

Víz a XXI. században: lesz-e elég? (Megatrendek, globális és lokális vízgazdálkodási kihívások – mit ér a tudományunk, s van-e megoldás?)

Szöllősi-Nagy András
egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem,
Sustainable Water Futures Programme, elnök, Brisbane, Ausztrália

Bevezetés

E rövid közlemény megkísérli áttekinteni a vízgazdálkodás jelenlegi főbb globális kihívásait, a hazai helyzetet és a lehetséges megoldások körvonalait. Azzal érvel, hogy a népességdinamikai előrejelzések és a várható klímaváltozás tükrében a jelenlegi vízgazdálkodási gyakorlat nem tartható fenn a XXI. században és a víz lesz ezért századunk egyik legnagyobb, ha nem a legnagyobb kihívása – globálisan és várhatóan lokálisan is.

Globális változás és adaptáció szükséges a vízgazdálkodás minden szintjén, az integrált vízgazdálkodástól kezdve az intézményes felépítésen át az oktatásig és kutatásig. A megállapítás egyaránt érvényes a fejlődő és iparosodott országokra. Különösen érvényes ez Magyarországot illetően, ahol az elmúlt évtizedek a dezintegrált vízgazdálkodás aggodalomra okot szolgáló példáját adták.

Mi a helyzet globálisan?

A XX. századi népességrobbanás következtében – amikor is egy évszázad alatt a Föld népessége 2 milliárdról 6 milliárdra háromszorozódott, miközben a vízkivételek globálisan meghatszorozódtak – az egy főre jutó éves vízkészlet 1975 óta drámaian lecsökkent, megközelítően 15 500 m³/fő/évről 5 000 m³/fő/év vízmennyiségre. Ez globális átlagot jelent, hiszen igen nagy a szórás Kanada 120 ezer m³/fő/év adatától Jordánia 120 m³/fő/év értékéig. (Ez utóbbi nem mellelleg 70 m³/fő/évre csökkent az elmúlt négy év során a közel-keleti migráció következtében.)

A vízkészletek csökkenésére azonban nem lehet olyan lineáris előrejelzést adni, mely szerint a következő 40 év múlva az emberiség alól “kifut” vízkészlete, hiszen a hidrológiai ciklus állandóan megújítja a vízkészleteket, ám kétségtelen, hogy további csökkenés várható.

Ma a Föld édesvízkészlete épp annyi, mint a holocén klímaoptimum idején volt. Az összes víz 97,5%-a a tengerekben és óceánokban van, a maradék 2,5% az emberiség édesvízkészlete. Ennek kb. 60%-a szilárd víz, azaz jég és hó az

Északi-sarkon, az Antarktiszon, a gleccserekben, a magas hegyi hótakaróban és a tundra örökké fagyott talajában (permafroszt). A maradék 90%-a felszín alatti víz. Ami marad, az mindösszesen 42 000 km³ könnyen hozzáférhető felszíni vízkészletet jelent tavakban, tározókban és vízfolyásokban (Shiklomanov és Rodda, 2003). A felszíni vizek 90%-a állóvizekben van, nagyjából 40% a Bajkálban, 20% az észak-amerikai Nagy Tavakban, a maradék pedig a kisebb tavakban és tározókban. A felszíni vízkészlet az összes víz – ideértve a tengereket és óceánokat is – mindösszesen 0,007%-a – ez utóbbit hívják tréfásan a hidrológia James Bond jelenségének. Említettük, hogy a felhasználók száma az utóbbi évszázad során exponenciálisan növekedett, miközben az összes vízkivételek mennyisége meghatszorosodott. Ez az oka a vízkészletek egy főre jutó csökkenésének, ami a további várható népességnövekedéssel – elsősorban a fejlődő országokban – jelentősen növelheti a vízkészletekkel kapcsolatos konfliktuslehetőségeket.

A globális vízválság azonban nem azt jelenti, hogy 'kifut' alólunk a víz, hiszen a hidrológiai körfolyamat szorgosan dolgozik ennek elkerülésén. A válság abból ered, hogy miképpen is kormányozzuk intézményeinkkel vizeinket. Milyen jogi keretet hozunk létre, hogyan működtetjük a hidrometeorológiai észlelőrendszereinket, mennyire támogatjuk a tudományos kutatást, miképp képezzük a szakmai utánpótlást, összehangolt (integrált) vízgazdálkodást hozunk-e létre vagy politikai szándékok mentén dezintegráljuk rendszereinket? És mindez csak egy kis csokor azokból a kérdésekből, amelyekkel szembe kell néznünk nemzeti, regionális és globális szinten.

