

## A körforgásos vízgazdálkodás általános kérdései

**KÖRFORGÁSOS GAZDASÁG  
ELEMZŐ KÖZPONT**



ENERGIAÜGYI MINISZTERIUM

**MATE**

MAGYAR AGRÁR- ÉS  
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

MATE Press  
Gödöllő, 2023



# A körforgásos vízgazdálkodás általános kérdései

Körforgásos gazdaság

Sorozatszerkesztő:

Prof. Dr. Boros Anita

Vértesy László

A körforgásos vízgazdálkodás  
általános kérdései

Műhelytanulmány

MATE Press  
Gödöllő, 2023

Szerző:

Dr. habil. Vértesy László, 2023

Lektorálta: Bognár Kitti Annamária

© Vértesy László, 2023

A műre a Creative commons 4.0 standard licenc  
alábbi típusa vonatkozik: [CC-BY-NC-ND](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



ISBN 978-963-623-062-3 [PDF]

DOI: <https://doi.org/10.54597/mate.0100>

A kiadvány az ÉZFF / 212 / 2022 Zöldinnovációs és Energiahatékonysági  
Expo és Zöld Fesztivál / Zöld Egyetemi Napok Projekt  
keretén belül valósult meg.

Kiadja a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
Kiadó székhelye: H-2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.  
Felelős kiadó: Prof. Dr. Gyuricza Csaba, rektor

Közreadja a Körforgásos Gazdaság Elemző Központ  
Magyar Agrár- És Élettudományi Egyetem  
H-2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

KÖRFORGÁSOS GAZDASÁG ELEMZŐ KÖZPONT



ENERGIAÜGYI MINISZTERIUM



MAGYAR AGRÁR- ÉS  
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

## Tartalomjegyzék

<b>Előszó</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Bevezetés</b> .....	<b>9</b>
<b>2. A körforgásos vízgazdálkodás lényege</b> .....	<b>19</b>
<b>3. Úton a körkörösség felé</b> .....	<b>25</b>
3.1. Reduce: Csökkentés .....	28
3.2. Reuse: Újrafelhasználás .....	28
3.3. Recycle: Újrahasznosítás .....	30
3.4. Recover: Visszanyerés .....	35
3.5. Restore: Helyreállítás .....	35
<b>Forrásjegyzék</b> .....	<b>40</b>





## Előszó

Tisztelt Olvasó!

A Körforgásos Gazdaság című műhelytanulmány sorozat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemen működő Körforgásos Gazdaság Elemző Központ keretében végzett kutatások publikációs fóruma. A Központ egyik fontos célja a körforgásos gazdasági kutatások nemzetközi és hazai eredményeinek nyomon követése, a körforgásos gazdasági modellre való átállás nemzet- és makrogazdasági elemzése, az egyes szakterületeken megjelenő, hatékonyabb, fenntarthatóbb, klímasemleges megoldások feltérképezése és elemzése. Tevékenysége széleskörű: önálló projekteket koordinál, elemzési, kutatási szolgáltatásokat végez, nyilvántartja az Egyetemen folyó a körforgásos gazdasághoz kapcsolódó kutatási és oktatási tevékenységeket és azok eredményeit, továbbá a social media felületein keresztül biztosítani a legújabb ismeretek naprakész megosztását.

Weboldalunkon tovább tájékozódhat: <https://korforgas.uni-mate.hu/>

Prof. Dr. Boros Anita  
központvezető,  
sorozatszerkesztő



## 1. Bevezetés

Víz nélkül nincs élet. Nem véletlen, hogy már az ókori civilizációk is kiemelten kezelték a vízgazdálkodást, hiszen ettől függött a termés, a megélhetés. A Nílus nélkül Egyiptom nem lett volna nagy, mint ahogy a Tigris és Eufrátesz vidékén a mezopotámiai kultúra sem. Számos szerző a modern közigazgatás egyik korai megjelenéseként értékeli a folyószabályozást és az öntözéses gazdálkodást, amelyet mint társadalmi kérdést kezeltek.<sup>1</sup> Európában máig is csodálattal nézzük a Római Birodalom fennmaradt vízgazdálkodási műtárgyait<sup>2</sup> és a kiváló tudományos munkákat.<sup>3</sup>

