

Némedi Nándor¹

A VÍZBIZTONSÁG ÖKOLÓGIÁJA

(THE ECOLOGY OF WATER SECURITY)

A víz nem csak a vízi rendszerek, hanem minden ökoszisztéma lényeges összetevője. A vízbiztonság elmélete számos egymással potenciálisan versengő célkitűzést foglal magába, amely az emberiséget az ökoszisztémákkal szembe helyezi. A meghatározás egyensúlyra törekszik a víz rendelkezésre állása vagy elérhetősége és a vízhez kapcsolódó kockázatok kezelése között mind az emberi felhasználás, mind a környezet számára (beleértve a vízhasználót is). A vízügyi igazgatás ellátási és kockázatkezelési két tengelye mentén az emberiség és a környezet között két további potenciális ütközési terület van, ez a megfelelő vízminőség és vízmennyiség meghatározása. A célok e többdimenziós komplexumának a kiegyensúlyozása jelentős kihívást jelent a vízügyi mérnököknek a világ minden táján. A szerző ebben a cikkben amellett érvel, hogy van és lesz is lehetőség a vízbiztonság mindkét, a környezeti és az emberi szempontjának az optimalizálására; mindazonáltal, hogy vannak idők és helyek, ahol ez fokozott kihívást jelenthet.

Kulcsszavak: vízbiztonság, ökoszisztéma, kockázatkezelés.

Water is an essential component of all ecosystems, not just aquatic systems. The current concept of water security consists of multiple potentially competing objectives which could put humans against ecosystems. The definition balances the availability or provision of water and the management of water-related risks for both anthropogenic users and environment (also a water user). Along the two axes of supply and risk management, there are two further potential areas for conflict between humans and environment, those being what constitutes suitable quality and quantity of water. Balancing this multidimensional complex of objectives poses a significant challenge to water managers around the world. The author in this article argue that there are and will continue to be opportunities to optimize both the environmental and human aspects of water security; however, there are also times and places where this may be more challenging.

Keywords: water security, ecosystem, risk management.

BEVEZETÉS

Jellemzően a víz humán célokra történő szolgáltatása és használata alapvetően kiszámítható és stabil ellátást igényel, amely szöges ellentétben áll a vízfolyások változékonyságának fontosságával, amely létfontosságú a vízi ökoszisztémák számára. Hasonlóképpen a vízügyi kockázatok ellenőrzése – amely egy különösen fontos eleme a vízbiztonságnak – megköveteli olyan szélsőséges vízügyi események uralását vagy megelőzését is, amelyek fontos ökológiai szerepet tölthetnek be. Az ökológiai változékonyság csökkenése révén, a vízbiztonságnak a vízminőség-ellenőrzésre irányuló és kockázatmentes célú kimeneti infrastruktúrával való fejlesztésén keresztül elért növelése a vízi ökoszisztémák legalább bizonyos fokú módosítását szükségessé teszi annak érdekében, hogy a vízi rendszerek fontos változékonyságát csökkentse.

¹ Nemzeti Közszerzői Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, doktorandusz. E-mail: nandornemedi@me.com, ORCID: 0000-0003-3175-5644

Azok a konfliktusok, amelyek felmerülhetnek a vízbiztonság terén talán kevésbé elkerülhetetlenek, de kétségtelenül nagyon fontosak. A vízminőség maga egy fizikai és kémiai helyzetindikátorokból (beleértve a tápanyagok, mint pl. a nitrogén és a foszfor koncentrációt, az oldott oxigén szintjét, a pH-t és sok más mindent) származtatott tulajdonság. Ezek a jellemzők bizonyos határok között természetesen változnak, az, amit „jó” vízminőségnek nevezünk, az mind az embernek, mind az ökoszisztémának megfelelő. A jó minőségű víz képes eltartani a helyi életközösségeket és megfelelő az embernek is. A víz állapota, beleértve az általa fenntartott életközösségek állapotát, összességében a vízi ökoszisztéma „egészségi állapotának” indikátoraként is szolgál.

Az ökoszisztéma egészségi állapotának és integritásának elméletei hosszú múltra tekintenek vissza, és azt a világ vízi ökoszisztémái állapotának számszerűsítésére és nyomon követésére, valamint arra használták fel, hogy hasznos megközelítéseket adjon a vízbiztonság környezeti összetevőjének méréséhez. Habár e környezetgazdálkodási elméletek alkalmazását, sőt, magát a fogalom meghatározást is vitatják, egy egészséges vízi ökoszisztémára általában úgy tekintenek, hogy az természetes, betölti a szerepét, folyamata és geomorfológiája általában befolyásmentes. Ez általában feltételezi, hogy a parti tájba való beavatkozás minimális legyen, vagy arra ne is kerüljön sor. Mindazonáltal a víznek az emberi egészség, megélhetés és termelés érdekében történő biztosítása általában feltételez bizonyos módosításokat a partvonalon és a hidrológiában (pl. gátak, terelések, folyásirány megváltoztatása).

