

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata. Alapítva: 1840

KEZDŐLAP ARCHÍVUM IMPRESSZUM KERESÉS

» A VILÁG VÍZDILEMMÁJA

X

Somlyódy László

az MTA rendes tagja, BMGE Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék • somlyody(kukac)vkkt.bme.hu

A közbeszédben, az írott és az elektronikus sajtóban egyre gyakoribbak az aggódo megjegyzések és kérdések a vízzel kapcsolatban. Sokan tartanak attól, hogy a vízdilemma valamilyen módon korlátozhatja a 21. század fejlődését. Mások a készletek fogyását emlegetik. Ismét mások feltételezik, hogy háborúk törhetnek ki a víz miatt. V annak, akik az olajválsághoz hasonló vízválság rémképét vetítik elénk. Mi is tehát a helyzet? Megalapozottak-e az aggodalmak? És ha igen, mit tudunk tenni, mielőtt még késő lenne? Kérdések, amelyeket megkísérlünk – leg alábbis részben – megválaszolni.

Globális készletek és igények

A vízzel való gazdálkodás első kérdése az, hogy a rendelkezésre álló készletekből ki tudjuk-e elégíteni a felmerülő igényeket. Nézzük ehhez a többé-kevésbé ismert tényeket és számokat! A Föld kis túlzással látszólag vízből van: felszíne 71%-át víz borítja (valójában a víz a Föld tömegének csak mintegy 1%-át teszi ki). A készlet (Q) teljes mennyisége állandó és rettenetesen nagy, mintegy 1400 millió km³ (Papp – Kümmel, 1992) – összehasonlításképpen a Balaton térfogata 2 km³ körüli. Az igényeket (I) sokan az ivóvízszükséglettel azonosítják, ami bölcs háziorvosunk ajánlása szerint 3 l/fő/nap, azaz 1 m³/fő/év, a teljes népességre (6 milliárd 2000-ben) vetítve pedig 6 km³/év. Ez elenyészőnek tűnő mennyiség a készletekhez képest (amelyek 233 millió év alatt merülnének ki),

$$Q = 1400 \text{ millió km}^3 \leftrightarrow I = 6 \text{ km}^3/\text{év}, (1)$$

tehát nem egészen értjük az aggodalmakat.

Am okfejtésünk sajnos több szempontból is hamis. Emberi fogyasztásra csak az édesvíz alkalmas, ami a teljes készletnek mindössze 2,5%-a (35 millió km³). Ugyanakkor a mérleg másik oldala súlyosabb: a 16. század felfedezése és a 19. század innovációja, az „áldásos” öblítéses toalett ún. fiziológiai vízigénye 40 l/fő/nap körüli: drága ivóvízzel felhígítva, pazarlóan távolítjuk el a sok hasznos anyagot tartalmazó fekáliát és vizeletet. Körülbelül 80 l/fő/nap megy el a konyhában és a fürdőszobában. Ezekhez adódik az elosztóhálózat helyfüggő vesztesége (ez jelenleg Szingapúrban a legalacsonyabb, a lakossági vízfogyasztás 5%-a körüli, míg Magyarországon az előregedett vízi infrastruktúra miatt 20–30% lehet). Így az igény oldalon – a fejlett világban – kb. 50 m³/fő/év az eredmény, míg a globális átlag a nagyobb vízvesztés és a pazarló fogyasztás miatt magasabb, 60 m³/fő/év, azaz a teljes népességre vetítve 360 km³/év. Ez még mindig viszonylag kis hányada az édesvízkészletnek (a kimerülési idő kb. százezer év):

$$Q = 35 \text{ millió km}^3 \leftrightarrow I = 360 \text{ km}^3/\text{év} (2)$$

De valóban gazdálkodhatunk-e a 35 millió km³ készlettel? És az igényt helyesen becsültük-e? Mindkét kérdésre

nemleges a válaszuk.

Az első kérdés • Az édesvízkészlet kitermelésének korlátját a viszonylag gyors vízkörforgásban évről évre megújuló, dinamikus készlet határozza meg, nem pedig a lényegesen nagyobb statikus. Ha ezt túllépjük, a vízkészletek nem fenntartható változásokon mennek keresztül: a talajvízszint süllyed, a tavakban tárolt víz mennyisége csökken, és a tengerbe torkolló folyók nem biztos, hogy (az év egészében) elérik a torkolatukat. A folyamat végeredménye az eltűnő vizek. Hazai példaként a Dunántúli-középhegység karsztvízkészlete vagy a Duna–Tisza közti hátság említhető, ahol a bányászat hatása, illetve a túlzott mértékű kitermelés súlyos vízszintcsökkenéshez vezetett. Az első esetben ez az egész Dunántúli-középhegységre kiterjedt (hatott a Budai-hegységre és a Bakony déli részére is), a regenerálódás húsz évvel a bányászat leállítását követően sem fejeződött még be. Eltűnő vizek megfigyelhetők szinte az összes kontinensen, a leghíresebb/hírhedtebb példák közé tartozik az Aral- és a Csád-tó, a Sárga- és a Colorado folyó (Postel, 1992), a felszín alatti vizek sokasága Kínában, Indiában, Szaúd-Arábiában és az USA-ban.

Folytassuk még mindig az első kérdéssel! A megújuló készlet a hidrológiai körforgás eredménye. Ez olyan óriási desztillációs folyamat, amelyet a Nap energiája hajt. A párolgás által a légkörbe lépő vízgőz mennyisége – az anyagforgalom jellemzője – valamivel 400 000 km³/év feletti (Papp – Kümmel, 1992), azaz két nagyságrenddel a lacsonyabb érték, mint az édesvízkészlet. A további rossz hír, hogy e mennyiség jelentős hányada csapadék formájában az óceánokba hullik vissza (az is lehet, éghajlattól függően, hogy a gleccsereket vagy a sarki jeget táplálva hosszabb időre kikerül a vízkörforgásból). Így a ténylegesen hasznosítható megújuló készlet a szárazföldi (felszíni és felszín alatti) lefolyás eredménye, mindössze $Q^* = 40\,000\text{ km}^3/\text{év}$, azaz újabb nagyságrendet veszítettünk.

A második kérdés • Globális szinten a teljes vízhasználatnak a lakossági csupán átlagosan és közelítően 10%-a, az ipari 20%-a, a mezőgazdasági – a legnagyobb vízfogyasztó – pedig 70%-ot tesz ki (UN Water, 2009). Ezeket az egy főre vetített teljes vízigény kerekítve 600 m³/fő/év, ami globális igényre átszámolva 3600 km³/év körüli. Az értéket más oldalról is ellenőrizhetjük. A fejlett világban a napi táplálékigény átlagosan 2000 kcal/fő lehet, aminek az előállítására leegyszerűsítve 2500 l/fő (másképpen, az irodalom szerint kb. 1000 m³/fő/év) vízre van szükség (WPJ, 2009/2010). Ez tartalmazza a táplálékul szolgáló növények és az állatok természetes vízfelvételét, tehát a fenti két érték jó összhangban van egymással. A következőkben a fenntarthatóság szempontjából kifejezőbb, kerek 1000 m³/fő/év értékkel fogunk számolni.