A víz a környezeti, mezőgazdasági és városi rendszereken keresztül áramlik, különböző felhasználási módokon keresztül. A vízhiány a megfelelő minőségű víz hiányából fakad, amely nem elégséges a vízellátáshoz, a háztartási és ipari felhasználás, a növénytermesztés és a vízi ökoszisztémák fenntartásához. A vízminőséget a következők befolyásolják az antropogén tevékenységek, amelyek vegyi anyagokkal, fémekkel, kórokozókkal és műanyagokkal való szennyeződést eredményeznek, tápanyagok és a sótartalom. A múltban világszerte számos vízkezelő létesítményt vezettek be. évtizedek óta számos helyen javították a vízminőséget. Sok területen azonban nem kielégítő a szennyvízminőség, tisztítás továbbra is olyan gyakori szennyezőanyagokat bocsát ki, mint a szerves hulladék és a tápanyagok, ezáltal szennyezve a vizet, folyókat, tavakat és tengerparti területeket. Ezenkívül világszerte kihívást jelentenek az újonnan megjelenő szennyező anyagok, beleértve a fogyasztási cikkekben, az agráriumban és az iparban használt vegyi anyagokat, valamint a kórokozókat és a műanyagokat, nanorészecskék. Globális lineáris erőforrás-megközelítésünk eredményeként a víz újrafelhasználásra alkalmatlan, szennyezett. A vízhiányt tovább súlyosbítja az éghajlatváltozás és a túlzott kitermelés, ami sófelhalmozódást és vízhiányt okoz. behatolást okoz.

---

<sup>1</sup> Lőrincz Lajos (2010): A közigazgatás alapintézményei. HVG-Orac, 24.

<sup>2</sup> 500 éven keresztül (i.e. 312-től i.sz. 226-ig) 11 római vízvezeték épült, hogy biztosítsa Róma vízellátását 92 km-ről. A vízvezeték rendszer teljes hossza 415 km, bár csak 48 km épült kő boltívekkel, a többi földalatti alagút. <https://latvanyosságok.hu/a-10-legszebb-okori-vizvezetek/>

<sup>3</sup> Ilyen például egy 1. sz.-ban élt curator aquarum írása. Frontinus, Sextus Julius: De aqueductu urbis Romae, magyarul: Róma város vízvezetékei, Budapest, 2022

## Az éghajlatváltozás vízkészletekre gyakorolt hatásai

Az éghajlati események	A vízellátást, a csatornázást, a vízvezetést és az árvizeket érintő lehetséges következmények	Növekedés csökkenés
<b>Hőmérséklet-növekedés</b>	Éves vízigény	Növekedés
	A szárazabb talajból eredő zavarosság vagy a növényzet pusztulása, kártevők, gyomok és a kórokozók fokozott elszaporodása által okozott vízminőségi hatások	Növekedés
	A rekreációs területek, sportolási területek és parkok/kertek öntözésének szükségessége	Növekedés
	Havazás, ami tavasszal a hóolvadásból táplált víztározókba való kevesebb beáramláshoz vezet	Csökkenés
	A szennyvíz minőségének változása és a csatornázási infrastruktúrára gyakorolt hatások, pl. korrózió és szagok.	Növekedés
<b>Több hóhullám</b>	A lakosság egészségét és biztonságát fenyegető veszélyek	Növekedés
	Áramkimaradások, amelyek hatással lehetnek a vízellátásra és a csatornázási szolgáltatásokra	Növekedés
	A vízigény, amely meghaladhatja a vízhálózat kapacitását	Növekedés
	A káros algavirágzás előfordulása	Növekedés
<b>Alacsonyabb átlagos csapadékmennyiség</b>	Patakok vízhozama és vízminősége természetes vízfolyásokban	Csökkenés
	A rendelkezésre álló víz mennyisége és minősége	Csökkenés
	Lehetséges feszültségek a fogyasztási és a környezeti célú vízellátás között	Növekedés
<b>Több aszály</b>	A felhasználható víz mennyisége és minősége	Csökkenés
	Szabadidős lehetőségek a vízben (pl. horgászat, úszás) és a szárazföldön (pl. sportpályák, magánkertek).	Csökkenés
	A víz-, csatornázási, vízvezetési és árvízvédelmi infrastruktúra károsodása a kiszáradt talaj miatt, amely elmozdul és megrepedezik, vagy a vízforrásokat kereső fák gyökerei miatt.	Növekedés
<b>Intenzívebb esőzések</b>	A víz minősége a rekreációs, kulturális, spirituális és környezetvédelmi célokra, ha a csatornarendszerek szivárognak.	Csökkenés
	A vízvezető infrastruktúra teljesítménye	Csökkenés
	A lefolyás minősége, különösen a hosszú száraz időszakokat követő csapadékeseményekből származó lefolyás minősége.	Csökkenés
	Hirtelen „villám”árvizek	Növekedés
	Viharkárok a vízügyi ágazat eszközeiben	Növekedés