Alapvetően ökológiai szemlélettel megközelítve a területet elmondható, hogy az lenne a kívánatos, hogy a vízellátás, mint kiemelt jelentőségű szolgáltatás biztosítása érdekében olyan filozófia mentén legyen biztosított a víz védelme, amely egyben lehetővé teszi a vízgazdálkodás egészségének fenntartható fejlődését is úgy, hogy a vízi ökoszisztémák zavartalansága hosszú távon megvalósuljon. [1]

A cikkben először meghatározásra kerül az ökoszisztéma egészségének elmélete és az, hogy hogyan lehet azt a vízi rendszerek és a környező szárazföldi világ változásaira reagálva az ökológiai állapot nyomon követésére, jelentésére és értékelésére használni. Ezt követően megvitatásra kerül az emberiség és a környezet konfliktusai és közös érdekei a vízbiztonság terén; végezetül a szerző rámutat, miként valósítható meg az emberi vízbiztonság úgy, hogy közben csak minimális hatással legyünk az ökoszisztémákra. A környezettudományból származó ismeretek segíthetnek megmutatni, hogy hol vannak közös érdekek az emberi és a környezeti vízbiztonság terén.

AZ ÖKOSZISZTÉMA EGÉSZSÉGI ÁLLAPOTA

Az ökoszisztéma egészségi állapotának nyomon követésére és mérésére szolgáló programok jellemzően egy ideális referenciaállapotot vagy – hatásfokot használnak, amihez képest azt mérni lehet. Ezt a megközelítést alkalmazzák a környezeti nyomon követési programok alátámasztására az ökoszisztéma menedzsment és értékelés terén a fejlett világ számos pontján. Az ilyen programok fejlődése ellenére azok végrehajtásának számos korlátja és kihívása van. Az ideális állapot meghatározásakor a sérülésmentes vagy a természetes állapot nem érhető el vagy az társadalmilag nem elfogadható különösen a jelentős változtatáson átesett területeken. [2] Számos régióban az emberi beavatkozás előtti eredeti állapotra vonatkozó egyértelmű

ismeret hiányzik és az évszázadok során az alapállapot számos alkalommal megváltozhatott. [3] Ez a felismerés nem semlegesíti a tárgyilagos értékelési követelmények, vagy más kifejezéssel élve a „vezérkép” iránti igényt, de szükségessé teszi annak felismerését, mitől lesz egy ökoszisztéma „egészséges” és mik a gazdálkodási célkitűzések egy adott folyó esetében. Az alapvetően alulfejlett régiókban, ahol a folyókon kevés változtatást végzett az ember, gazdálkodási célkitűzés lehet az eredményes halászat és a jó vízminőség fenntartása a fejlődés során. A fejlettebb régiókban, ahol az emberi beavatkozásnak köszönhetően a folyókon már évszázadok, sőt akár évezredek óta jelentős változtatásokat végeztek, a gazdálkodási célkitűzés lehet egy folyó állapotának javítása, magasabb vízminőség elérése és az elvesztett halászati tevékenység helyreállítása.

Miután meghatározásra kerültek a gazdálkodási célkitűzések és az „ideális” állapot, amihez a rendszerek állapotát viszonyítjuk, fontos meghatározni a nyomon követni kívánt indikátor változókat. [4] Szó szerint több száz megbízható kémiai, fizikai és biológiai indikátor létezik, amit fel lehet használni az édesvízi ökoszisztéma egészségi állapotának mérésére. Hagyományosan a nyomon követési eljárások a vízi organizmusok, különösen az alga-, a gerinctelen és halállományok szerkezeti mérését alkalmazták; mindazonáltal az ökoszisztémában lezajló folyamatok mérésének újabb indikátorai is bevonásra kerültek, pl. a lebontás és a termelés. Fontos minden indikátor esetében, hogy mutassa a degradációs folyamatot, a degradáció legvalószínűbb okát és tájékoztasson a követendő gazdálkodási lépésekről. [5] Ez egy nehéz feladat lehet az erős használatnak kitett édesvízi rendszerek esetében, mivel számos stresszforrás hathat együtt számos térbeli és időbeli skálán az ökoszisztéma egészségi állapotát meghatározó összetevők csökkentése irányába.

A folyók szétválaszthatatlanul beágyazódnak abba a tájba, amelynek vizét elvezetik és ennek megfelelően azok a folyamatok, amelyek kihatnak a folyók egészségére a vízáramon belülről és kívülről is érkehetnek. [6] A folyók működésének számos elméleti modellje került kifejlesztésre azoknak a folyamatoknak a tükrözésére, amelyek összekapcsolják a vízáramot az ártérrel és a partmenti övezettel. A partmenti övezet növényzetének eltávolítása negatív hatással van a folyó egészségi állapotára, mivel az jelentős energiaforrássul szolgál a vízi élővilág számára és egyben szabályozza a víz hőmérsékletet, javítja a part stabilitását és élőhelyet biztosít nagyobb uszadékfák formájában, amelyek a vízáramba kerülnek. A partmenti övezeten túl a környező táj állapota is jelentősen befolyásolja a víz egészségi állapotát, mivel az hatással van a vízfolyam áramlási sebességére és tápanyagbevitelére.

