánvalóbbá válnak. Alternatívaként az infrastruktúráknak „eldobhatóvá”, illetve néhány évtized után könnyedén elbonthatóvá vagy egyéb célra felhasználhatóvá kell válnia. Ezzel szemben a tartósabb, „adaptív infrastruktúra” megkövetelheti, hogy előnyt tudjunk kovácsolni többféle működési rendszerből, mivel a regionális és helyi éghajlati viszonyok egyre inkább ismeretlen állapotokká fejlődnek, hasonlóan ahhoz, mintha egyetlen számítógép képes lenne számos operációs rendszeren működni (pl. a Linux, a Mac OS és a Windows használata ugyanazon a hardveren).

### **A lehetőségek optimalizálása**

Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) feliratai szerint a legmegfelelőbb módszer az ivóvíz-ellátási rendszer biztonságának fenntartására vízbiztonsági tervek összeállítása és fenntartása. [17]

A jövőben rendelkezésre álló vízkészletekkel kapcsolatos bizonytalanságok és a szélsőségek nagyon komoly kihívások elé állítják a műszaki és egyéb tervek készítőit. Előfordulhat, hogy sok meglévő tervező, értékelő és operatív eszköz nem bizonyul megfelelőnek. A kihívás szintje tükrözi mind az éghajlatváltozásnak a vízkészletekre gyakorolt összetett és bizonytalan hatásait, mind pedig – a vízellátással, a vízfelhasználással és a vízbiztonsággal kapcsolatos intézkedéseken keresztül – az ellenállóképesség és a szilárdság javításához szükséges különböző hosszú távú intézkedéseket.

Néhány „puha” intézkedés szakpolitikai és intézményi változtatásokat is magában fog foglalni a víztakarékosság és a hatékonyság erősítése érdekében. Ezek hatásait gyakran nagyon nehéz azonosítani és mérni, különösen mivel ez magában foglalja annak a megfelelő információ nyugvó megítélését, hogy a különféle típusú változások milyen kölcsönhatásba lépnek egymással. Az egyéb intézkedések magukban fognak foglalni hosszú élettartamú, tökeigényes „kemény” befektetéseket. Ezek komoly kihívásokat jelentenek a hosszú távú nettó haszon előzetes értékelésére szolgáló mutatók meghatározásában.

E sajátosságokra figyelemmel, a vízkészletekkel rugalmasságának növelésére irányuló, alkalmazkodást célzó intézkedéseknek képeseknek kell lenniük arra, hogy számos lehetséges éghajlat-változási hatásra válaszoljanak különféle társadalmi-gazdasági körülmények mellett. Az előbbieket hatékony megvalósításának kulcsa az éghajlatváltozás vízkészletekre gyakorolt lehetséges társadalmi-gazdasági következményei csökkentésének képessége. Ezen felül mind a puha, mind a kemény intézkedéseknek köszönhetően az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásból eredő haszon csak hosszabb időtávon valósul meg. Ezért a vízügyi szektor, különböző alkalmazkodási stratégiáinak és intézkedéseinek értékelése és összehasonlítása érdekében a vízgazdálkodóknak olyan módszerekre van szükségük, amelyek kellően széles körűek és rugalmasak ahhoz, hogy a jövőbeli körülmények széles skáláján szolgáltassanak a hosszú távú célkitűzésekre vonatkozóan információkat.



Az ilyen módszereknek hasznos információkat kellene nyújtaniuk a döntéshozók számára, hogy a megfelelő alternatívákat kellő időben választhassák ki, figyelembe véve az információk korlátait is. Az éghajlatváltozás okozta károk költségei és az alkalmazkodási lehetőségek ritkán szerepelnek a vízügyi programok és projektek gazdasági elemzésében.