Tényleg globális vízválság lesz?

Hát nem válságot jelent az már most is, ha naponta hatezer gyerek hal meg vízzel kapcsolatos betegségekben? Hogy a szubszaharai afrikai betegségek 90%-a víz eredetű és a rossz vízminőségi állapot eredménye? Hogy a szubszaharai kórházak betegeinek fele a víz miatt került oda? Hogy harminc év alatt az egy főre jutó víz mennyisége drámaian lecsökkent? Hogy 35 év múlva kilenc milliárd ember lesz a Földön, akiknek víz kell, csatornázás és szennyvízkezelés? Hogy ma több embertársunknak nincs hozzáférése a minimális egészségügyi ellátáshoz, mint 13 éve, a Milleniumi Fejlesztési Célok kezdetén? Hogy ez 2,6 milliárd ember? Lehetne, és kell is a kérdések sorát folytatni, mert ezek az emberiség jövőjét jelentik (UN World Water Development Report, 2018). Az ENSZ 17 Fenntartható Célja (SDG-k) az a keretrendszer, ami összefoglalja az emberiség számára 2030-ig elérendő legfontosabb célokat (UNIS, 2015). A két legfontosabb a szegénység és az éhínség felszámolása 2030-ra, amelyek hihetetlenül ambiciózus fő célok, ám – a világgazdaság jelenlegi állapota szerint – nem elérhetetlenek. Más kérdés, hogy a világpolitika jelenlegi állapota, a "We first" ostoba és fenntarthatatlan önzése, a növekvő nacionalizmus, a militáns szélsőségek megerősödése, a

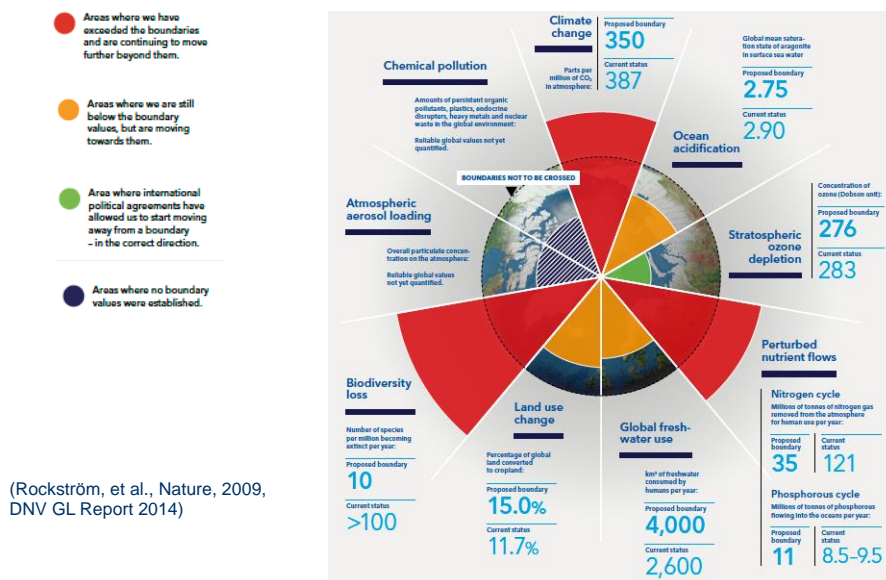
butyuta 'kismemzetállamoskodás' a globálizáció korában, a befelé fordulás, az idegengyűlölet (xenofóbia) ellenirányú folyamatokat idéz(het)nek elő. Mindenesetre a víz az, ami a maradék 15 célt összeköti, mint azt a bevallottan szubjektív elrendezésű 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. A víz, mint a fenntartható fejlődési célok központi eleme.

Jó tíz éve Rockstöm és munkatársai (2009) még úgy érveltek, hogy az éves globális vízkivételeket illetően még távol vagyunk a 4 000 km³-es planetáris határtól (2. ábra), ám időközben kiderült, hogy már most majdnem ott tartunk (3. ábra).