A vízáramon belül számos olyan folyamat van, ami rontja az ökoszisztéma egészségi állapotát. A meder elterelése víztározó létesítmények, pl. gátak építését követően vagy az öntözési célú vízkivétel megzavarja a természetes folyási rendet, amelyben a vízi élőlények kifejlődtek. [7] Ez csökkenti számos őshonos szervezet szaporodásának sikerességét, megkönnyíti a kártevő fajok invázióját és csökkenti az ártérhez való hozzáférés lehetőségét, ami áradáskor fontos táplálkozási és szaporodási élőhely lehet. Emellett a fizikai korlátok, mint amilyenek a gátak és a vízfogók, kihatással vannak a folyórendszerek kapcsolódásaira, amelyek a vándorló fajokra negatív hatással lehetnek. [8] Az ökoszisztéma egészségi állapotát befolyásoló stresszforrások magas száma miatt, a nyomon követési programok jellemzően számos indikátorra összpontosítanak az ökoszisztéma állapotáról készülő teljes kép megalkotása érdekében. [9]

Az ökoszisztémák számára szükséges vízmennyiség és – minőség több elemből álló követelmény, aminek az alapját az egészséges vízi ökoszisztéma jelenti. Számos antropogén módosítás, mind a vízáramban, mind a tájon változást eredményez, rontja az ökoszisztéma egészségi állapotát és ennek eredményeként csökkenti a vízbiztonság környezeti vonatkozását. Egyértelmű, hogy az intenzív biológiai nyomon követési programok a világ számos pontján nem léteznek. Mindazonáltal a már megalkotott programokból megszerzett ismereteket az ökológiai alapelvekkel és a nagyléptékű megfigyelési hálózatokkal vegyítve lehetőség van az infrastruktúra olyan fejlesztésére, ami a vízbiztonság környezeti összetevőjére csak minimális hatással van.

AZ ÖKOSZISZTÉMA EGÉSZSÉGI ÁLLAPOTÁNAK ÉS A VÍZBIZTONSÁGNAK A METSZETE

Annak ellenére, hogy az ember számtalan módon hathat az ökoszisztéma egészségi állapotára a víz, mint erőforrás kihasználása és a földhasználat fejlődése során, jelentős átfedés található a vízbiztonság környezeti és emberi összetevői között. A közelmúlt globális léptékű elemzéseiráműtattak, hogy az emberi vízbiztonság és a biodiverzitás (az ökoszisztéma egészségi állapota) kezeletlen veszélyforrásainak mintázatai nagyon hasonlóak az egész világon. Ez azt sugallja, hogy azok a folyamatok, amelyek hatással vannak a vízbiztonság emberi összetevőire, hatással vannak a környezeti összetevőkre is. Későbbi elemzések bemutatták, hogy a „end of pipe” infrastrukturális fejlesztések hogyan képesek segíteni az emberi vízbiztonságot fenyegető veszélyforrások mérséklését bizonyos helyzetekben, míg a környezeti összetevőket nem szükségszerűen. [10] Ez egy jó példája annak, hogy hogyan lehet a vízbiztonság emberi és környezeti összetevői között egyszerre egyezés és ellentét is.

A legegységértelműbb konfliktusforrás a vízbiztonság emberi és környezeti összetevői között a megfelelő mennyiségű víz biztosítása az embereknek és ennek kockázatainak kezelése. Ez általában az ellátás egyenletességét és a vízáramlás kilengéseinek ellenőrzését igényli, ellentétben az ökoszisztémák túlélésének szükségleteivel. A folyók vízszintjének változása a természetes vízfolyások alapvető jellemvonása, amelynek keretén belül a vízi organizmusok kialakultak és amelyen ma már az élelciklusuk alapul. [11] Ahogy a folyók vízhozama csökken vagy nő az évszakok során, a vízi élővilág erre megfelelően válaszol, hozzáigazítva az élelciklus stratégiáikat e folyásbeli változások előnyei kihasználásához. Pl. számos halfaj használja például az áradáskor hozzáférhetővé váló holtági élőhelyeket szaporodási céllal vagy nagyléptékű vándorlásba fog válaszul a vízszint évszakokhoz kapcsolódó változásai miatt. A magas vízállás egyben képes összekötni a vízáramot az ártérrel, ahol az elsődleges termelékenység jelentősen magasabb lehet, mint a vízáramban. Ausztrália sivatagi folyói esetében egy napi algatermelés az elárasztott ártéren megfelelhet 80 év vízárambeli termelésének száraz évszakban. [12] Figyelemmel a magas vízállás és akár az árvizek elsődleges fontosságára a vízi élővilágra, az elfogadható vízmennyiség emberi fogyasztásra történő kinyerésére és az árvizek kockázatának csökkentésére épített infrastruktúra a környezet szükségleteivel közvetlenül szembeállított érdek lehet.