A vízszükséglet nagyságrendjét jól érzékelhetjük a táplálékosár főbb javainak magas vízigényéből – ezt az 1. táblázat foglalja össze (a fajlagos kcal értékek például az ENSZ A víz a változó világban című jelentésében [UN Water, 2009] található meg). Fontos látnunk tehát – és ez első következtetésünk –, hogy a vízprobléma fő kérdése nem elsősorban a lakossági vízellátás, hanem az annak sokszorosát igénylő táplálkozás biztonsága. Ennek előfeltétele a vízbiztonság.

A felismerés, hogy a termékekbe – beleértve a chipeket és a gépkocsikat – közvetve nagy mennyiségű víz „épül be”, vezet az ökológiai lábnyom mintájára a vízlábnyom (I*) fogalmához. A vízlábnyom az a térfogatban kifejezett, egy főre eső vízmennyiség, amennyit valamilyen termék előállításához és/vagy szolgáltatás elvégzéséhez évente felhasználunk.⁵ Egy ország esetében a vetítési alap az ország összes terméke és szolgáltatása. A lábnyom globális átlaga a jelenlegi becslések szerint 1240 m³/fő/év (UN Water, 2009). Az érték az USA-ban a legnagyobb (2480 m³/fő/év, ami mérhetetlen pazarlásra utal), Kínában 700 m³/fő/év, míg Magyarországon némileg az átlag alatt van.

Az 1000 m³/fő/év körüli kerekített értéknek a gyakorlatban még egy jelentése van: úgy tartják, ez az a stresszhatár, amely alatt a vízgazdálkodás a készletek fizikai szűkössége miatt kezd igen nehézkesé válni (egyre nehezebben, növekvő ráfordítással és súlyosbodó negatív következményekkel képes az igényeket kielégíteni). A vízhiány jellemzésére esetenként figyelembe veszik a készletek kihasználtsági fokát (igény/készlet – I/Q) is, és kritikusnak általában a 40%-os korlátot tekintik. Olykor a két kritériumot együtt használják.

A kis kitérőt követően tehát a globális igény 6000 km³/év körüli, azaz a két szembeállítandó érték:

$$Q^* = 40\,000 \text{ km}^3/\text{év} \leftrightarrow I = 6000 \text{ km}^3/\text{év}, (3)$$

vagy egy főre vetítve és kerekítve

$$Q^* = 6700 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év} \leftrightarrow I = 1000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}, (4)$$

már nincsenek távol egymástól. A trend sem ad okot az optimizmusra: a 20. század elején a fajlagos készlet mintegy $27\,000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$ volt, és ez 8,5 milliárd lakossal számolva 2035 körül lecsökkenhet $4700 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$ -re (URL 1). Tehát nem a készlet, hanem annak egy főre jutó hányada csökken a népesség növekedése miatt, mégpedig végszesen. Tovább rontja a képet, hogy az igény növekedését egyelőre nem sikerült visszafogni: az elmúlt száz évben ennek értéke közel kétszeres mértékben növekedett a népesedéshez viszonyítva.

Ezzel azonban történetünket még nem fejeztük be, mivel vízrajzi, hidrológiai, szennyezési és ökológiai okok miatt a készletoldalon markáns redukáló tényezők jelentkeznek. Vegyük sorra ezeket! Először: a megújuló készletek mintegy 20%-a távoli, „eldugott” területen található, és aligha hozzáférhető – például az Amazonas óriási készlete. Másodszor: a fennmaradó fele – a vízfolyás méretétől függően – árvizekkel és monszonnal érkezik (McKinney – Schoch, 1996), vagyis gyorsan lefolyik, és csak egy kis része hasznosítható tározók építése révén (amelyek nem minden probléma nélküliek). Harmadszor: a készletek jelentős, de pontosan nem ismert hányada (legalább 30%-a) kiiktatódik az ökológiai vízigény és a legkülönbözőbb szennyezések (szerves- és tápanyagok, különféle mikroszennyezők, gyógyszermaradványok, szintetikus szteroidok stb.) következtében, hacsak költséges tisztítást nem alkalmaznak, ami sokfelé csak részleges, vagy egyáltalán nem is létezik. Így a megújuló, hozzáférhető és hasznosítható készlet (Q^{**}) és az igény nagyságrendileg

$$Q^{**} = 2000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év} \leftrightarrow I = 1000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}. (5)$$

Érdemes megjegyezni, hogy

$$Q^{**} \geq I (6)$$

reláció a fenntarthatóság fontos kritériuma (globális és lokális léptéken egyaránt).

A bemutatott nagyságrendi elemzésből megfigyelhetjük, hogyan lett a sokból kevés az egyik oldalon és a kevésből sok a másikon. Az eredmény nyugtalanító: globális szinten a (ténylegesen hasznosítható) készlet csupán mintegy kétszerese az igénynek. Másképpen fogalmazva: a kihasználtság 50% körüli, igen magas érték (összehasonlításképpen Magyarországon 8%, augusztusi kisvízre vetítve pedig mintegy 20%). A globális helyzetkép tehát sötét, miközben eddig csupán négy gondot említettünk: a fizikai vízhiányt, az eltűnő vizeket, a szennyezéseket és az ökológiai vízigényt.

A regionális kép és érzékenység

Ha a készletek és az igények területi eloszlása egyenletes lenne, nem lenne okunk aggodalomra. Ez azonban nincsen így. A vízgazdálkodást nagy területi (és időbeli) változékonyság jellemzi, ami a népesség és a társadalmi-gazdasági fejlettségi szint mellett alapvetően az éghajlat területi változékonyságából fakad: változik a párolgás, a csapadék, a hóesés, a hóolvadás, az árvizek, az aszályos időszakok stb. A megújuló készleteket a hidrológiai körforrás részeként végső soron a csapadék és a párolgás együttesen határozza meg, ami pótolja a vízáadó rétegek készleteit, és biztosítja a felszíni és felszín alatti lefolyást. A csapadék a párolgással együtt területileg erősen változik: Egyiptomban például ritkán tapasztalni esőt, de lefolyás-térképeket tanulmányozva feltűnő (UN Water, 200

9) az Észak-Kína – Délkelet-Ázsia – Közel-Kelet – Észak-Afrika sáv, valamint Kalifornia és Ausztrália: az évi lefolyás sokfelé csupán 10 mm/év körüli (Magyarországon az átlag 50 mm/év, de az Alföld egyes térségeiben alig több 10 mm/évnél). Így elsősorban ezeken a területeken számíthatunk a készletek szűkösségére. Az eredmények ezt igazolják is: a vízben legszegényebb harminc ország itt található (például: Kuvait, Arab Emírátságok, Katar, Líbia, Szaúd-Arábia, Jordánia, Jemen, Izrael, Algéria, Tunézia, Egyiptom, Ciprus stb., URL2), a Közép-Keleten a készletek többnyire 100 m³/fő/nap alattiak. Másképpen jellemezve: az arab világban a Föld népességének 5%-ára a készletek 1%-a jut, míg Kanada a másik véglet: a globális készletek 20%-ához a népesség csupán 0,2%-a tartozik.