Forrás: Brears, R. C. (2020). Developing the circular water economy. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32575-6>

A vízszennyezés hatással van a biológiai sokféleségre, megterheli az ökoszisztémák működését és az emberi egészséget, korlátozza a mezőgazdasági és ipari tevékenységeket, ami magas gazdasági költségekkel jár. Mivel a gazdasági és ökológiai működése világszerte egyre inkább veszélybe kerül, sürgősen szükség van a körkörös vízrendszeri megoldásokra. A WIMEK (Wageningen Institute for Environment and Climate Research) innovatív megközelítéseket dolgoz ki annak megértéséhez, hogyan lehet tiszta vízkörforgásokat létrehozni és fenntartani. biztosítva, hogy a tiszta víz megújuló módon álljon rendelkezésre minden felhasználási célra. Ezért a WIMEK összekapcsolja a víz és a vízgazdálkodás területeit. és irányítás, a környezet-technológia, a mikrobiológia, a vízminőség és a vízi közlekedés összekapcsolását. ökológia, hogy segítsen helyreállítani a tiszta vízkörforgást, valamint az ökológiai, emberi egészségügyi és gazdasági funkciókat világszerte.

A vízhiány egyre nagyobb veszélyt jelent. A Világbank becslése szerint 2050-re akár 216 millió ember is migrációra kényszerülhet, főként az aszály miatt, valamint más olyan tényezők miatt, mint például a vízhiány, a terméshozam csökkenése, a tengerszint emelkedése és a túlnépesedés.<sup>4</sup> 2050-re 4,8-5,7 milliárd ember fog olyan területeken élni, ahol minden évben legalább egy hónapig vízhiány lesz (a jelenlegi 3,6 milliárd helyett).<sup>5</sup> Az EU-ban és az Egyesült Királyságban az aszály okozta éves veszteségeket jelenleg 9 milliárd € körülire becsülik, és az előrejelzések szerint 65 milliárd €-t meghaladó összegre emelkedik, ha nem történik érdemi éghajlatvédelmi fellépés.<sup>6</sup>

Az ENSZ Egyezmény a sivatagosodás elleni küzdelemről (1994) keretében végzett 2022-es kutatás szerint az ipart fenyegető kockázatok értéke mintegy 300 milliárd \$. 1970-2019 között mintegy 650 000 ember halt meg ebből az okból kifolyólag. 1998 és 2017 között az aszályok világszerte mintegy 124

---

<sup>4</sup> World Bank (2021): Groundswell Part 2 : Acting on Internal Climate Migration. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/36248/Groundswell%20Part%20II.pdf?sequence=8&isAllowed=y>

<sup>5</sup> UN Water. (2021) Water Facts – Scarcity. <https://www.unwater.org/water-facts/scarcity/>