Alapvetően egyszerű megfigyelni, hogy a magas vízállás, ami az emberek számára katasztrofális áradásokat okoz, a vízi élővilág számára létfontosságú lehet; mindazonáltal az

alacsony vízszintű időszakok ökológiai jelentősége már nem ennyire egyértelmű. Habár nem annyira alaposan tanulmányozott, mint a magas vízállás, a hosszú, száraz időszakok ökológiai értékesek lehetnek, de az ember számára a hatásuk katasztrofális lehet. [13]

A vízbiztonság megvalósulása érdekében alkalmazott különböző vízminőségi szabályozások célja, hogy a nyersvíz szennyezésének minimalizálása, a szennyezettség csökkentése vagy eltávolítása, a megfelelő tisztítási technológiák alkalmazása révén, egységes és állandó legyen az ivóvíz ellátási gyakorlat. A vízellátás biztosítása során viszont a biztonságot nagymértékben meghatározó külső tényezők változása azonban kockázati faktor. Ilyen a forrásterület szennyeződése mellett parti szűrésű kutak esetében a vízállás csökkenése – mely kedvezőtlen hatással van a vízminőségre. [14] Az alacsony vízállású periódusokat a vizes élőhelyek őshonos fajai azonban megfelelő stratégiával képesek átvészelni.

Számos vízi faj fejlesztett ki megoldásokat a száraz időszakok hasznosítására, beleértve a halak stabil alacsony vízállás során történő szaporodásának stratégiáját és hogy a lárva állapotú gerinctelenek a vízi életfázisukból a vízszint csökkenése során lépnek ki. Továbbá az alacsony vízállású időszakok egyes fajoknál fontos szétszóródási mozgásokat idéznek elő. Az alacsony vízállású időszakok átmeneti zavarként is megjelenhetnek, ami pozitív hatással lehet a biodiverzításra, különösen azon patakok esetében, amelyek gyakran mennek át alacsony vízállású időszakokon. A vízkészletfejlesztés, ami az alacsony vízállás gyakoriságának és mértékének mérséklésében érdekelt az emberi vízbiztonság javítása érdekében, jellemzően „szárazságmentes” időszakokat idéz elő azzal, hogy megszünteti a vízállásváltozások e fontos elemét. Összegezve a vízszint stabilizálása, ami a vízkészlet-infrastruktúra azon jellemzője, hogy csökkenti a magas vízállást és visszapótol az alacsony vízállás során, általában negatív hatással van a vízbiztonság környezeti összetevőjére. [15]

A vízszint időbeli változása mellett a geomorfológiai térbeli változások szintén fontosak a vízi ökoszisztémák számára, mivel biztosítják a különböző élőhelyek nagyobb változatosságát, ami ennek folyományaként több fajt tud eltartani egy adott zoogeográfiai területen. Általánosan elismert tény, hogy az élőhelyek változatossága segítheti egy adott régióban a nagyobb fajszám megőrzését. A nagyobb folyóknál az élőhelyek magas változatossági szintjét elősegíti a természetesen kanyargó folyó ép partmenti vegetációval, ami magában foglalhat lápokot, holtágakat és állóvizeket, nagyobb fás hordalékokból kialakult torlaszokat. [16] A folyómedrek szabályozása a víz mozgásának megkönnyítése és a vízszint stabilizálása érdekében általában csökkenti a geomorf változatosságot és korlátozhatja a hozzáférést is az ártérhez. Hasonlóképp a nagyobb fás hordalékok eltávolítása a nagyobb folyók hajózhatósága érdekében csökkenti a vízi élőhelyi változatosságot és eltávolítja élőhelyek egyes fontos szerkezeti elemeit a vízi fauna számára, beleértve az algákat, a gerinctelenekeket és a halakat is. Habár az ilyen medermódosítások a vízfolyások esetében fontos szerepet töltenek be az emberi vízbiztonság esetében, ezeket a környezet terhére valósítja meg.