Az igényeket alapvetően az emberi tevékenységek (lakossági, ipari, energetikai és mezőgazdasági vízfogyasztás stb.) határozzák meg. Ezek elsősorban a népességtől és annak területi eloszlásától függenek, ezért célravezető a készlet/népesség indikátor használata a fizikai stressz és/vagy a vízhiány jellemzésére. Fő kérdésünk az: mennyi ember érintett ma, illetve lesz érintett a jövőben? Megbízható válaszunk nincsen. Ennek oka egyszerűen az adat hiány: hiába kiemelt téma a víz a különböző fórumokon és az ENSZ-en belül is, nem üzemel megbízható globális és regionális monitoring rendszer, az egyes országok adatszolgáltatása pedig hiányos. Mindenesetre a meglévő információ is elégséges a trendek érzékeltetésére. Suren N. Kulshreshtha (1993) elemzése szerint az országos átlagkészletek alapján 1990-ben a népesség 4–5%-a élt fizikailag vízhiányos területen. Ez az érték 2025-re, forgatókönyvtől függően, 40–50%-ra növekedhet, alapvetően a fejlődő világban, főleg a népesség gyarapodása és az éghajlati hatások miatt. Utóbbi területileg átrendezi a készleteket: leegyszerűsítve, csökkenti azokat, ahol eddig hiányosak voltak, és fordítva. Az igények is kedvezőtlenül módosulnak: a hőmérséklet emelkedése miatt növekednek az öntözésre berendezkedett területeken. Az igények más okok miatt is átrendeződhetnek: a városiasodás és a megvárosok elszaporodása, a migráció, a középosztály gazdaságtól függő területi fejlődése stb.

Kulshreshtha (1993) elemzését más források adataival összevetve látszik, hogy az információk ugyan nem teljesen konzisztensek, de a nyugtalanító trend egyértelmű. Először is az UNEP- (2000) jelentés 1990-re vonatkozó tércsképe szerint 200–300 millió ember él 1000 m³/fő/év alatti, vízhiányos területen (mintegy harminc országban). Hasonlóan nagy a 40% feletti vízkivétel/készlet aránnyal jellemezhető népesség (UNEP, 2000). Másodszor, a CIA adatbázisát (URL1) használva 2035-re az érintettek száma – csak a népesség növekedése miatt – eléri a 1000 milliót (nő a jelenlegi vízszegény területek népessége, és új országok is bekerülnek az 1000 m³/fő/év kritérium átlépése miatt). A helyzet komolyságát a 2. táblázat szemlélteti, ahol feltüntettük a kritikus országokon túl a vízhiányossá váló Indiát és Kínát is, melyek 2035 után juthatnak a küszöbérték közelébe. Valójában a UNEP (2000) említett vízkivételi térképe szerint ez Indiára már 2025-re bekövetkezhet, azaz a népesség 20–25%-a eshet a kritikus 40% feletti kihasználtság kategóriájába, 11, 12 (az ökológiai vízigény és a szennyezések figyelembevétele nélkül). Harmadszor, a felvázolt trendet erősíti a UN Water (2009) jelentés, amely szerint a vízstressz és a vízhiány szinte mindenütt erősödik. Negyedszer, a becsléseknél nem számoltunk az éghajlatváltozás és a fejlett világon kívül általánosan romló vízminőség kedvezőtlen hatásaival. És ötödször, országos átlagokat használtunk, amelyek elmoszák a kisebb léptékű változékonyságokat, azaz alulbecsléshez vezetnek.

A területi változékonyság bemutatására példaként Magyarországot említjük. Magyarországra – a Kárpát-medence mély fekvésű területén – sok felszíni víz (95%) érkezik külföldről (12 000 m³/fő/év). Így vízhiányos lakossága nincs, látszólag Európa vízben egyik leggazdagabb országa. Azonban az országon belüli lefolyásból származó saját készlete 13 csupán 600 m³/fő/év, stresszküszöb alatti, az egyik legalacsonyabb érték a kontinensen (2. táblázat). A problémához járul, hogy ez az alacsony érték az országban sokfelé ritka vízfolyáshálózattal párosul, márpedig a mesterséges elosztás nehéz és költséges. A helyzet még rosszabb a belső vízgűjtőkön, a homokhátságon és az Alföldön. Az Alföldön a felszín alatti vizek kihasználtsága már most is 70%, és az éghajlatváltozás beszívó hatást csökkentő várható hatása miatt a jelenlegi vízhasználatok mellett is könnyen meghaladhatja a 100%-ot.

Második következtetésünk az, hogy a népesség növekedése miatt bekövetkező vízhiány és az eltűnő vizek az emberiség jelentős részét érintik, elsősorban a fejlődő világban. A trendek egyértelműen negatívak. A bajok a jövőben minden bizonnyal felerősödve jelentkeznek, más gondokkal kölcsönhatásban. Ezek közül Somlyódy László

ó (2008) alapján

- (i) a városiasodást (a népesség növekedése ma már a városokra koncentrálódik, ez együtt jár az átláthatatlan vízi infrastruktúrák kialakulásával, továbbá a városi elszívás és vidéki taszítás számos következményével),
- (ii) a biztonságos ivóvízellátás és szennyezéshelyezés 14 megoldatlanságát, ami a fejlődő világban 1,1 illetve 2,6 milliárd embert érint, 15 és a fejlesztések messze nem követik a terveket,
- (iii) a sok meglepetést okozó szennyezéseket (beleértve a mikro- és nanoszennyezőket) és a vízminőségi bajokat,
- (iv) az éghajlatváltozás által befolyásolt, növekvő gyakoriságú szélsőségeket (árvizek és aszályok), valamint
- (v) a nemzetközi vizek (potenciális) konfliktusait (az emberiség fele él ilyen ún. osztott vízgyűjtőkön; lásd később) említjük.

Az első és a második következtetést összevonva, a népesedés és a fejlődés tendenciája fokozatosan rontja a víz- és a táplálkozásbiztonságot. Ez válságokhoz vezethet, előre nem láthatóan fékezheti a fejlődést, végső soron pedig súlyos fenntarthatósági zavarokat okozhat.