Az „optimális” stratégiák azonosítása érdekében a standard költség-haszon elemzés alkalmazása az alkalmazkodási költségek és a fennmaradó klímaváltozás okozta költségek várható nettó jelenértékének az idővel minimálisra csökkentésére irányulna. A költség-haszon elemzéshez szükséges adatokkal együtt összegyűjtött egyéb információk felhasználhatók lennének azoknak a szélesebb körű társadalmi és környezeti szempontoknak a kezelésére, amelyek nem férnek bele az összesített nettó jelenérték-elemzésbe (különösen az eloszlással kapcsolatos hatások). Ugyanakkor még a standard nettó jelenérték-elemzéshez szükséges információk beszerzése is bonyolult a projektek által felölelt hosszú időtáv miatt, és nehéz kérdéseket vet fel arra vonatkozóan, hogy a jövőbeni hasznot és költségeket miként lehet jelenértékre diszkontálni, illetőleg a bizonytalanságokra vonatkozóan, amelyeket gyakran kevésbé értünk, nehezen számszerűsíthetők, és az idő múlásával eltolódnak.

Ennek a helyzetnek az operatív ellentéte, hogy különböző megközelítések széles skáláját kell alkalmazni a hosszú távú bizonytalanságnak a terepen történő kezelésére. A gazdasági megközelítések lehetővé teszik azoknak az alkalmazkodási intézkedéseknek a hatékony azonosítását, amelyek a legnagyobb nettó hasznot biztosítják a társadalom számára a költségek, a korlátok, az erőforrások hozzáférhetősége, a viselkedés és a kulturális elfogultságok függvényében. Ezen túlmenően ezeknek a módszereknek a kiterjesztése lehetővé teszi a programok kockázatkezelésre, társadalmi egyenlőtlenségekre és eloszlásra gyakorolt hatásaival kapcsolatos kérdések vizsgálatát. Ezen szempontok beépítésével az elemzés egy sor olyan elfogadható intézkedést képes adni, amelyek kellően szilárdak a meglévő bizonytalanságok tekintetében.

Alternatív elemzéseket használnak a hagyományosabb megközelítések, például a költség-haszon elemzés esetében. Az egyes projektekre jelenleg alkalmazott megközelítés a „reális lehetőségek” és „az éghajlatváltozásnak ellenálló rendszerekben való gondolkodás” (*resilience thinking*) ötvözése. A „reális lehetőségek” egy olyan technika, amelyet évekkel ezelőtt a pénzügyben fejlesztettek ki, és jelenleg szélesebb körben alkalmaznak problémák eltérő körére, hogy megértsék a különböző döntések hosszú távú következményeit. A hosszú távú befektetések különböző befektetések halmazának „lehetőségét” nyitják meg, ugyanakkor másokét bezárják (a biztos visszafordíthatatlanság halmaza). Az ilyen lehetőségek körét a lehetőségek árai képviselik, amelyek az alternatív befektetések és intézkedések köre által létrehozott nettó jelenértéket ábrázolják. [18]

A reális lehetőségek esetében létezik egy „értékelési” gyakorlat, amely az egyik állapotból egy másikba való elmozdulás következményeit értékeli, amely egy adott lehetőségnek az árában tükröződik, amelyet a különböző állapotok nettó jelenértékének különbségeként becsülnek meg. Egy lehetőségnek az ily módon megbecsült ára lehetővé teszi a döntéshozók számára annak meghatározását, hogy érdemes-e egyes hosszú távú befektetéseket más alternatívákkal szemben megvalósítani, és elősegíti a bennük rejlő kockázatok és bizonytalanságok jobb megértését. Arról is információval szolgál a döntéshozók számára,

hogy a konkrét intézkedéseknek és/vagy beruházásoknak milyen visszafordíthatatlan következményei lesznek. [19]

A vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról szóló 2000/60/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv (2000. október 23.) következtetései kiemelték az ivóvízellátás egyik fő problémáját, ami alapján a Közösség vizei egyre nagyobb terhelésnek vannak kitéve, mivel minden felhasználási területen folyamatosan növekszik az igény a kielégítő mennyiségű, jó minőségű víz iránt. [20]