A vízmennyiségre gyakorolt hatás mellett a folyók és a vízgyűjtőjükül szolgáló táj antropogén módosításai szintén negatív hatással lehetnek a vízminőségre. Mindazonáltal jellemzően nagyobb szinergia van az ember és a környezet minőségi igényei között. Az intenzív mezőgazdasági földhasználat az azzal járó ősvetetáció eltávolítása és a termelésnövelő anyagok használata jelentősen megemelheti a folyók tápanyagszintjét és azzal együtt az

eutrofizáció mértékét. Védőintézkedések nélkül a városiasodás szintén növelheti a vizek szennyezésének és nehézfém tartalmának mértékét. Emellett a vízszintingadozás jelentősen változtathatja a hőmérsékleti körülményeket, amely kihatással van a patakok biológiai összetételére. [17] Ezek a vízminőséget érő negatív hatások nem csak a környezetet károsítják, hanem jelentős befektetést igényel az emberi használathoz elfogadható szintű vízminőség helyreállításához szükséges kezelés. Számos nemzet szorgalmazza éppen ezért a mezőgazdasági forrásokból származó nitrátok által közvetlenül vagy közvetve okozott vízszennyezés csökkentését, és hoznak olyan intézkedéseket, melyek szabályozzák a nitrogénvegyületeket tartalmazó termékek felhasználását, és biztosítják a helyes talajgazdálkodási gyakorlatot. Hiszen bármely államban bekövetkező vízszennyezés kihat más államok vizeinek állapotára is, így közösségi szintű intézkedéseket kell hozni a veszélyeztetett vízgyűjtő területek védelmének biztosítása érdekében. [18] Ha lépéseket tesznek a jó vízminőség fenntartása érdekében az élelmiszertermeléssel foglalkozó régiókban, az jobb vízminőséget eredményez mind az emberek, mind a környezet számára. Általánosságban a kezeletlen víz, ami elég jó minőségű ahhoz, hogy az ember azzal kapcsolatba lépjen, az elég jó minőségű a környezet számára is.

Az ökoszisztémák egészségi állapota és a vízbiztonság mély és komplex találkozási pontokkal rendelkezik. Az a hagyományos célkitűzés, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű víz álljon az ember rendelkezésére, miközben a vízhez kapcsolódó kockázatokat kezelik, a környezet jelentős károsodását eredményezte. Mindazonáltal egyre nyilvánvalóbb, hogy az ökoszisztéma egészségi állapotának vannak bizonyos olyan összetevői, amelyek jól együtt hatnak a vízbiztonság mindkét összetevőjével: az emberrel és a környezettel. Ha tanulunk a hibákból és új megközelítéseket dolgozunk ki a fejlődés érdekében, mindkettő biztosítása megoldhatóvá válik.

A VÍZBIZTONSÁG EGYMÁSSAL VERSENGŐ SZEMPONTJAINAK MENEZSELÉSE

Amikor megpróbáljuk kiegészíteni a vízbiztonság több elemét, el kell fogadnunk, hogy jellemzően az ökoszisztéma állapotának romlását fogja okozni az ember számára a stabil vízminőség biztosítása és a vízhez kapcsolódó kockázatok kezelése. Mindazonáltal fontos annak elfogadása, hogy ez egyazon érem két oldala, és habár az emberi szükséglet és a környezeti igények között érezhető ellentét feszül, a kettő nagyon szorosan kapcsolódik egymáshoz. [19] A társadalom feladata annak meghatározása, hogy egy adott folyót hogyan kíván használni és mik azok a környezeti hatások, amik még elfogadhatók a vízbiztonság érdekében.

Az úgynevezett „soft path” irányába való elköteleződés a vízkészletek kezelésénél segíthet elérni az emberi szükségletek és a környezet igényei közötti egyensúlyt. Ez a megközelítés abból indul ki, hogy mi az a szükséges fejlesztés, ami biztosítja a vízkészlet menedzsment összes költségének megtérülését a tervezésen és a döntéshozatalon keresztül. Például egy víztározó létesítmény építése igen magas értékű szolgáltatást nyújt, ami növelheti a mezőgazdasági teljesítményt, a városi vízellátást és mérsékelheti az árvíz kockázatot. Mindazonáltal van jelentős gazdasági, társadalmi és ökológiai költsége is, figyelemmel a

későbbi szakaszokon élőkre, akik függenek a víz szintjétől és a vízrendszerhez történő hozzáféréstől. Ezeknek a hatásoknak a vízbiztonsági tervezésnél történő számbavételét illetően a világ számos táján előrelépés történt.

A fenntarthatósági elvek elsöprő társadalmi támogatottsága a fejlett világban azt mutatja, hogy van egy valós igény a környezeti menedzsment fejlesztésére, és ez a vízi életközösségeket is magában foglalja. Ez azt eredményezte, hogy a korábbi vízgazdálkodási irányelveket és szakpolitikákat „utánigazítsák” az ökoszisztéma igényeihez a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, a víz környezeti célok érdekében történő felhasználása céljából történő visszatartása, valamint a gátak építésével korábban elszigetelt élőhelyeknek azok lebontásával történő visszakapcsolása révén. [20] Az ökológiai utánigazítás szükségessége a fejlett világból érkezik, akik a „saját bőrükön” tanulták meg a fenntarthatóság leckéjét. A fejlődő világ számos részén lehetőség van a fenntarthatósági elvek alkalmazására az infrastruktúra fejlesztése és a menedzsment gyakorlatok során, amelyek úgy teremtik meg a vízbiztonságot az ember számára, hogy közben nem okoznak környezetromlást. A környezeti elvek és ismeretek alkalmazása olyan utat biztosít, amely lehetővé teszi, hogy az ember és a környezet elfogadható egyensúlyát megtalálják.