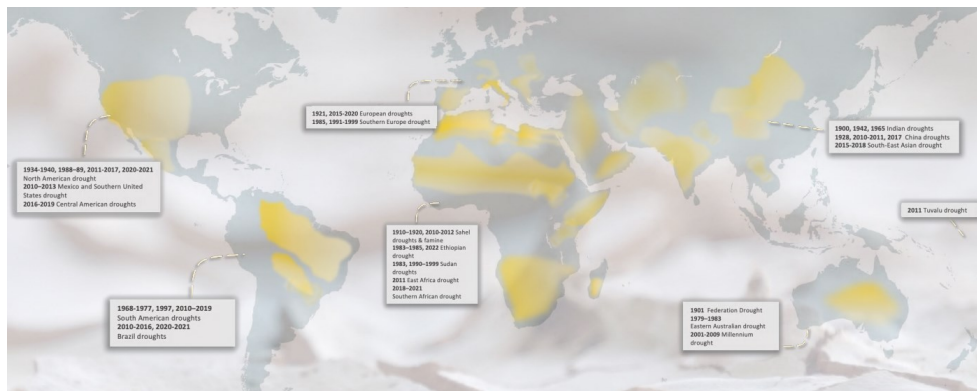
<sup>6</sup> Naumann, G. & Cammalleri, C. & Mentaschi, L. et al. (2021): Increased economic drought impacts in Europe with anthropogenic warming. Nat. Clim. Chang, 11, 485–491.

milliárd \$-os gazdasági veszteséget okoztak. 2022-ben több mint 2,3 milliárd embernek kellett valamilyen módon szembenéznie a vízhiánnyal, ez a teljes lakosság mintegy 28,9 %-a.<sup>7</sup>

### Aszály sújtotta országok 2020–2022 között



### Történelmi aszályok, jelenlegi tendenciák és elsvitagosodási gócpontok



Forrás: United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) (2022): Drought in Numbers 2022 - restoration for readiness and resilience - 11.

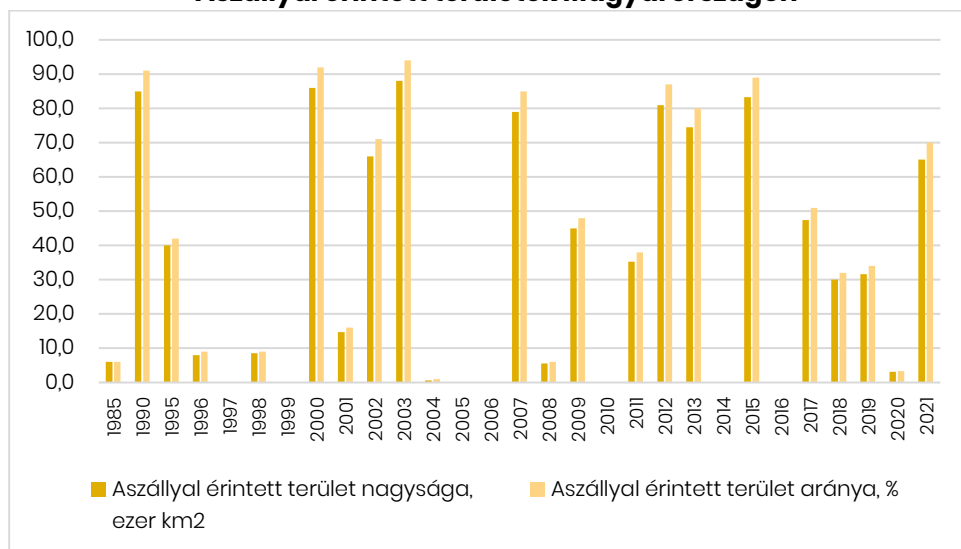
<sup>7</sup> United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) (2022): Drought in Numbers 2022 - restoration for readiness and resilience - 18

### Jelentősebb aszályok a 20–21. században

<b>Európa</b>	1921, 2015–2020 Európai aszályok 1985, 1991–1999 Dél-európai aszályok
<b>Észak-Amerika</b>	1934–1940, 1988–89, 2011–2017, 2020–2021 Észak-amerikai aszályok 2010–2013 Mexikó és a déli államok aszálya 2016–2019 Közép-amerikai aszályok
<b>Dél-Amerika</b>	1968–1977, 1997, 2010–2019 Dél-amerikai aszályok 2010–2016, 2020–2021 Brazília aszályok 2011 Tuvalu aszály
<b>Afrika</b>	1910–1920, 2010–2012 Száhel-övezet aszályok és éhínség 1983–1985, 2022 Etiópiai aszályok 1983, 1990–1999 Szudáni aszályok 2011 Kelet-afrikai aszály 2018–2021 Dél-afrikai aszályok
<b>Ázsia</b>	1900, 1942, 1965 Indiai aszályok 1928, 2010–2011, 2017 Kína aszályok 2015–2018 Délkelet-ázsiai aszály
<b>Ausztrália</b>	1901 Szövetség Aszály 1979–1983 Kelet-Ausztráliai aszály 2001–2009 Millenniumi aszály

Forrás: United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) (2022): Drought in Numbers 2022 - restoration for readiness and resilience - 11.