## A VÍZ SZEREPE AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSRÓL SZÓLÓ GLOBÁLIS TÁRGYALÁSOKON

A vízügyi közösség a 2000-es évek eleje óta szerepet vállal az ENSZ éghajlat-változási keretegyezményének (UNFCCC) folyamatában és a kapcsolódó eseményekben. Az alkalmazkodással kapcsolatos intézkedések fontosságát már az Egyezmény szövege (UNFCCC, 1992)<sup>7</sup> [21] is említi, valamint hivatkozik a vízkészletekre is. Ugyanakkor az Egyezmény programjaiban és mechanizmusaiban a víz – és különösen az alkalmazkodás – kezdetben nem kapott kellő figyelmet. A vízügyi közösség legfontosabb üzenete az volt, hogy az UNFCCC hatálya alá tartozó szervezetekben és mechanizmusokban a vízügyi ismeretek integrálásának és alkalmazásának megkönnyítésére van szükség az alkalmazkodási és hatáscsökkentési stratégiák és intézkedések fenntarthatóságának biztosítása érdekében. E célból dolgozták ki azt az elképzelést, hogy a vízügy nem csupán egy ágazat, hanem olyan több területre is átnyúló közeg, amely révén az éghajlatváltozás hatással van a társadalomra, a gazdaságra, a megélhetésre és a környezetre.

A vízügy-éghajlat összefüggéseinek fokozottabb elismertetése iránti elkötelezettséget eredetileg a harmadik IPCC-jelentés indította útjára, és ez 2001-re kezdett el jelentős szerepet játszani a Water and Climate Dialogue (Vízügyi és Éghajlat-változási Párbeszéd) révén. [22] A globális vízügyi közösségből számos szervezet elköteleződött e folyamatok iránt az UNFCCC részes feleinek 2004-ben Buenos Aires-ben (Argentína) megtartott 10. konferenciája során. Azóta a vízügyi szempontokban érdekelt szervezetek részt vettek az UNFCCC keretében tartott tárgyalásokon egy nemzetközi szintű, integrált vízügyi és éghajlat-változási politika előmozdítása érdekében. Erre célzott érdekképviselően keresztül került sor, szakpolitikai ajánlások, nyilatkozatok és beavatkozások közös kidolgozásával, valamint a médiaesemények, szemináriumok és munkaértekezletek összehangolásával.

2002-től kezdődően az úgynevezett „Water and Climate Focus Days”-re (Vízügyekre és Éghajlatváltozásra Összpontosító Napok) került sor a stockholmi „World Water Week” (Világvíz Hét) konferenciák során. Ezek jelentősen hozzájárultak a vízügyi és éghajlat-változási program kidolgozásához, és annak elismerését eredményezték, a vízügyi és éghajlati kérdéseket bele kell foglalni a kutatásokba, a szakpolitikákba és a műveletekbe, valamint hogy a vízügyi közösségnek jelen kell lennie az éghajlatváltozással kapcsolatos döntések meghozatalakor.

---

<sup>7</sup> Az ENSZ Közgyűlés 1990. évi határozata alapján készült el az ENSZ Éghajlat-változási Keretegyezménye és azt az 1992 júniusában megtartott ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencián nyitották meg aláírásra.

Ezért 2009 tavaszán elindítottak egy hálózatot, amelyből később megszületett a Water and Climate Coalition (Vízügyi és Éghajlat-változási Koalíció, WCC). A WCC célkitűzése, hogy részt vegyen az éghajlat-változási tárgyalásokon annak érdekében, hogy megpróbálja azonosítani a vízügyi szempontoknak az éghajlat-változási programba való jobb integrálásának lehetséges útjait. A WCC összefogta a globális környezetvédelmi civil szervezeteket (NGO-k), és olyan szervezetekkel társult, mint az Vízügyért Felelős Afrikai Miniszterek Tanácsa (AMCOW), a Globális Vízügyi Partnerség (GWP) és a Szövetség a Globális Vízügyi Alkalmazkodásért (AGWA). Gyümölcsöző együttműködés is létrejött számos ország képviselőinek részvételével. A WCC 2013 szeptemberében befejezte a tevékenységét, de kialakulóban vannak a WCC tapasztalataira épülő új együttműködési formák. Ezek közül a legjelentősebb az AGWA szakpolitikai csoport, amely koordinálja az AGWA tagok részvételét az UNFCCC keretében zajló folyamatokban. Az AGWA szakpolitikai csoport 2013 őszén alakult, és 2014-től a Stockholmi Nemzetközi Vízügyi Intézet (SIWI) irányítja.