A vízhasználat legnagyobb részét az öntözési célú vízkivétel jelenti a világon és az a vízszint jelentős megváltozásához vezetett, beleértve a magas és az alacsony vízállás időzítését és változtatását. Az ökoszisztéma és az ember igényeinek kiegyenlítésének legalapvetőbb lépése a mezőgazdaság hatékonyságának növelése. Ha kevesebb vizet terelnek el és vesznek ki a folyókból, akkor több marad az ökoszisztémának. Mindazonáltal ez nem szükségszerűen egyértelmű, mivel rámutattak, hogy a hatásfoknövelés azt a torz eredményt hozhatja, hogy még több víz fogy. A vízzel való számolás és a vízbiztonsági megközelítés elvei azt eredményezik, hogy a jobb hatásfok alacsonyabb vízfelhasználással jár. Pl. az öntözési „veszteség” visszatérhet a folyóba vagy a talajvízbe. Ez egy medence léptékű megközelítést igényel, ami biztosítja, hogy az ember által lecsökkentett vízhasználat maradéka visszakerüljön az ökoszisztémába. [21]

A mezőgazdaság vízfelhasználása a jövőben várhatóan növekedni fog figyelembe véve a klímaváltozás felszín feletti vízkészleteket érintő hatásait, valamint a mezőgazdasági termelés vízigényét befolyásoló hatásait. A jövőben növekedni fog azon területek száma, ahol a növénytermesztés ágazat fenntartása öntözés nélkül lehetetlenné válik. [22]

A hatékonyságnövelés és a víz környezetnek való visszajuttatása mellett a vízi élőhelyek biológiai változatosságának biztosítása továbbra is kihívás marad. Ez elérhető olyan környezeti áramlatok biztosításával, amelyek kifejezetten a környezetnek biztosítják a felhasználható vizet. Ezek lehetnek fizikai kibocsátások az olyan tárolóegységekből, mint a gátak, vagy közvetlenül a vízáramból végzett kivétek útján történő csökkentések. Természetesen ezeket gyakran nehéz alkalmazni és más vízhasználók ezeket súlyosan kifogásolhatják, mindazonáltal azok környezeti hatásosságát számos tapasztalat támasztja alá. [23] Habár nehéz beazonosítani a rendszerek közötti állandó kapcsolatot, létezik egy jellemzően negatív kapcsolat a vízszintbe történő beavatkozás és az őshonos fajok eloszlása és számossága között. Ezeket ellensúlyozhatják a környezeti áramlások, pl. az Egyesült Államok délnyugati részén lévő San Juan folyóban a természetes halállomány szaporodását javította az olyan környezeti

vízszintszabályozás, ami utánozta a természetes vízszintet. A vízi élővilág mellett a környezeti áramlások kihatással vannak a torkolatokra és a kapcsolódó halászatra, valamint a folyón a kibocsátástól lejjebb élő emberekre. [24]

Amellett, hogy a vízkivétet kezelik, fontos lépéseket kell tenni annak a tájnak a megőrzése érdekében, amely a folyó vízgyűjtő-területét alkotja. Ez számos formát ölthet, pl. a vízparti övezet helyreállítását, a leromlott vízgyűjtők növényzettel történő visszatelepítését, vagy a meglévő vegetáció megóvását a további eltávolítástól. Különböző gazdálkodási intézkedések hozhatók különböző célok elérése érdekében. A jelentős vízminőség javítások a folyó lenti szakaszán vagy a torkolatnál megvalósíthatók a partmenti övezetek növényzettel történő újraterelítésével a mezőgazdasági régiókban annak érdekében, hogy csökkentsék a nitrogén és a foszfor bemosódását a folyóba. Ez igaz a házi vízellátás esetén, ahol a megfelelő vízgyűjtő menedzsment segíthet fenntartani az ökoszisztéma egészségét és a magas minőségű víz folyamatos biztosítását. Az emberi fogyasztásra alkalmas magas vízminőség és a biodiverzitás védelmének szinergiája ideális táptalaja a vízbiztonság valamennyi összetevője fejlesztésének. Egy jól ismert példa New York, ahol a helyhatóság elismerte az egészséges vízgyűjtő kapacitását annak érdekében, hogy csökkenteni lehessen a vízkezelés költségeit. Dollármilliárdokat takarítottak meg a víztisztítás költségein azzal, hogy a vízgyűjtők védelmébe fektettek ahelyett, hogy a csővégi infrastruktúrát fejlesztették volna, így javították a vízbiztonságot mind az ember, mind a környezet számára. [25]

ÖSSZEGZÉS

A világban a vízbiztonságról zajló vitában nagy hangsúlyt kap a környezeti szempont. Az olyan kezdeményezések, mint pl. a Global Water System Project érzékennyé tették a közösségeket a globális vízbiztonság elérése és a víz-energia-élelmiszer hármasság érdekében folytatott vitákra. Ez felhívta a figyelmet a széles társadalomban a vízi ökoszisztémák elismerésének fokozott fontosságára.