A vízhiány következményeiről

Napjainkban a vízhiány egyre több figyelmeztető, időnként szokatlan jelével találkozunk. Így például Ciprus ivóvizet importál Athénből (tankhajókon), de hasonló a helyzet Madridban vagy Szingapúrban is (utóbbi Malajziában működő vízművet, majd csövön pumpálja át a vizet a szigetországba). A másfél milliós Quito, Ecuador fővárosa (Sullivan, 2009/2010) nem rendelkezik saját ivóvízbázissal. Évi 250 millió liter vizet az Andokból szállítanak, a gleccserek megfigyelt fogyása miatt (éghajlatváltozás) azonban a készletek gyorsan karcúsodnak. Mexikó város süllyed a túlzott talajvíz-kitermelés következtében (URL3). Hasonló jelenséget figyeltek meg az USA-ban, Ogellala térségében (Nováky, 2005). Máltát a tengervízszint emelkedése fenyegeti: a veszély a sós víz beszivárgása az alig magasabban fekvő rétegvízbe (Sullivan, 2009/2010). Ez már bekövetkezett Izraelben: a túlzott kitermelés miatt a talajvízbe tengervíz tört be a Földközi-tengerből, aminek eredményeként az egykori édesvíz kezelésére sótalanítási technológiákat alkalmaznak (Sullivan, 2009/2010). Az Izrael és Palesztina közötti feszültség jelentős részben a talajvíz mennyiségéhez és minőségéhez kapcsolódik, az előrelépés és a béke pedig nemcsak a területi, hanem a vízkészletekre vonatkozó kiegyezésen kell, hogy alapuljon.

Szaúd-Arábia közel 2 millió ha területen öntöző mezőgazdaságra alkalmatlan sivatagban (Sullivan, 2009/2010). Folyókák szinte mind időszakosak, a villámzások vizeit kétszáz körüli, nem túl nagy duzzasztóval fogják fel. Így évi 1 km³ vizet tudnak kinyerni, miközben a vízhasználatuk 24 km³, nagyrészt öntözési célú. A vízkivétel az Arab-félsziget alatti óriási felszín alatti vízbázisból történik. A kitermelés messze meghaladja a beszivárgást, és így a becslések szerint a készlet 25–30 év alatt kimerül. Ezért a kormány korlátozta a gabonatermesztést, és egymillió ha földet bérelt mezőgazdasági termelésre vízben gazdag országokban, Tanzániától Indonéziáig. Azaz: a vízhiányt nem víz behozatalával, hanem lényegesen kisebb tömegű áru importjával pótolta. Mára az ország a világ legnagyobb tengervíz-sótalanítója, és biztosítja Katar, Bahrein, Kuvait és Jordánia ivóvízellátását is. Látjuk, hogy a szaúdiak számára a legértékesebb természeti erőforrás nem feltétlenül az olaj, hanem a víz. Azt is tapasztaljuk, hogy a víz miatt új típusú, határokon átnyúló kapcsolatok alakulnak ki.

Háború vagy béke

A víz és a vízhiány velejárái a különböző konfliktusok (Gleick, 2008), amelyek célja mások vagy más országok vizeinek birtoklása, szabályozása. Ilyen szempontból a víz lehet politikai és/vagy hadászati cél. Máskor a vizet a háború eszközeként használják. A vizek egyenlőtlen és igazságtalan elosztása – például valamilyen fejlesztés eredményeként – stratégiai ellentétekhez és vitákhoz vezethet (erre példa a Duna egyoldalú elterelése Szlovákia által). A konfliktusok között napjainkra az egyik leggyakoribb a terrorizmus (beleértve a biológiai és kibertámadá

sok fenyegetettségét is), ami alatt egyének vagy csoportok kormányokkal vagy hivatalos szerveikkel szembeni erőszakos cselekedeteit értjük. A konfliktusok léptéke változó lehet (lásd Glied, 2008 is): kitörhet farmerek között, valamely vízgyűjtőn, allokációs problémák esetén (Colorado-folyó), tartományok között (például Spanyolország, Glied, 2008), vagy országok (például Izrael és szomszédai) között. A konfliktusok gyarapodása riasztó: míg a 19. században, majd a 20. század első felében tíz körüli eseményt jegyeztek fel, addig ezt követően számuk szinte exponenciálisan nőtt: 1985 és 2005 között elérte a nyolcvanot (a fegyveres konfliktusok száma a második világháború óta mintegy negyven [Havasi, 2010])

Az általános hiedelemmel szemben vízért országok sosem háborúztak: mindig győzött a bölcsesség. Napjaink nagyobb válságövezetei (ezek a fejlődő világban található) azokon a határokon átnyúló nemzetközi vizeken találhatók vagy alakulhatnak ki, ahol valamely felvizi, vízhiánnyal küszködő ország a készleteket egyoldalúan, a maga javára akarja kisajátítani (a legtöbbször duzzasztás révén öntözési célra). Az irodalom a legkritikusabb válságövezetnek a Nílus és az Aral-tó térségét tartja. További problematikus nemzetközi vizek a Csád-tó, a Jordán folyó, a Tigris és az Eufrátesz, a Gangesz, a Mekong, a Sárga-folyó és így tovább. Ezek a régiók akkor válhatnak veszélyessé, ha a vízválság egyéb válságokkal (szegénység, alultápláltság, energiakrízis, állandó politikai ellentétek stb.) eszkalálódik.

A felsorolt példák felvetik azt a kérdést, hogyan is állunk a nemzetközi vizekhez tartozó országok együttműködésével. Rövid válaszunk az, hogy lehetne jobb a helyzet: a jogi keretek hiányoznak vagy gyengék. Létezik nemzetközi vizekre vonatkozó, korlátozott hatáskörű egyezmény (Helsinki Konvenció, 1992), amit aláírtak ugyan, de sok országban nem ratifikáltak. Az osztott felszín alatti vizek jogilag nem szabályozottak. Ugyanakkor az 1820 óta megszületett, mintegy négyszáz, államok közötti szerződés mégis sokfelé elősegítette a béke fenntartását. Ez azonban aligha

lesz elég a jövő súlyosbodó problémáinak kezelésére. Fokozott hidroszolidaritásra, nemzetközi törvényi szabályozásra és annak hatékony alkalmazására van szükségünk.

Kína: az óriás

Kína sok ok miatt víznagyhatalom. Az ország mérete és népessége, a megoldandó feladatok sokasága és sokszínűsége, a hazai és külföldi beruházások nagysága, a haladás a kutatások területén mind az érvek közé tartoznak. Mára Kína hatszáz feletti nagy projektet valósított meg (Varis – Vakkilainen, 2001), köztük 170 000 MW-nyi vízerművet (Bosshard, 2009/2010 – ez a paksi erőmű kapacitásának 85-szöröse). Vezeti a globális duzzasztóműpiacot: a nyugati technológiákat átvéve és továbbfejlesztve legalább kétszáz erőmű építésében és finanszírozásában vesz részt kb. ötven fejlődő országban (Bosshard, 2009/2010). Hatszáz nagyvárosban intenzíven fejleszti a vízi infrastruktúráját. A beruházások nagyságrendje ezermilliárd USD nagyságrendű lehet. Várható, hogy ezen a területen is vezető szerepre törnek.