2009 után az elköteleződés a vízügyi és éghajlat-változási szakpolitika integrációjának szükségességével általánosságban való foglalkozásról áttolódott a tárgyalások szövegéről folytatott párbeszédre, valamint konkrét javaslatok benyújtására arra vonatkozóan, hogy a víz, mint alapvető erőforrás hogyan kezelhető különböző programok és mechanizmusok keretében. 2010-ben és 2011-ben a WCC szorgalmazott egy kifejezetten vízügyekkel kapcsolatos programot. Mivel azonban számos ország – bár elismerték a vízügyek fontosságát – aggodalmát fejezte ki amiatt, hogy a már amúgy is túlszűfolt napirendbe még egy tárgyalást belevessenek, a WCC úgy döntött, hogy keresni fogja annak módját, minként lehet a meglévő programokhoz és a folyamatban levő tárgyalásokhoz kapcsolódni, valamint felméri, hogy milyen módon lehet a vízügyi ismereteket és szakértelmet a helyes időben és a megfelelő szinten előterjeszteni. Példa erre az UNFCCC Nairobi Munkaprogramjában (NWP) való részvételük.

Az NWP felülvizsgálatának folyamata és a program jövőbeli szerepéről és módozatairól való döntés során a vízügyi közösség szereplői szorgalmazták, hogy a víz legyen az egyik tematikus prioritás. Az érdekképviselő egyik konkrét eredménye 2012 júliusában az UNFCCC Tudományos és Technológiai Tanácsadó Kisegítő Testületének (SBSTA), amelyhez az NWP kapcsolódik, keretében szervezett vízügyekkel kapcsolatos technikai munkaértekezlete volt, valamint hogy javasolták, hogy az NWP következő szakaszában a víz legyen az egyik prioritást élvező, több területre is átnyúló témakör.

Az együttállások idővel valószínűleg változhatnak majd, de függetlenül az együttműködés pontos szerkezetétől, az összehangolt erőfeszítések elengedhetetlenek és sürgősek. A vízügyi közösség értékes hozzájárulást nyújthat a tudás átadásában, a párbeszéd fokozásában, valamint a globális politika és a helyi megvalósítás közötti szakadék áthidalására vonatkozó javaslatok előterjesztésében. De ehhez erőforrásokra, az UNFCCC folyamataival kapcsolatos alapos ismeretekre, valódi együttműködési szándéokra, hagyományos és kreatív vízügyi gondolkodásra, továbbá sok-sok türelemre van szükség.

A vízellátás az európai általános érdekű szolgáltatásokról szóló bizottsági közleményben meghatározott „általános érdekű szolgáltatás”-nak minősül. A jó vízminőség hozzájárul a

lakosság ivóvízellátásának biztosításához. Szükség van az éghajlatváltozás hatásainak kiegyensúlyozására, mivel a víz bármely okból szennyeződhet. [23]

## KÖVETKEZTETÉSEK

Az éghajlatváltozás további kihívásokat fog okozni a vízgazdálkodásban és a jövőbeni vízbiztonság garantálásában. A hatástanulmányok egyértelműen azt mutatják, hogy az éghajlatváltozás hatással lesz a hozzáférhető vízkészletekre, és növeli mind az aszályok, mind az árvizek gyakoriságát és súlyosságát. Szükség van arra, hogy a vízügyi ágazat alkalmazkodjon ezekhez a változásokhoz. A vízgazdálkodás szempontjából elengedhetetlenek a további kutatások és figyelemmel kísérés, a klímaváltozás vízkörforgásra gyakorolt hatásainak alaposabb megértése és az ezzel kapcsolatos ismeretek folyamatos fejlesztése érdekében. A tudomány azonban soha nem fog tudni pontos előrejelzést adni a jövőbeli éghajlati és időjárási viszonyokról, valamint pontos adatokkal szolgálni a csapadék és a hidrológia hosszú távú változásairól. Az éghajlatváltozás vízzel kapcsolatos időbeli és térbeli hatásainak mértékével kapcsolatos bizonytalanságok új kiigazításokat tesznek szükségessé a beruházások és műveletek tekintetében a megszokott döntéshozatali eljárásokban.