Várható, hogy az ökoszisztéma egészségi állapota és integritása mindig csökkenni fog azon erőfeszítések során, amelyek célja az emberek részére a vízbiztonság nyújtása. Számos rendszerben a világon az emberi igények és az ökoszisztéma igényei közötti egybeesés könnyen beazonosítható: mindazonáltal számos rendszer van, ahol meg kell találni az egyensúlyt az ember igényei és a környezeti igények között. Az interdiszciplináris tervezés, valamint az ökológusok és ökoszisztéma-alapú gazdálkodók közötti együttműködés beazonosíthatja azokat a helyzeteket, ahol a kettő között egybeesés található.

Ahol nincs egyértelmű átfedés a vízbiztonság és az ökoszisztéma között, számos keretrendszer és megközelítés van, ami segít kezelni az infrastrukturális fejlesztések hatását. Az alaposan tanulmányozott rendszerekben, mint amilyenek pl. a fejlett országokéi, nagyon jól ismerjük a vízszint szabályozásának fontosságát és számos módszer ismert a megfelelő környezeti vízszintszabványok megállapítására. Számos keretrendszer van, amelyeket alkalmazni lehet a világ azon részén, ahol a vízi rendszerek még alapvetően nem kerültek tanulmányozásra annak érdekében, hogy minimalizálni lehessen az ökoszisztéma egészségi állapotának romlását, miközben javítjuk az emberi vízbiztonságot az infrastrukturális fejlesztésekkel. Mindazonáltal

az ilyen ígéretes megközelítések alkalmazhatósága megköveteli egyben a vízszabályozási keretrendszerek létrehozását és a helyes igazgatási gyakorlatnak való megfelelést. [26]

A vízfolyások vízi rendszereken keresztül jelentkező velük született változatossága azt jelenti, hogy az ökoszisztémák számára elfogadható minőségű és mennyiségű víz fogalma időben és térben eltérő lesz.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BEREK T.: A vízbiztonsági tervezés szerepe a fenntartható vízgazdálkodásban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26 2 (2016), 32 – 48.
http://hhk.archiv.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2016_2sz/003_BerekTamas.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 07. 17.)
- [2] DUFOUR S., H. PIÉGAY: From the myth of a lost paradise to targeted river restoration: forget natural references and focus on human benefits. *River Research and Applications*, 25 5 (2009), 568 – 581.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/rra.1239> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 12.)
- [3] HUMPHRIES P., K. O. WINEMILLER: Historical impacts on river fauna, shifting baselines and challenges for restoration. *Bioscience*, 59 8 (2009), 673 – 684.
<https://academic.oup.com/bioscience/article/59/8/673/256074> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 12.)
- [4] KARR J. R.: Defining and measuring river health. *Freshwater Biology*, 41 2 (1999), 221 – 234.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2427.1999.00427.x> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 12.)
- [5] BAILEY R. C., T. B. REYNOLDSON, A. G. YATES, J. BAILEY, S. LINKE: Integrating stream bioassessment and landscape ecology as a tool for land use planning. *Freshwater Biology*, 52 5 (2007), 908 – 917.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2427.2006.01685.x> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 19.)
- [6] ALLAN J. D.: Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 35 (2004), 257 – 284.
<https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 19.)
- [7] POFF N. L., J. D. ALLAN, M. B. BAIN, J. R. KARR, K. L. PRESTEGAARD, B. D. RICHTER, R. E. SPARKS, J. C. STROMBERG: The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience*, 47 11 (1997), 769 – 784.
<https://academic.oup.com/bioscience/article/47/11/769/229917> (A letöltés dátuma: 2018.02.19.)
- [8] NILSSON C., C. A. REIDY, M. DYNESIUS, C. REVENGA: Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308 5720 (2005), 405 – 408.