### Aszályal érintett területek Magyarországon



Forrás: KSH (2023): 15.1.1.39. Aszályal érintett területek

A World Bank adatai alapján világ szennyvize – amelynek 80 %-a megfelelő kezelés nélkül kerül a környezetbe – értékes erőforrás lehetne, amelyből tiszta víz, energia, tápanyagok és más erőforrások nyerhetők vissza.<sup>8</sup> Az ipari szennyvizek mindössze 8%-át kezelik valamilyen módon a környezetbe történő kibocsátást megelőzően.<sup>9</sup> Becslések szerint a vízművek jellemzően a regionális energiatermelés 0,5–6%-át fogyasztják, a városi vízgazdálkodás pedig a regionális üvegházhatásúgáz-kibocsátás 17%-át teszi ki.<sup>10</sup> A vízerőforrás-hasznosító létesítmények (water resource recovery facilities, WRRF) például az USA helyi önkormányzatainak teljes energiafogyasztásának 30–40%-át teszik ki.<sup>11</sup>

A körkörös gazdaság modellje a kevesebb, okosabb vízfelhasználásra ösztönöz. Három alapelv révén meghosszabbítja a természeti erőforrások életciklusát:

- a hulladék és a szennyezés tervezése;
- termékek és anyagok használatának átgondoltsága és
- a természeti erőforrások újrahasznosítása.

A társadalmak legnagyobb vízfogyasztói számára – ideértve az ipart, a mezőgazdaságot és a városokat is – a körforgásos módszer alkalmazása a vízgazdálkodásban nem csak fenntarthatóbb, de pénzügyi szempontból is ésszerűbb.

A vízkészletek az adott területen rendelkezésre álló édesvízre vonatkoznak, és magukban foglalják a felszíni vizeket (tavak, folyók és patakok) és a

---

<sup>8</sup> Rodriguez, Diego J.; Serrano, Hector Alexander; Delgado, Anna; Nolasco, Daniel; Saltiel, Gustavo. 2020. From Waste to Resource: Shifting Paradigms for Smarter Wastewater Interventions in Latin America and the Caribbean. World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/33436>

<sup>9</sup> Tariq, W., Saifullah, M., Anjum, T., Javed, M., Tayyab, N., & Shoukat, I. (2018). Removal of heavy metals from chemical industrial wastewater using agro based bio-sorbents. *Acta Chemica Malaysia*, 2(2), 9–14.

<sup>10</sup> Brears, R. C. (2017): The Green Economy and the Water-Energy-Food Nexus, London: Palgrave Macmillan. Urban Water Security. és WaCClim (2018): The Roadmap to a Low-Carbon Urban Water Utility, [http://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/12/2018\\_WaCClim\\_Roadmap\\_EN\\_SCREEN.pdf](http://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/12/2018_WaCClim_Roadmap_EN_SCREEN.pdf).

<sup>11</sup> World Economic Forum (2022): The US must rethink how it uses and reuses wastewater. <https://www.weforum.org/agenda/2022/04/wastewater-us-circular-rethink/>



felszín alatti vizeket. A megújuló vízkészleteket a belső vízhozam (ami a csapadék mínusz a tényleges párolgás) és a külső beáramlás összegeként számítják ki. Egy ország édesvízkészletét elsősorban az éghajlati viszonyok és a határokon átnyúló vízfolyások (más szóval a külső beáramlások) határozzák meg, míg az összmennyiséget illetően az ország mérete számít. Az egy lakosra jutó édesvízkészleteket a vízkészletek fenntarthatóságának mérésére szolgáló fontos mutatóknak tekintik. A hazai megújuló édesvízkészlet európai szinten átlagos, lehetőségeivel és problémáival együtt. Az alábbi táblázat ezt szemlélteti.