Planetáris határok

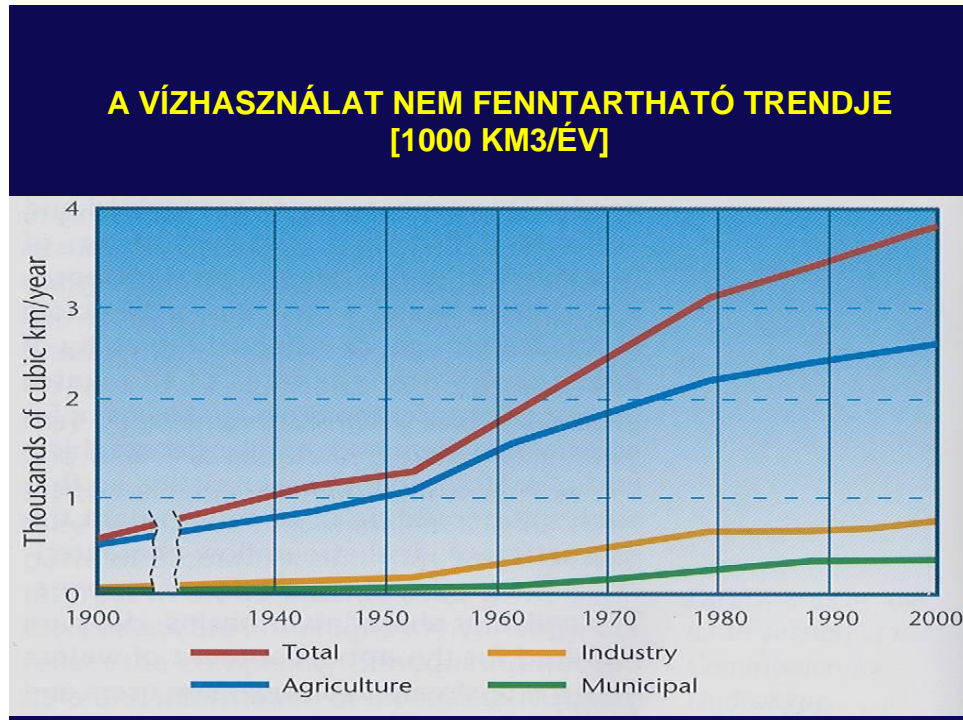


2. ábra. A planetáris határok (Rockström nyomán).

A klímaváltozás hatása a hidrológiai ciklusra

A klímaváltozás hidrológiai ciklusra gyakorolt fő hatása nagy valószínűséggel az lesz, hogy a víz körforgása felgyorsul. Ennek számos súlyos következménye lehet.

Azt, hogy a víz körforgása a globális felmelegedés hatására felgyorsul, viszonylag elég egyszerűen be lehet látni – hozzáátéve rögvést, hogy ez a magyarázat rendkívül leegyszerűsített. A folyamat lényege a következő. A Földről kifelé irányuló radiáció egy része az üvegházhatás eredményeként csökken, aminek következtében nő az atmoszféra átlaghőmérséklete. A hőmérsékletnövekedés hatására megnő az *evapotranszpiráció* (párolgás és párologtatás), aminek következtében megnő a felhőképződés valószínűsége. Több felhőből több csapadék keletkezhet, aminek hatására egységnyi idő alatt növekszik a lefolyás. A megnövekedett lefolyásból tovább nő a párolgás, és így tovább, tehát a víz körforgása várhatóan felgyorsul. Ha ez így van, akkor egységnyi idő alatt több szélsőséges hidrológiai esemény fordul elő. Megnő tehát az árvizek gyakorisága és mértéke. A folytonossági feltételnek minden körülmények között fenn kell állnia.



3. ábra. A globális vízhasználat trendjei a XX. században.