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodással különböző szinteken kell foglalkozni. Globális szinten fontos, hogy az éghajlatváltozással foglalkozó tárgyalók most fokozottan felismerjék, hogy a víz fontos közeg, amely révén az éghajlatváltozás hatással van társadalmainkra.

Az éghajlatváltozás átalakíthatja az édesvízi erőforrások rendelkezésre állását, valamint megváltoztathatja a jövőbeli árvíz kockázatokat akár a határokon átnyúló medencékben és víztartó rétegekben is. E változások növelik a vízzel kapcsolatos konfliktusok kockázatát az elkövetkező évtizedekben. A vízbiztonságot fenyegető, vízzel kapcsolatos konfliktusok várható növekedésének megakadályozása és/vagy megoldása érdekében (ismét) tárgyalni kell a vízelosztással és a minőséggel kapcsolatos átmeneti megállapodásokról. A vízügyi ágazatban az alkalmazkodás gyakran a biofizikai változások kezelésére vagy a vízhiány csökkentésére irányul. Ugyanakkor az alkalmazkodásba eszközölt beruházások elősegítése érdekében foglalkozni kell az éghajlatváltozás hatásainak gazdasági költségeivel, valamint az alkalmazkodás pénzügyi előnyeivel.

A jelen cikk néhány „a vízügyet és az éghajlatváltozást” érintő kiválasztott perspektívát ismertet. E kiválasztott perspektívák mind kiegészítik egymást, de csak egy részét képezik azoknak a sokrétű hatásoknak és válaszlépéseknek, amelyeket az éghajlatváltozás jelent a vízügyi közösség és a vízbiztonság számára.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1]. DÁVIDOVITS ZS., BEREK L.: Vízbázisvédelem, ivóvízbiztonság. *Bolyai Szemle*, 22 (2012), 27 – 38. <http://archiv.uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2012/2/02.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 01. 02.)
- [2]. METZ, B., DAVIDSON O. R., BOSCH P. R., DAVE R., MEYER L. A.: *IPCC, 2007: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge,

- United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007. [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4\\_wg3\\_full\\_report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4_wg3_full_report.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 18.)
- [3]. STOCKER T. F., QIN D., PLATTNER G. – K., TIGNOR M., ALLEN S. K., BOSCHUNG J., NAUELS A., XIA Y., BEX V., MIDGLEY P. M.: *IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013. [www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_Frontmatter\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 18.)
- [4]. FIELD C. B., BARROS V., STOCKER T. F., QIN D., DOKKEN D. J., EBI K. L., MASTRANDREA M. D., MACH K. J., PLATTNER G. – K., ALLEN S. K., TIGNOR M., MIDGLEY P. M.: *IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2012. [www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 18.)
- [5]. van VLIET M. T. H., FRANSSSEN W. H. P., YEARSLEY J. R., LUDWIG F., HADDELAND I., LETTENMAIER D. P., KABAT P.: Global river discharge and water temperature under climate change. *Global Environmental Change*, 23 2 (2013), 450 – 464.
- [6]. HAGEMANN S., CHEN C., CLARK D. B., FOLWELL S., GOSLING S. N., HADDELAND I., HANASAKI N., HEINKE J., LUDWIG F., VOSS F., WILTSHIRE A. J.: Climate change impact on available water resources obtained using multiple global climate and hydrology models. *Earth System Dynamics*, 4 (2013), 129 – 144. [www.earth-syst-dynam.net/4/129/2013/](http://www.earth-syst-dynam.net/4/129/2013/) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)
- [7]. EHRET U., ZEHE E., WULFMEYER V., WARRACH-SAGI K., LIEBERT J.: HESS Opinions “Should we apply bias correction to global and regional climate model data?”. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16 (2012), 3391 – 3404. [www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/3391/2012/hess-16-3391-2012.pdf](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/3391/2012/hess-16-3391-2012.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)
- [8]. KUNDZEWICZ Z. W., STAKHIV E. Z.: Are climate models “ready for prime” in water resources management applications, or is more research needed? *Hydrological Sciences Journal*, 55 7 (2010), 1085 – 1089. [www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02626667.2010.513211?needAccess=true](http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02626667.2010.513211?needAccess=true) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)
- [9]. MATTHEWS J. H., WICKEL A. J.: Embracing uncertainty in freshwater climate change adaptation: A natural history approach. *Climate and Development*, 1 3 (2009), 269 – 279.