### Megújuló édesvízkészletek - hosszú távú éves átlag (millió m<sup>3</sup>)

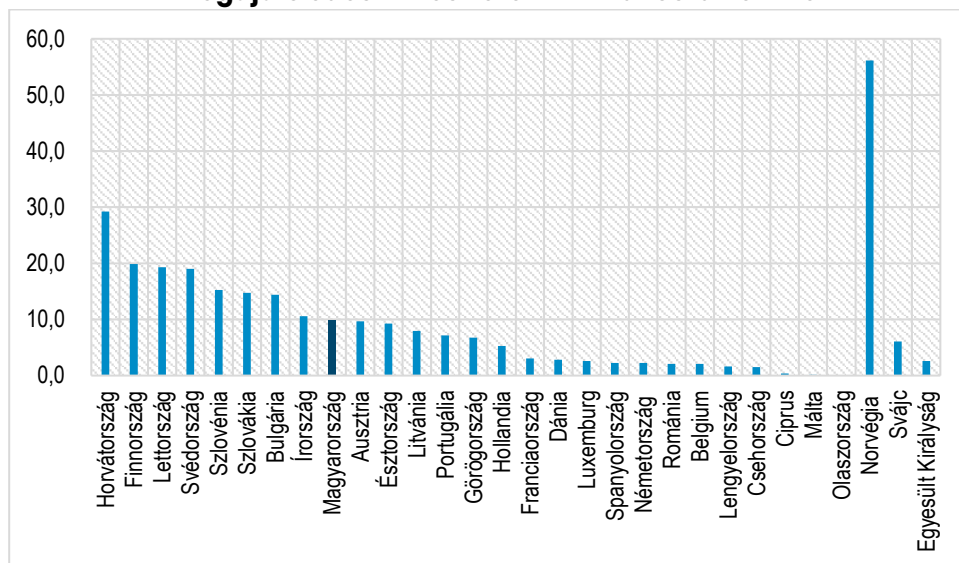
	A. Csapadék	B. Párolgás	C. Belső vízhozam	D. Külső vízhozam	E. Megújuló édesvíz-készletek - összesen	F. Megújuló édesvízkészletek 1000 lakosra vetítve
		C=A-B			E=C+D	
Belgium	25 337	15 428	10 048	13 772	23 820	2,1
Bulgária	72 930	57 141	15 789	84 064	99 853	14,4
Csehország	53 832	38 572	15 260	892	16 152	1,5
Dánia	38 485	22 145	16 340	0	16 340	2,8
Németország	307 000	190 000	117 000	71 000	188 000	2,3
Észtország	29 018	:	12 347	:	12 347	9,3
Írország	87 632	38 308	49 324	3 469	52 793	10,6
Görögország	115 000	55 000	60 000	12 000	72 000	6,7
Spanyolország	333 657	226 453	107 204	0	107 204	2,3
Franciaország	512 563	317 327	195 236	11 000	206 236	3,1
Horvátország	63 805	42 096	24 530	93 783	118 313	29,2
Olaszország	273 133	147 365	125 618	:	:	:
Ciprus	3 030	2 709	321	0	321	0,4
Lettország	43 220	23 573	19 647	16 992	36 639	19,3
Litvánia	44 886	31 584	13 854	8 413	22 267	8,0
Luxemburg	2 030	1 125	905	739	1 644	2,6
<b>Magyarország</b>	56 172	50 592	5 580	91 500	97 080	10,0
Málta	177	93	85	0	85	0,2
Hollandia	31 618	21 293	10 325	81 500	91 825	5,3
Ausztria	99 800	43 100	56 700	29 300	86 000	9,6
Lengyelország	195 656	142 772	52 884	7 669	60 553	1,6
Portugália	82 164	43 571	38 593	35 000	73 593	7,1
Románia	156 996	117 391	39 606	314	39 920	2,1

Szlovénia	31 746	13 150	18 596	13 496	32 092	15,3
Szlovákia	37 352	24 278	13 074	67 252	80 326	14,7
Finnország	222 000	115 000	107 000	3 200	110 000	19,9
Svédország	350 466	169 381	181 684	15 011	196 695	19,0
Norvégia	374 833	82 402	292 430	9 467	301 897	56,1
Svájc	61 207	21 382	39 825	12 560	52 385	6,1
Egyesült Királyság	287 607	127 290	161 369	6 454	172 861	2,6