Ma épp annyi édesvíz van a Földön, mint a holocén klímaoptimum idején, ami csak úgy történhet meg, hogy az aszályok időtartamának és kiterjedésének is növekednie kell. Hangsúlyozni szükséges persze, hogy az atmoszférikus és hidrológiai folyamatok ennél a primitív modellnél lényegesen bonyolultabbak, serregnyi visszacsatolás, erős nem-linearitás, káosz és sztochaszticitás jellemzi a rendszert – pont ez az oka, hogy a sok nagyléptékű szimulációs klímamodell számos esetben ellentmondásos eredményekre vezet. A csapadékeloszlás idő- és térbeli változásával a felszínalatti vizek utánpótlódása is jelentős mértékben változhat, tehát a klímaingadozás és a klímaváltozás az egész hidrológiai ciklusra kihat. Megjegyzendő azonban, hogy az emberi tevékenység hatása a hidrológiai körfolyamatra lényegesen jelentősebb, mint a klímaváltozásé. Vörösmarty és munkatársai (2000) szimulációs vizsgálatait ezt az arányt nagyjából 80, ill. 20%-ra becsülték 2050-re, azzal az alapfeltevéssel élve, hogy a népességváltozás az ENSZ előrejelzéseit követi, míg a széndioxid-kibocsátás a század végére megkettőződik. A klímaváltozás tehát mintegy 'rarakódik' az antropogén hatásokra, azaz várhatóan tovább növeli a hidrológiai események bizonytalanságát, s így a vízgazdálkodás kockázati tényezőit is. Az elkövetkező harmincöt év közel

harminc százalékos globális népességnövekedése – azaz a kilencmilliárdos emberiség – tehát várhatóan nagyságrendekkel nagyobb változást okoz a hidrológiai ciklusban és a vízzel való gazdálkodásban, mint az ugyanezen időszak alatt várható klímaváltozás. Ezért tartják számosan fontosabbnak az adaptációs stratégiák kidolgozását a túlpolitizált diplomáciai mitigációs manővereknél. A megoldás is antropogén – az emberiség kezében van.

A víz a klímaváltozás elsődleges közege – akár a hőmérsékletnövekedés (termikus expanzió) következtében várható tengervízszint-emelkedésről, akár a hidrológiai ciklus szárazföldi (terresztris) részéről legyen szó, ideértve a gleccsek és a permafroszt szerepét is. Sajnálatos módon azonban pont a hidrológiai ciklus – a klímarendszer talán legérzékenyebb és legkevésbé értett része – kapja a legkisebb figyelmet a klímaváltozással kapcsolatos vitákban és a kutatásban is. Csak remélni lehet, hogy a Párizsi Megállapodást (UNFCCC, 2015) követően a kormányok végre ennek, az emberiség túlélése szempontjából központi, szó szerint létkérdésnek a megoldására is szentelnek némi időt és energiát.

A klímaváltozással kapcsolatos kormányközi tárgyalások, mint például az említett párizsi klímacsúcs nem gyorsan zajlanak – egy folyamatról van szó, ahol közel kétszáz ENSZ tagország, esetenként markánsan eltérő politikai és gazdasági érdekei között kell megtalálni a mindenki által elfogadható konszenzust. A dolog természetéből fakadóan ez időbe telik. Sok időbe. Valószínűleg sokan vannak, akik kudarcnak minősítik a klímacsúcsot – különös tekintettel azt követően, hogy az egyik legnagyobb légszennyező, az Egyesült Államok 2017 nyarán bejelentette, hogy kiszáll az egyezményből, bár e bejelentés azóta is nagy dinamikájú politikai alteráció tárgya. Lesznek, akik sikeresnek minősítik a klímaegyezményt, lesznek csalódottak, és lesznek elégedettek. Félő, hogy tudomásul kell vennünk: a világ mai állapota és feltételei mellett ezt lehetett elérni. Am tovább kell menni a megkezdett úton. Evolúció és nem revolúció – még ha némelyek elégedetlensége az utóbbit kívánná is. Komolyan meg kell vizsgálni egy globális kormányközi vízkonferencia és tárgyalássorozat újbóli összehívását – annál is inkább, mert az eddigi első és eddig egyben az utolsó ENSZ konferencia pont negyvenegy éve volt az argentinai Mar del Plata-ban. Azóta pedig egy, s más azért történt. Ha más nem, hát annyi, hogy a Föld egy före jutó vízkészlete a harmadára zsugorodott. Az ebből fakadó teendők ezért nagyon számosak, és nemzetközi összefogás nélkül nem megoldhatók.

Több víz, kevesebb víz?