De Kína a problémák okán is nagyhatalom. Az ország megújuló vízkészlete roppant egyenlőtlen eloszlású. A teljes készlet valamivel 3000 km³/év alatt van (Varis – Vakkilainen, 2001), azaz 1354 millió lakossal (a Föld népességének ötöde) számolva átlagosan 2260 m³/fő/év (a vízfogyasztás a készlet mintegy 20%-a – 500 km³/év, ennek 90%-a az öntözést szolgálja). Az északi síkság a Sárga-folyóval (ahol a mezőgazdaság négyötöde található [Wilson, 2002]) és a déli Jangce népessége azonos, 400 millió (Varis – Vakkilainen, 2001), ezzel szemben a készletek aránya 1:6 körüli, azaz északon a hozzáférhető készlet nem több, mint 400 m³/fő/év, aminek a kihasználtsága 60% feletti. Kevés és csökkenő fajlagos készlet (2. táblázat) magas és növekvő kihasználtsággal jár együtt. Ez a felszín alatti vizek túlzott kitermelését eredményezi: a városok fele vízhiánnyal küzd, a talajvízszint évente átlagosan 1,5 métert süllyed. Az eltűnőben lévő Sárga-folyóba és Peking térségébe a vizet a bő Jangceből tervezik átvezetni (Wilson, 2002). A mennyiségi bajokat tetézik a minőségiek. Az 50 000 km hosszú, főbb vízfolyások

ból álló hálózat 80%-ából kipusztultak a halak (Wilson, 2002), a Sárga-folyó jelentős része halott, alkalmatlan emberi fogyasztásra és öntözésre (bakteriológiai, nehézfém- és egyéb mikroszennyezők miatt).

Kína vízdilemmája nem kezelhető elszigetelten vízimérnöki problémaként. Azt szélesebb kontextusban szükséges elemezni, a nagy és növekvő népsűrűséggel, a gyors városiasodással, az éghajlatváltozás bizonytalanul becsülhető hatásaival, a nagy környezeti szennyezéssel, az élelmezés biztonságával, a gazdasági és társadalmi egyenlőtlenségekkel és az intézmények bajaival együttesen (Varis – Vakkilainen, 2001). És persze nem kerülhető meg a kérdés: mi Kína hatása a világra? És fordítva, hogy fest az „egyenlet”? Példaként a gabonakereskedelmet említjük, természetesen a vízzel összefüggésben.

Kína mezőgazdasága és a jövő

A felismerés nem régi (Allan, 1993), hogy a globális kereskedelem – elsősorban a mezőgazdaság területén – a termékekbe beépülve, óriási mennyiségű, virtuális vizet szállít a határokon keresztül. A hatás egyaránt lehet pozitív és negatív. Pozitív, ha az áruk vízből területről vízhiányosra történő exportjáról van szó és negatív a fordított esetben. Jelenleg a teljes virtuális vízkészlet évente a vízfogyasztás 40%-át teszi ki (lásd UN Water, 2009), ami évente nyolcszáz Balatonnak felel meg. A mezőgazdaság területén legnagyobb bruttó vízimportőr az India–Kína-térség (Chapagain – Hoekstra, 2004) 200 km³/évvel, miközben az export is nagy, 50 km³/év. Nyugat-Európára a régió belüli kereskedelem jellemző, aminek a mértéke 180 km³/év körüli, a negyven balatonnyi import pedig Dél-Amerikából és Észak-Afrikából származik. A legnagyobb exportőr az USA (200 km³/év).

A mezőgazdaság és az óriási népesség élelmezésbiztonsága Kínában nagymértékben a víztől függ. A gabonafogyasztás 380 millió tonna/év (Brown, 2006), az ország a természetképessége határán van, pedig Kína a világon a legnagyobb termelő (talán az USA mellett). Elemzések szerint 2030-ra évente további mintegy 200 millió tonna lesznek kénytelenek megtermelni vagy importálni (Brown, 2006), az ennek megfelelő virtuális víz mennyisége nagyságrendileg 200 km³/év.

Kína alapvetően két stratégiát folytathat. Először: a vízgazdálkodási és hidraulikai rendszerét gigantikus projektekkel folyamatosan fejlesztve kísérli meg az öntözési kapacitását növelni, saját termelését fokozni, és önfenntartónak maradni. Ennek következménye az egyébként is sokfelé súlyos vízhiány növekedése és a komoly környezeti hatások. A forgatókönyv együtt jár számos további, bonyolult hatással. A gazdaság fejlődésével a jövedelmek nőnek, a középosztály erősödik, a fogyasztás általában és az élelmiszer-fogyasztás különösen nő, fokozva a vízigényeket. A mezőgazdasági vízhasználat azonban nem túl gazdaságos, 1000 m³ víz hozama 1 tonna gabona (1. táblázat) vagy mintegy 200 USD, aminél – szabad kereskedelmet feltételezve – nagyságrendekkel több hozható ki az iparban (Wilson, 2002). Így az élelmiszerárak még inkább emelkednek, hacsak a vízhasználatot mesterségesen nem támogatják.

Másodszor: Kína feladja önfenntartó voltát, és importál, ha van honnan. A hatás ezúttal kettős: az ismeretlen exportáló országban nő a vízkivétel (ennek mértéke a meglévő készletektől függ, a felvázolt arányok alapján például az USA virtuális vízexportját duplázni kellene), Kínában pedig a gabona és víz importfüggősége fokozódik. A dilemma további dimenzióját jelenti az, hogy kérdéses, rendelkezésre áll-e majd egyáltalán annyi szabad gabona készlet a piacon, amennyire Kínának szüksége lesz, figyelembe véve a nemzetközi trendeket (átállás az extenzív gazdálkodásra – az USA-ban és Európában is). Persze a vízgazdálkodás (itt elsősorban az öntözés) hatékonyságán sokat lehet javítani (Postel, 1992), és a tudomány is sokat segíthet. Kérdés, hogy eleget-e. És meddig képes Kína ellátni saját magát? Mi történik utána Kínával és a földgolyóval? Még nehezebb spekulálni a válaszon, ha Indiát és a többi feltörekvő országot is bevonjuk a képbe.

Érzékeljük, hogy az élelmezési probléma kettős: a globális piacon korlátozottan rendelkezésre álló gabona (tágabb értelemben élelmiszer, olaj és egyéb erőforrások) és az egyre szűkösebben rendelkezésre álló víz, a népesedés, az éghajlatváltozás és a szennyezések miatt. A kettő erősödő kölcsönhatásban áll egymással: a víz a globalizáció szorításában és a Föld a víz szorításában. Vajon az emberiség meg tud birkózni a feladattal? Általánosabban,

mi lesz a következménye, ha Kína (India és a többi feltörekvő, nagy szaporodási rátájú ország) mondjuk huszonöt-harminc év múlva a nyugati világ mai színvonalán kíván/fog élni? Ha a jelenleg alacsony vízlábnyom értéke csupán megduplázódik? Milyen modell mentén halad majd? Ha van sikeres, fenntarthatóságot eredményező modell, ez alkalmazható-e a ma fejlődőnek nevezett világra?