- [10]. HAASNOOT M., KWAKKEL J. H., WALKER W. E., ter MAAT J.: Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global Environmental Change*, 23 2 (2013), 485 – 498. [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095937801200146X](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095937801200146X) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)
- [11]. LUDWIG F., van SLOBBE E., COFINO W.: Climate change adaptation and Integrated Water Resource Management in the water sector. *Journal of Hydrology*, 518 Part B (2014), 235 – 242.
- [12]. BROWN C., WILBY R. L.: An alternative approach to assessing climate risks. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, 93 41 (2012), 401 – 402. [www.valuecost.eu/sites/default/files/BrownWilby2012EO410001\\_rga.pdf](http://www.valuecost.eu/sites/default/files/BrownWilby2012EO410001_rga.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)
- [13]. BEREK T.: A vízbiztonsági tervezés szerepe a fenntartható vízgazdálkodásban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26 2 (2016) 32 – 48. [http://hkk.archiv.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF\\_2016\\_2sz/003\\_BerekTamas.pdf](http://hkk.archiv.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2016_2sz/003_BerekTamas.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 02.)
- [14]. LENDÉR HENRIK B.: *A klímaváltozás várható hatásai a vízgazdálkodás területén*. Debrecen: A Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett XXXIV. Országos Vándorgyűlés, 2016. július 6 – 8. [http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/34/dolgozatok/word/0320\\_lender\\_henrik.pdf](http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/34/dolgozatok/word/0320_lender_henrik.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 11. 19.)
- [15]. BEREK T.: A víz, mint környezeti erőforrás a Kárpát-medencében, vízbázisok, vízbiztonság. In: KRAJNC Z., CSENGERI J. (szerk.): *A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem (2015), 61 – 74. [http://real.mtak.hu/31932/7/konyv\\_vegleges\\_mta\\_real.pdf](http://real.mtak.hu/31932/7/konyv_vegleges_mta_real.pdf) (A letöltés dátuma 2018. 01. 02.)
- [16]. BATES B. C., KUNDZEWICZ Z. W., WU S., PALUTIKOF J. P.: *Climate Change and Water*. Geneva: Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, 2008. [www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 20.)
- [17]. BEREK T., DÁVIDOVITS ZS.: Vízbiztonsági terv az ivóvízellátás biztonsági rendszerében. *Hadmérnök*, 7 3 (2012), 14 – 25. [http://hadmernok.hu/2012\\_3\\_davidovits\\_berek2.pdf](http://hadmernok.hu/2012_3_davidovits_berek2.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)
- [18]. MATTHEWS J. H., WICKEL A. J., FREEMAN S.: Converging currents in climate – relevant conservation: water, infrastructure, and institutions. *PLOS Biology*, 9 9 (2011): e1001159. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001159> (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)

- [19]. MATTHEWS J. H., WICKEL A. J., FREEMAN S.: Converging currents in climate – relevant conservation: water, infrastructure, and institutions. *PLOS Biology*, 9 9 (2011): e1001159. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001159> (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)
- [20]. BEREK T., DÁVIDOVITS ZS.: Vízbiztonsági terv az ivóvízellátás minőségirányítási rendszerében. *Hadmérnök*, 7 3 (2012), 5 – 13. [http://hadmernok.hu/2012\\_3\\_davidovits\\_berek1.pdf](http://hadmernok.hu/2012_3_davidovits_berek1.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)
- [21]. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) Declaration of the United Nations Framework Convention on Climate Change. New York, NY, USA: United Nations. 1992.
- [22]. KABAT P., van SCHAIK H.: Climate changes the water rules: How water managers can cope with today’s climate variability and tomorrow’s climate change. The Netherlands: The Dialogue on Water and Climate, 2003. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2003-107.pdf> (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)
- [23]. BEREK T., RÁCZ L. I.: Vízbázis mint nemzeti létfontosságú rendszerelem védelme. *Hadmérnök*, 8 2 (2013), 120 – 133. [http://hadmernok.hu/132\\_11\\_berekt\\_rli.pdf](http://hadmernok.hu/132_11_berekt_rli.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 09.)