Az elmúlt évtizedekben számos jel mutatott tehát arra, hogy alapjaiban változott meg a hidrológiai ciklus. Mint megmutattuk, ennek egyik láttelepe a szélsőségek előfordulási valószínűségének megnövekedése volt. Meglévő hidrológiai statisztikai módszereink nem tudták megmagyarázni, vajon mi az oka annak, hogy a

százéves, azaz száz évenként statisztikailag egyszer előforduló árvíz miért szinte húsz évenként fordul elő.

Ez elég kínos, mert erre nem készültünk. Miként tudjuk a mértékadó árvízszinteket ebben a helyzetben egyáltalán értelmezni, és használható tervezési módszereket adni a gyakorló mérnökök kezébe? Miként tudjuk eszközeinket a nemstacionárius hidrológiai jelenségekhez igazítani, mert a jövő nem olyan lesz, mint a múlt? Hogyan tudnánk a klímaváltozás hatásaihoz a legjobban alkalmazkodni? Hogyan javíthatnánk a vízminőség egyre romló állapotán?

Lehet, hogy a módszerünk hibás és javítandó, s nem a hidrológiai körfolyamat különös viselkedése az ok? Lehet, hogy nem vettük észre a változást? Félő, hogy a válasz erre a kérdésre igenlő. Bizony nem vettük észre, hogy a jövő más lesz, mint a múlt, s hogy a stacionaritás feltételezése többé már nem igaz (Milly et al., 2008), ám a mérnöki méretezéshez szükséges, a méretek megállapítását szolgáló, vagyis mértékadó helyzeteket mégiscsak a változatlanság feltételezésével becsüljük mind a mai napig világszerte. Még akkor is, ha azzal áltatjuk magunkat, hogy *százezer éves adatsorokat generálunk* Monte Carlo módszerrel, tehát jó hosszú periódust fedünk le – ami igaz is, csak éppen olyan adatsort generáltunk, melynek statisztikai paraméterei definíciószerűen ugyanazok (kell, hogy legyenek), mint az észlelt idősoroké. A legjobb esetben is csak megtartottuk az észlelt idősorok információtartalmát, újat nem teremtettünk. És megmaradtunk a stacionaritás feltevésénél. Ez pedig jelentős rizikót okoz, akár az alul-, akár a felülméretezés kockázatát vonva maga után. A nem-stacionaritásnak tehát súlyos gyakorlati következményei lehetnek, melyek alapvetően megkérdőjelezzik vizsgáldálkodási rendszereink méretezési alapelveit is, melyeken mérnökgenerációk sora nőtt fel. Például a százéves, vagy T-éves gyakoriságú mértékadó árvízszint többé már nem értelmezhető – hiszen, túl a Szöllősi-Nagy (2017) által közölt bájos anekdotán – példák egész sora igazolja, hogy a százévenként egyszer előforduló árvíz jószérével sokkal gyakrabban fordul(hatot)t elő. Ebből aztán számtalan kárrendezési jogi vita és konfliktus keletkezhet műtárgyaink üzemeltetése kapcsán. Mi az oka a változásnak? A kivédhetetlen globális változások, melyek határfeltételként határozzák meg lehetséges lokális cselekvéseinket. Az éghajlatváltozás mellett további nyomás helyeződik meglévő vízkészleteinkre a világban végbemenő globális demográfiai és urbanizációs folyamatok miatt. Mint előljáróban jeleztük, e folyamatok hatása sokszorosan meghaladja a klímaváltozás várható hatásait, és már rövidtávon, azaz néhány évtizeden belül, még jelentősebben megváltoztatják a hidrológiai ciklus működését. Kulcskérdés tehát, hogy mérnöki műtárgyaink méretezési alapelveit hozzáigazítsuk a nemstacionárius világhoz.