Olajválság után vízválság?

Láttuk, hogy a víz rengeteg konfliktus okozója lehet. Ezek között új típusú krízisek csirái is megjelennek, amelyeket a víz virtuális kereskedelme tovább erősíthet. Sokak szerint az olajválságot ahhoz hasonló vízválság követi majd a 21. században. De helytálló-e a hasonlóság feltételezése? Nézzük ehhez a fő jellemvonásokat, mi a hasonló és mi az eltérő?

A kőolajtermelés (és -fogyasztás) 2009-ben 4400 milliárd barrel körül volt, aminek az értéke 2400 milliárd USD, óriási summa. A vízbiznisz nagyságát már bonyolultabb megbecsülni. Ha csak a fejlett világ meglévő városi szolgáltatásait tekintjük (kb. 1 milliárd fő), az évente 100 milliárd USD-t tesz ki. Ehhez adódnak a szolgáltatások a fejlődő világ városai, továbbá a vidéki népesség egésze részére, ami, ha nem létezik, beruházásokat igényel. További tétel az árvízvédelem, az itt gyakran emlegetett öntözés és vízenergia-termelés. Így a nagyságrend biztosan több ezer milliárd USD. Somlyódy László és Olli Varis (2006) szerint az elfogadható vízminőség elérése 2000 milliárd USD beruházást igényelne (főként a fejlődő világban), a teljes vízgazdálkodás pedig ennek háromszorosát. Tehát a két „szektor” nagysága gyakorlatilag azonos.

Az olajnak van világpiacon ára, ám a víznél ez egyelőre nem merül fel. Kivételt jelentenek a tengerközeli édesvíz zegény területek, ahol a sótalanítás iránti növekvő igény az ivóvíz-előállítás költségei alapján versenyt alakított ki. A fajlagos készletek csökkenésével és a virtuális vízkereskedelem fokozódásával mindenesetre elképzelhető, hogy a termékek árképzésében megjelenik egy egységesített, szabályozást szolgáló tényező.

Az olaj véges, helyhez kötött, nem megújuló erőforrás (Quinn, 2009). A tengervíz készlet – nagysága miatt – gyakorlatilag korlátlan mennyiségben rendelkezésre áll. Az édesvíz állandóan mozgásban van. Mennyisége – ahogyan láttuk – korlátozott és megújuló. Nagy különbség, hogy az olaj szállítása gazdaságos, a vízé pedig nem az. Az olajat elfogyasztjuk (hővé alakítjuk), ez a vízhasználatoknak csupán egy hányadára igaz (öntözés révén). Az energiatermelés szempontjából az olaj számos alternatíva révén helyettesíthető, a víz az élet sok területén semmivel nem váltható ki. Talán ez a legnagyobb különbség, és ez teszi a vizet a legfontosabb erőforrássá. Hosszú távon elkerülhetetlen az olaj lecserélése megújuló energiaforrásra. A víz lokálisan lehet ugyan korlátozottan rendelkezésre álló, de globálisan nem az, hiszen – ahogyan arra már utaltunk rá – óriási tengervíz készlet áll rendelkezésre. Így pusztán a sótalanítás gazdaságossága a kérdés (a fejlesztések és az alkalmazások ígéretesei, lásd később).

Összefoglalóan: az olaj és a víz mint erőforrás tulajdonságai inkább eltérőek, mint hasonlóak. Ezért ha lenne vízválság, amit nem kívánunk, azt a korábban említettek alapján inkább eszkalálódó regionális konfliktusok és azok esetleges összefűződése jellemezheti.

Merre haladjunk?

Ahogy érzékeljük, a vízzel összefüggő problémák ma sokkal összetettebbek, mint egy-két évtizede voltak. A UN Water (2009) szerint jellemzőjük, hogy a kiváltó okok gyakran (egyre inkább) kívül esnek a hagyományos vízgazdálkodáson – politikaiak, gazdaságiak, társadalmiak, döntéshozásiak, intézményiek stb. –, és ennek megfelelően a megoldást is részben „a külső szférában” kell keresnünk. A régi receptek már nem működnek, újakat kell kitalálni (Gleick, 2009/2010). Először: a készletek és az igények kapcsolatát szükséges újragondolnunk a termékek és szolgáltatások biztosítása szempontjából. Az igény oldalon rendkívüliek a spórolási lehetőségek. Először is a mezőgazdaságban a mikro- és az ökológiai öntözésre, az iparban a tiszta technológiákra, a zárt víz- és anya

gforgalmakra, a többszöri vízfelhasználásra, az újrahasonosításra stb. utalni (Somlyódy, 2003), amelyek célszerűen párosítandók hatékony jogi és gazdasági szabályozókkal. Példák sokasága ismert (Postel, 1992), amelyek 50–90%-os vízfogyasztás-csökkenést eredményeztek, miközben a korszerűsítések egy-két éven belül megtörténtek. Hasonló a tendencia a háztartások területén, ahol a sárga, fekete és szürke²¹ szennyvizek szétválasztása és külön kezelése²² vezethet komoly víztakarékossághoz és a hasznos tápanyagok (P és N) kinyeréséhez is (Somlyódy, 2003). Ehhez kapcsolódhat például a tetőről lefolyó csapadékvíz összegyűjtése (rainwater harvesting) és felhasználása locsolásra vagy a WC öblítésére.

Másodszor: az elmondottak előnyösen befolyásolják a készletoldalt is. Nagytérségi, zárt körforgások alakítható ki: például a tisztított városi szennyvizet a mezőgazdaságban, majd ezt követően a maradékot az iparban hasznosíthatják, miközben csak olyan mértékben tisztítják, amelyet a következő igény kielégítése szükségessé tesz (ez a kaszkád elv). Másik példa a különböző eredetű vizek elegyítése révén a hasznosítható készlet növelése. Ilyen a tisztított szennyvíz felszín alatti befogadóba történő szivároztatása. Említést érdemel a Szingapúrban alkalmazott eljárás. Itt négy „csapból” származó vizet: a Malajziából jövő kezelt vizet, a lefolyásból eredő természetes vizet, az ultratisztaságú szennyvizet és a sóatlanított tengervizet²³ „érlelik” tározókban, majd osztják szét a hálózatba. A tiszta víz és szennyvíz fogalma szinte ismeretlen, ezek helyett – az óvodás kortól induló oktatási programokra alapozva – a használt víz az elfogadott norma. A szingapúri stratégiát két elv vezérli: a vízzel való fenntartható gazdálkodás megvalósítása kivételesen szűkös körülmények között²⁴ (a ciklusok zárása révén) és a malájoktól történő vízfüggőség csökkentése.