- [http://www.columbia.edu/itc/sipa/envp/louchouarn/courses/Clim-Wat/Wat/RiverFragmentation\(Nilsson05\).pdf](http://www.columbia.edu/itc/sipa/envp/louchouarn/courses/Clim-Wat/Wat/RiverFragmentation(Nilsson05).pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 19.)
- [9] BUNN S. E., P. M. DAVIES: Biological processes in running waters and their implications for the assessment of ecological integrity. *Hydrobiologia*, 422 0 (2000), 61 – 70.
<https://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1017075528625> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 26.)
- [10] Vörösmarty C. J., P. B. MCINTYRE, M. O. GESSNER, D. DUDGEON, A. PRUSEVICH, P. A. GREEN, S. GLIDDEN, S. E. BUNN, C.A. SULLIVAN, C. A. REIDY, P. M. DAVIES: Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467 (2010), 555 – 561.
http://www.gwsp.org/fileadmin/documents_news/nature09440.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 02. 26.)
- [11] PUCKRIDGE J. T., F. SHELDON, K. F. WALKER, A. J. BOULTON: Flow variability and the ecology of large rivers. *Marine and Freshwater Research*, 49 1 (1998), 55 – 72.
<http://www.publish.csiro.au/mf/MF94161> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 26.)
- [12] BUNN S. E., S. R. BALCOME, P. M. DAVIES, C. S. FELLOWS, F. J. MCKENZIE-SMITH: *Aquatic productivity and food webs of desert river ecosystems*. Ecology of Desert Rivers, Cambridge: Cambridge University Press (2006), 76 – 99.
<https://research-repository.griffith.edu.au/handle/10072/12829> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 26.)
- [13] ROLLS R. J., C. LEIGH, F. SHELDON: Mechanistic effects of low-flow hydrology on riverine ecosystems: ecological principles and consequences of alteration. *Freshwater Science*, 31 4 (2012), 1163 – 1186.
<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1899/12-002.1> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 12.)
- [14] BEREK T., DÁVIDOVITS ZS.: Vízbiztonsági terv szerepe az ivóvízellátás biztonsági rendszerében. *Hadmérnök*, 7 3 (2012), 14 – 25.
http://hadmernok.hu/2012_3_davidovits_berek2.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 07. 17.)
- [15] Vörösmarty C. J., D. SAHAGIAN: Anthropogenic disturbance of the terrestrial water cycle. *Bioscience*, 50 9 (2000), 753 – 765.
<https://academic.oup.com/bioscience/article/50/9/753/269247> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 02.)
- [16] FRISSELL C. A., W. J. LISS, C. E. WARREN, M. D. HURLEY: A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management*, 10 2 (1986), 199 – 214.
http://faculty.washington.edu/cet6/pub/Temp/CFR521e/Frissell_etal_1986.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 03. 12.)
- [17] OLDEN J. D., R. J. NAIMAN: Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. *Freshwater Biology*, 55 1 (2010), 86 – 107.

- <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2427.2009.02179.x> (A letöltés dátuma: (2018. 03. 12.)
- [18] BEREK T., DÁVIDOVITS ZS.: Vízbiztonsági terv az ivóvízellátás minőségirányítási rendszerében. *Hadmérnök*, 7 3 (2012) 5 – 13.
http://hadmernok.hu/2012_3_davidovits_berek1.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 07.17.)
- [19] CARR G. M., J. P. NEARY: Water Quality for Ecosystem and Human Health, 2nd Edition , United Nations Environment Program Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Program. 2008.
<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/12217> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 12.)
- [20] BEDNAREK A. T.: Undamming rivers: a review of the ecological impacts of dam removal. *Environmental Management*, 27 6 (2001), 803 – 814.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11393315> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 19.)
- [21] PERRY C.: Accounting for water use: terminology and implications for saving water and increasing production. *Agricultural Water Management*, 98 (2011), 1840 – 1846.
http://www.fao.org/fsnforum/sites/default/files/discussions/contributions/Accounting_for_water_use_AWM.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 03. 19.)
- [22] BEREK T. (2015): A víz, mint környezeti erőforrás a Kárpát-medencében, vízbázisok, vízbiztonság. In: KRAJNCZ Zoltán – CSENGERI János szerk.: *A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem. (elektronikus kiadvány)
Elérhető: http://real.mtak.hu/31932/7/konyv_vegleges_mta_real.pdf
- [23] RICHTER B. D., R. MATHEWS, D. L. HARRISON, R. WIGINGTON: Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity. *Ecological Applications*, 13 1 (2003), 206 – 224.
<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/1051-0761%282003%29013%5B0206%3AESWMMR%5D2.0.CO%3B2?journalCode=ecap> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- [24] SUN T., Z. F. YANG, Z. Y. SHEN, R. ZHAO: Environmental flows for the Yangtze Estuary based on salinity objectives. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 14 3 (2009), 959 – 971.
<http://adsabs.harvard.edu/abs/2009CNSNS..14..959S> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- [25] ASHENDORFF A., M. A. PRINCIPE, A. SEELY, J. LADUCA, L. BECKHARDT, W. FABER, J. MANTUS: Watershed protection for New York City's supply. *Journal of American Water Works Association*, 89 3 (1998), 75 – 88.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1551-8833.1997.tb08195.x> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)
- [26] HUNTINGTON H. P.: Using traditional ecological knowledge in science: methods and applications'. *Ecological Applications*, 10 5 (2000), 1270 – 1274.
<https://www.fws.gov/nativeamerican/pdf/tek-huntington-2000.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 26.)