Míg a klímaváltozás lassú folyamat, hiszen kétszáz évnek kellett az ipari forradalom óta eltelnie ahhoz, hogy a hidrológiai ciklus változása mérhető legyen, és kimutatható legyen a víz körforgásának felgyorsulása

(intenzifikálódása) következtében előálló nem-stacionárius állapot, addig az emberi tevékenység közvetlen hatása már néhány évtized alatt mérhető volt. A hatás elsődleges oka a demográfiai változás. A 2050-re várható 9 milliárdos népesség demográfiai dinamikájával (növekedés, mobilitás, migráció), föld- és vízhasználatával pedig alapvetően megváltoztatja a hidrológiai ciklus működését. Minekutána az emberi tevékenység hatásaira mintegy ráakódó klímaváltozás hatásainak kb. 80%-a vízzel kapcsolatos, azaz azon keresztül, ill. annak hatására következik be, a vízzel való fenntartható gazdálkodás az emberiség fenntarthatóságának kulcskérdésévé vált. A hidrológiai ciklus várható gyorsulása következtében meg fog tehát növekedni a szélsőségek előfordulási valószínűsége, azaz megváltoznak a mértékadó helyzetek – mindeközben a Föld vízkészlete épp annyi lesz, mint a holocén elején. Viszont a népesség exponenciális növekedése következtében a század közepéig drasztikusan csökkenni fog az egy főre jutó vízkészlet – ez nyilvánvalóan nem fenntartható és súlyos konfliktusok forrása lehet nemzetközi és szubszuverén szinten egyaránt (Wolf, 2007).

És a megoldás? Létezik egyáltalán?

A XXI. század vagy a tudás társadalma, vagy nem lesz XXI. század – hangzik egyre többet szerte a világban annak nyomán, hogy a 90-es évek közepe táján voltaképpen ledőlt a digitális korlát és – legalábbis a közepes léptékű mérnöki gyakorlat szerint – minden kiszámítható, csak gépidő kérdése. És persze mindez tudásfüggő. Ez feltehetően így van a vízgazdálkodásban is. Jól működő digitális modellek serege (Vörösmarty et al., 2018) áll a hidrológus, a gyakorlati vízmérnök és a stratégiai tervező rendelkezésére különböző szinteken: a lokálistól a regionálison át a globálisig. Példa erre lokális szinten a szennyvíztisztító telepek irányítástechnikája a szenzoroktól a szabályzó elemekig, regionális vízellátó rendszerek távirányítással történő optimális folyamatszabályozása SCADA vagy osztott intelligenciájú folyamatirányító rendszerekkel, vagy akár a globális hidrológiai körfolyamat fluxusainak számítása georeferált rendszerben, összekapcsolva az atmoszferikus és teresztris részek elemeit, amire korábban soha nem volt lehetőség, részint az említett számítási korlátok, részint a megfelelő és elegendő mennyiségű adatok hiánya miatt. Az utóbbit illetően is hihetetlen fejlődésnek lehettünk tanúi az elmúlt negyed évszázadban. A műholdak és távérzékelési technikák ma már naponta egy exabájt hidrológiailag releváns adatot továbbítanak a Földre terahertz sebességgel. Ez ugye nagy szám: egy milliárd gigabájt, azaz egy darab egyes után tizennyolc nulla. Jó sok adat naponta.

Am hogyan dolgozzuk fel mindezt, és hogyan kapcsoljuk össze a különböző szintű modelleket, melyek egymásnak kölcsönösen peremfeltételei? Ráadásul sereg bizonytalanságot rejtenek magukban, s így a *laplace*-i determinizmus csődöt mond, mert a hidrológiai ciklus nem egy 3D-s vízgép, melynek működése csinosan számítható a klasszikus hidrodinamika eszköztárával és rutin numeri-

kus módszerekkel. A hidrológiai folyamatok heterogenitásából fakadó véletlenszerűség ezt az utat kizárja. Hogyan segítheti mégis mindez az operatív vízgazdálkodást? Miként lehet ebből az óriási napi adattömegeből a jó döntés számára szükséges mintázatot kiszűrni? Az adatgyűjtési technikák fejlődésével – legyen szó az *in situ* intelligens szenzorokról, vagy a távérzékeléssel nyert adatokról – párhuzamosan fejlődtek a nagy adathalmazok gyors feldolgozására képes adatfeldolgozási módszerek. A *Big Data* és az alakzatfelismerő algoritmusok a rekurzív tanulás elvét alkalmazva hihetetlen sebességgel szűrik ki a különböző szintű, bizonytalansággal terhelt adatokban rejlő mintázatot. A tanuló algoritmusok már a Mesterséges Intelligencia (MI) tartományába tartoznak, s bár távolinak tűnhet, mégis közeli a lehetőség a gépi tanuláson alapuló digitális vízgazdálkodás diszciplínájának és gyakorlatának megteremtéséhez.