Könnyen belátható, hogy az újrafelhasználás és a körforgások zárása a kulcsa a jövő vízkészlet-gazdálkodásának: ebben az esetben ugyanis csupán a termékekbe beépülő vízmennyiséget és a veszteségeket kell pótolnunk. Erre a technológiai megoldások – noha költségesek – a fejlett világban túlnyomóan rendelkezésre állnak. A kérdés tehát a fejlődő és a feltörekvő világ: a helyi viszonyoknak megfelelően a zárt körforgások hogyan valósíthatók meg elviselhető áron?

Harmadszor: a készleteket az azokhoz legjobban illeszkedő igények kielégítésére célszerű használni. Ennek jegyében okos gondolat az alkalmazkodó mezőgazdaság, adott esetben a migráció vagy éppen a sósvízalapú táplálkozás elősegítése (például tengeri haltenyésztés) és tágabb értelemben a tengervíz-gazdálkodás. Negyedszer: a globalizációval növekvő virtuális vízkereskedés szabályozása igényel növekvő figyelmet (akár a szaúd-arábiai példát követve). Ötödször: vizeinket jobban kell védeni a szennyeződésektől. A 21. században „elvetemült” ötlet ivóvízzel működtetni toalettjeinket, locsolni kertjeinket vagy a golfpályákat. A vízminőség iránti nagyobb figyelem nemcsak az élővilágot óvja meg, hanem a hasznosítható készletet is növeli. Hatodszor: az – itt alig érintett – éghajlatváltozást szem előtt tartva vizeinkkel a jövő klímájának megfelelően kell gazdálkodnunk. És végezetül: minden terv az intézményi rendszeren keresztül valósul meg. Ha valamilyen problémát nem tudunk megoldani, az végső soron mindig a „kormányzás” hibája vagy csődje, amit gyakran tapasztalunk. Nem véletlen, hogy az irodalom sokszor az intézményi „szennyezést” tartja a legfőbb gondnak. Minden szinten kulcskérdés az intézményi reform.

Mit hoz a jövő? Növekvő számú és kiterjedésű konfliktusokat? Háborúkat? Nem tudjuk. Az azonban biztos, hogy a népesség növekedésével, az éghajlatváltozással, a globalizáció számos következményével, a sokasodó szennyezési bajokkal egyre közelebb sodródunk a fejlődés korlátaihoz. Új gondolkodásmódra van szükség. Az édesvíz korlátos, semmivel sem helyettesíthető, értékes erőforrás. Használatát a fenntarthatóság, a megfontoltság és az átgondolt tervezés kell hogy jellemezze. Késésben vagyunk.

Hálásan köszönöm Gayer József, Mészáros Ernő, Nováky Béla és Simonffy Zoltán gondolatébresztő észrevételeit, amelyek nagyban segítettek munkámat a kézirat véglegesítésében és új kérdések felvetésében.

Kulcsszavak: megújuló vízkészletek, vízigények, vízhiány, stressz, népesedés, éghajlatváltozás, szennyezések, globalizáció, vízlábnyom, virtuális víz, Kína, fenntarthatóság

IRODALOM

- Allan, Tony [J. Anthony] (1993): Fortunately There Are Substitutes for Water Otherwise Our Hydro-Political Futures Would Be Impossible. In: Priorities for Water Resources Allocation and Management. ODA, London • WEBCÍM >
- Bosshard, Peter (2009/2010): China Dams the World. World Policy Journal. Winter 2009/10, 26, 43–51. • WEBCÍM >
- Brown, Lester R. (2006): PLAN B 2.0 Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization in Trouble. Earth Policy Institute. W.W. Norton & Company, New York
- Chapagain, Ashok K. – Hoekstra, Arjen Y. (2004): Water Footprints of Nations. Vol. 1. Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE, Paris • WEBCÍM >
- Gleick, Peter H. (2008): Water Conflict Chronology. Pacific Institute, • WEBCÍM >
- Gleick, Peter H. (2009/2010): Facing Down the Hydro-Crisis. World Policy Journal Winter 2009/10, 26, 17–23. • WEBCÍM >
- Glied Viktor (2008): Vízkonfliktusok – küzdelem egy pohár vízért. Publikon Tud. Portál és Kiadó, Pécs
- Havasi Eszter (2010): A vízhiány szerepe a nemzetközi konfliktusokban. Biztonságpolitikai Szemle. Háttéranyagok. Corvinus Külügyi és Kulturális Egyesület • WEBCÍM >
- Kulshreshtha, Suren N. (1993): World Water Resources and Regional Vulnerability: Impact of Future Changes. RR-93-10, IIASA, Laxenburg • WEBCÍM >
- McKinney, Michael L. – Schoch, Robert M. (1996): Environmental Science, Systems and Solutions. West Publishing Company, New York
- Merill Lynch (2007): Water Scarcity: A Bigger Problem Than Assumed. (kézirat). Extract • WEBCÍM >
- Nováky Béla (2005): A víz és a mezőgazdaság. In: Szabó Lajos et al. (szerk.): A mezőgazdaság földrajza. Szaktudás, Budapest
- Papp Sándor – Kümmel, Rolf (1992): Környezeti kémia. Tankönyvkiadó. Budapest
- Population data: The World Factbook. • WEBCÍM >
- Postel, Sandra (1992): Last Oasis. Facing Water Scarcity. The Worldwatch Environmental Alert Series. W. W. Norton & Company, New York
- Quinn, James (2009): Fresh Water Crisis. • WEBCÍM >
- Somlyódy László (2003): Az értől az óceánig – a víz: a jövő kihívása, Mindentudás Egyeteme 1, Kossuth Kiadó, Budapest
- Somlyódy László (2008): Töprengések a vízről: lépéskényszerben. Magyar Tudomány. 4, 462–473. • WEBCÍM >
- Somlyódy László – Varis, Olli (2006): Freshwater under Pressure. International Review for Environmental Strategies. 6, 2,
- Sullivan, Paul (2009/2010): Hidden Water: Crouching Conflict. World Policy J. Winter 2009/10, 26, 4,
- UNEP (Diop, Salif – M’mayi, P. – Lisbjerg, D. – Johnstone, R.) (2000): Vital Water Graphics. An Overview of the State of the World’s Fresh and Marine Waters. Nairobi • WEBCÍM >
- UN Water (2009): Water in a Changing World. The United Nation’s World Water Development Report 3, UNESCO Publishing, Earthscan, Paris • WEBCÍM >
- Varis, Olli – Vakkilainen, Pertti (2001): China’s 8 Challenges to Water Resources Management in the First Quarter of the 21st Century. Geomorphology. 41, 93–104. DOI: 10.1016/S0169-555X(01)00107-6
- Wilson, Edward O. (2002): The Bottleneck. Scientific American. February, 82–91. • WEBCÍM >