Úgy tűnik tehát, hogy az MI alkalmazásával hamarosan összekapcsolhatók lesznek a vízgazdálkodási döntések különböző szintjei a lokálistól a globálisig. Ezek a különböző szintű vízgazdálkodási gépek/modellek várhatóan egyfajta sajátos IoT rendszert (Internet of Things) képeznek, lehetővé téve, hogy a lokális optimumok egy globális optimum részei legyenek, miközben kölcsönösen egymás peremfeltételei is. Válaszokat kaphatunk majd olyan kérdésekre is, hogy miként kell műtárgyainkat méretezni egy olyan világban, ahol a stacionaritás feltétele – amelyen mérnökgenerációk sora nőtt fel – első megközelítésben sem igaz. Mint jeleztük, ezekre a kérdésekre ugyanis sem a klasszikus hidrodinamika, sem a Monte Carlozós számpasszírozás nem ad jó választ. A kockázat viszont marad, szintje meg ismeretlen.

Egy dolgot nem szabadna elfelejtenünk: a vízgazdálkodás elsősorban nem műszaki, hanem társadalmi kérdés. Ha pedig társadalmi, akkor politikai. A vizes szakma története tele van trójai falovakkal, ahol ez tetten érhető – elég talán a Bős-Nagymaros nevű döglött politikai 'múlóra' utalni. Ha társadalmi, akkor viszont döntési modelljeinkben megkerülhetetlen a társadalom lehetséges válaszméchanizmusainak modellezése, ami vélhetően legalább egy nagyságrenddel bonyolultabb feladat, mint a 2/3D hidraulikai számítás, mert a társadalmi válaszokban nagyságrendekkel több a bizonytalanság (és kockázat). Hogy ezt sikerrel oldja-e meg az ágens-alapú viselkedésmodellezés (Akhbari és Grigg, 2013) és beilleszthető-e ez a környezeti folyamatok fluxusainak modellezésébe, nos, ez az a nagy kérdés, amire várhatóan az MI, ill. a gépi tanulás ad majd választ a nem túl távoli jövőben. Az MI várhatóan lényegében fogja átalakítani a humán kondíció egészét és részleteit, a tervezési szabványoktól és eljárásoktól a földmunkagépek használatán át a vízgyűjtő szintű stratégiai tervezésig. A robotok megalkotásához szükséges magas szintű mérnöki tudást kell az egyetemeknek átadniuk. Aki ezt nem fogja fel, az intellektuálisan menthetetlen, mert nem érti a XXI. századot.

Mert tanulnunk állandóan kell. És persze a mesterséges intelligencia mellé természetes intelligencia is szükséges a politikai döntéshozók részéről. Számszóan úgy érvelnek, hogy ez – tetszőleges politikai rezsim fennállása esetén – már nehezebben megtalálható, keményebb dió (Somlyódy, 2018). Az adaptáció készsége, ami tanulás nélkül nem szerezhető meg egy egyre komplexebb és globálisan egyre inkább összehuzalozott világban. Újabb adalék ez a magyar víztudományi intézményrendszer alapvető újjáépítésének szükségességéhez és a VITUKI megszüntetésével keletkezett vákuum és tudásszakadék megszüntetéséhez. Történt erre kísérlet egy Nemzeti Víztudományi Program (MTA, 2016) útjára bocsátásával, ami azonban idejekorán hamvába hullott és kimúlt.

Wittgenstein szerint a világ mindaz, aminek az esete fennáll – már csak egy új vízgazdálkodási kutatóintézet hiányzik ahhoz a hazai vízgazdálkodásban, hogy a hazai vizes társadalom (is) része lehessen a tudás-társadalom világának.

Utószó

Végül egy, a *stricto sensu* tudományon túlívelő kérdés: intézményeink dezintegráltsága. Erősen nehezíti helyzetünket a magyar vízgazdálkodás intézményrendszerének széttagoltsága, ami a hatékonyság jelentős kerékkötője. A klímaváltozás, melynek hatásai elsősorban a hidrológiai ciklusra hatnak, új kihívások elé állítja a magyar hidrológiai és meteorológiai szolgálatokat. Ha valóban elfogadjuk a hidrológiai ciklus integráló szerepét, márpedig más logikus választásunk nincs, akkor annak bármely helyen való szétvágása önkényes, mert sérti az integritás elvét. A hidrológiai ciklus atmoszferikus és teresztris körforgásra történő szétválasztása is ilyen. Még inkább sérti ezt az alapvetet, ha a felszíni és felszín alatti vizek mennyiségi és minőségi adatait intézményi szinten is elkülönítve kezeljük. Alapkérdés az adatokhoz való nyílt hozzáférés is. Ami állami, azaz adófizetői pénzből gyűjtött adat, az közkinccs és nem lehet adatkufárkodás tárgya. Az adatok szabadon hozzáférhetőek kell legyenek mindenki számára!

Ha a hidrológiai ciklus elemei mentén intézményesen is integráljuk az adatképzés, adattárolás, adatszolgáltatás és operatív előrejelzés összes tevékenységét, akkor sikerrel fektethetjük le a honi fenntartható és modern integrált vízgazdálkodás alapjait. Nem megkerülhető tehát az operatív vízgazdálkodás tudományos alapját képező, az integráció elvén alapuló intézmény megalkotása.

Köszönetnyilvánítás

Szerző hálásan köszöni Prof. Dr. Dévai György észrevételeit és a kézirat véglegesítése során nyújtott szíves segítségét.

Irodalom

- Akhbari, M., Grigg, N. S. (2013) *A Framework for an Agent-Based Model to Manage Water Resources Conflicts*. Water Resour Management, DOI 10.1007/s11269-013-0394-0
- Milly, P.C.D., J. Betancourt, M. Falkenmark, R.M. Hirsch, Z.W. Kundzewicz, D.P. Lettenmaier, R.J. Stouffer (2008) *Stationarity is Dead: Whither Water Management Science* 319: 573–574.
- MTA (2016) *Jelentés és javaslat a magyar víztudomány valamint az operatív hidrológia honi helyzetéről és intézményrendszerének kívánatos fejlesztéséről*. Az MTA Elnöki Víztudományi ad-hoc Bizottságának jelentése, nem publikált kézirat, Budapest.
- Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F.S. Chapin, III, E.F. Lambin, T.M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H.J. Schellnhuber, B. Nykvist, C.A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P.K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R.W. Corell, V.J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, J.A. Foley (2009): *A safe operating space for humanity*. Nature, 461: 472–475, doi:10.1038/461472a.
- Shiklomanov, I.A., Rodda, J.C. (2003) *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*. UNESCO International Hydrology Series, Cambridge University Press, Cambridge.
- Somlyódy, L. (2018) *Most már csak dönteni kéne a legfelsőbb helyeken – Somlyódy László akadémikus a természetes vizeink állapotáról*, Barotányi Zoltán interjúja. Magyar Narancs, 30. évf., 39. szám, p. 8–10.
- Szöllősi-Nagy, A. (2017) *Milyen (m)értéket ad a mértékadó?* Mérnök Újság, december, p. 13.
- UNFCCC (2015) *The Paris Agreement*. United Nations, New York.
- UN World Water Development Report (2018). UNESCO, Paris.
- UNIS (2015): *Fenntartható fejlődési célok*.
http://www.unis.unvienna.org/unis/hu/topics/sustainable_development_goals.html
- Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., Richard B., Lammer, R. B. (2000) *Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth*. Science, Vol. 289, Issue 5477, p. 284–288.
- Vörösmarty C. J., Osuna, V. R., Cak, A. D., Green, P., Tessler, Z., Corsi, F., Bhaduri, A., Bunn, S., Gastelumendi, J., Harrison, I., Lawford, R., Marcotullio, P.J., McClain, M., McDonald, R., McIntyre, P., Palmer, Robarts, R. M., Szöllősi-Nagy, A., Uhlenbrook, S. (2018) *Ecosystem-based water security and the sustainable development goals*. Ecohydrology & Hydrobiology, July
- Wolf, A. T. (2007) *Shared Waters: Conflict and Cooperation*. Annu. Rev. Environ. Resour., 32: 3.1–3.29.