Water Availability Data: FACTS & STATISTICS. • WEBCÍM >

WHO (Gordon, Bruce – Mackay, R. – Rehfuss, E.) (2004): Inheriting the World: The Atlas of Children's Health and the Environment. WHO, Geneva • WEBCÍM >

WPJ (2009/2010): Water Wars? A Talk with Ismail Serageldin. World Policy Journal. Winter 2009/10, 26, • WEBCÍM >

URL1

URL2

URL3

LÁBJEGYZETEK

1 A felszín alatti lefolyás a felszínnek mintegy 5%-a (UN Water, 2009). <

2 A legújabb becslések szerint 38 600 km³/év és 42 600 km³/év között van (UN Water, 2009). <

3 A vízkivétel ENSZ által becsült legfrissebb értéke 3840 km³/év (UN Water, 2009). Megjegyezzük, hogy a többszöri felhasználás miatt valamely vízkivétellel annál nagyobb igény elégíthető ki. <

4 Egy átlagos gépkocsi egyenértéke kb. 200 000 l víz. <

5 A víz természetesen nem vész el: részben beépül a termékekbe, részben pedig szenny- vagy használtvíz lesz belőle. <

6 A felszín alatti összegyülekezésű rész időben kiegyenlítettebb járású, használata tározást nem igényel, „csak” víztermelő kutak létesítését. <

7 Ennek analógiájára Ashok K. Chapagain és Arjen Hoekstra (2004) a Q**/I* vízhiány-indexszel jellemzi a készletek szűkösségét (az 1 feletti érték vízbőségre utal), és további két paramétert használ valamely ország vízimportjának függőségére, illetve vízönfenntartó képességére. <

8 A hangsúly a nagyságrenden (és persze a trenden) van. Lehet, hogy a feltevésektől függően a globális kihasználtság csak 30–40%, de ez is roppant magas érték. <

9 A népességnövekedés hozzájárulása a további vízhiány kialakulásához 70–80%, míg az éghajlatváltozásé 20–30%. <

10 Ezt a (6) reláció kapcsán közöltek miatt tekintik kritikusként. <

11 Már ma is mintegy 800 millió ember él olyan országokban, ahol az átlagos vízkivétel 250 m³/fő/év alatti szűkösségi érték (UN Water, 2009). <

12 Lester R. Brown (2003) szerint a probléma már ma is kedvezőtlenebb, és a népesség felét sújtja: Kína, India, az USA és tizenkét további vízben szegény ország termeli ki túlzott mértékben felszín alatti vizeit. Nováky Béla (2005) szerint a pakisztáni Punjab tartományban a víz kitermelése 27%-kal, Bangladesben helyenként 50%-kal haladja meg a természetes pótlás mértékét. Az USA-ban, Kaliforniában az évi vízkivétel 1,6 km³-rel több, mint a természetes utánpótlódás. <

13 Valamely ország vízkészlete a belső és a külső eredetű víz összege. Ha a csapadékból származó belső felszíni és felszín alatti hozzáfolyás a párolgásnál kisebb, a belső készlet negatív, és az ország vízgazdálkodása kizárólag a külföldről érkező vizek mennyiségétől függ. Ilyen ország például: Kuvait, Egyiptom, Irak (URL2). <

14 A WHO (2004) szerint Ázsiában, Dél-Amerikában és a Szub-Saharai Afrikában a szennyvizek 65, 86, illetve 100%-a marad tisztítás nélkül. Itt helyesebb a fekáliaelhelyezés szóhasználat, miután a fejlődő világban viszonylag kevés helyen használnak öblítéssel WC-t. <

15 Gazdasági vízhiány. <

16 A Kína gabonatermésének közel felét adó észak-kínai síkság nagy részén, India nyugati partján, Mehana államban a víztartó rétegek lényegében kimerültek, emiatt a sós tengervíz betört az édesvizet tároló rétegekbe. A sós víz hatása szinte visszafordíthatatlan (Nováky, 2005). <

17 Ez a jelenlegi globális kiépítettség 20%-a. <

18 Kína legbővizűbb folyói a Tibeti-fennsíkról erednek. Vízellátás szempontjából az ország számára nem mindegy, hogy Tibet hová tartozik: máris komoly politikai és stratégiai kérdést érintettünk. <

19 Az 1990-es évek végén a kínaiak fele élt olyan területen, ahol a népsűrűség 750 fő/km² volt. A megfelelő érték Hollandiára 450 fő/km². <

20 A fajlagos fogyasztás (jelenleg 450 kg/fő/év, a fele, mint az USA-ban) és a népesség egyaránt nő. <

21 A Merill Lynch (2008) elemzése szerint 2005 és 2015 között a 300–600 USD jövedelemkategóriába eső népesség gyarapodása a legnagyobb a Földön, számuk közel duplázódik. <

21 Vizelet, fekália és a háztartásban keletkező többi, híg szennyvíz. <

22 Ez persze együtt jár a kettős vízvezetékrendszer alkalmazásával. <

23 Ez önmagában is hatékony készletnövelő, hacsak nem kell messzire szállítani a vizet. Az előállítási költségek a membrántechnológia robbanásszerű fejlődése következtében az elmúlt évtizedben nagyságrendet csökkentek. A világon ma már mintegy 100 millió ember nyer ily módon a hagyományossal versenyképes szolgáltatást. Sokak szerint a membrántechnológia lesz a kulcs a különböző léptékű zárt víz- és anyagforgalmak megvalósításához (Somlyódy, 2008). <

24 Lásd a 2. táblázatot. <

Élelmiszer (kg) Vízigény (l/kg)

rizs

3000

búza

1500

kukorica

1000

szója

1800

paradicsom

100

marhahús

16000

csirke

4000

hal, tenyésztett

2000

tej

200

kávét, 1 csésze

150

tea, 1 csésze

40

1. táblázat • Táplálkozási javak előállításának vízigénye
(átlagértékek, Chapagain – Hoekstra, 2004; UN Water, 2009) <

	Népesség, 2010 (millió fő)	Népesség, 2035 (millió fő)	Készlet, 2010 (m ³ /fő/év)	Készlet, 2035 (m ³ /fő/év)
v)				
Kuvait				
	3,1	4,5	10	7
EAE				
	4,7	7,0	58	39
Líbia				
	6,6	8,9	113	84
Szaúd-Arábia				
	26,3	36,7	118	85
Szingapúr				
	4,8	5,5	149	130
Jordánia				
	6,5	9,1	179	126
Jemen				
	24,3	43,1	223	125
Izrael				

7,3	9,1	276	221
Algéria			
35,4	46,3	478	366
Tunézia			
10,4	12,4	482	404
Egyiptom			
87,5	116,5	859	645
Marokkó			
43,2	65,2	971	643
Kenya			
40,9	68,94	985	584
India			
1214,5	1527,9	1880	1494
Kína			
1354,1	1462,4	2260	1545

2. táblázat • Néhány ország népessége és fajlagos megújuló vízkészlete
(2010 és 2035, átlagos forgatókönyv, URL1, URL2) <