Forrás: Eurostat (2023): Water statistics. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics)

Lakosság szerinti bontásban a legtöbb ország vízkészlete lakosonként 1000 és 20.000 m<sup>3</sup> között mozog, de a vízben gazdag országokban az egy lakosra jutó rész akár 29 200 m<sup>3</sup> (Horvátország) vagy 56 100 m<sup>3</sup> (Norvégia) körül is lehet. Az Egyesült Nemzetek Szervezetének vízügyi világjelentése szerint egy ország "vízhiányos", ha éves vízkészletei nem érik el az egy lakosra jutó 1 700 m<sup>3</sup>-t. Az EU tagállamai közül ez a helyzet Lengyelországban, Csehországban, Cipruson és Máltán (ahol a legalacsonyabb, 164 m<sup>3</sup>/lakos vízkészletet regisztrálták).

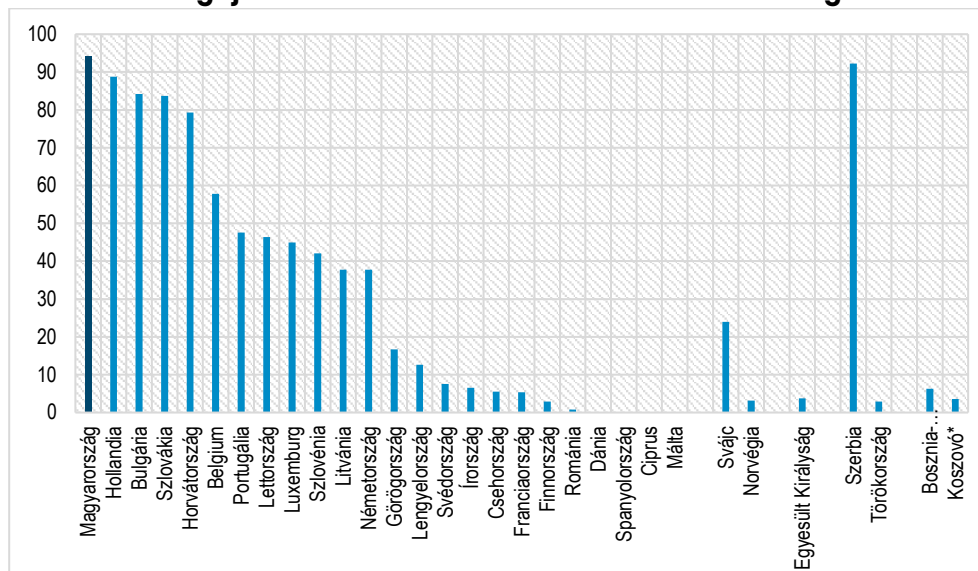
### Megújuló édesvízkészletek 1000 lakosra vetítve



Forrás: saját szerkesztés az Eurostat (2023): Water statistics alapján. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics)

Számos ország megújuló édesvízkészleteinek jelentős részét külső beáramlásként kapja. Az EU tagállamai közül Magyarország és Hollandia függ a legnagyobb mértékben a határokon átnyúló vízkészletektől, mivel a külső beáramlás hosszú távú átlaga a teljes megújuló édesvízkészletük 94,3 %-át, illetve 88,8 %-át tette ki; Szerbiában az arány szintén nagyon magas, 92,3 % volt. Abszolút értékben (más szóval a beérkező vízmennyiséget tekintve) a legmagasabb értékeket a Duna-medence országaiban regisztrálták: Horvátország (93 783 millió m<sup>3</sup>), Magyarország (91.500 millió m<sup>3</sup>) és Bulgária (84.064 millió m<sup>3</sup>) rendelkezett a legnagyobb külső beáramlással az EU tagállamai közül, bár Szerbia még ennél is nagyobb mennyiséget (158.135 millió m<sup>3</sup>) regisztrált. A skála másik végén néhány országnak nincs vagy csak elhanyagolható mértékű a külső vízbeáramlása: Málta és Ciprus szigete, valamint Spanyolország és Dánia.

### A szomszédos területekről származó külső beáramlás részaránya a megújuló édesvízkészletekben - hosszú távú átlag



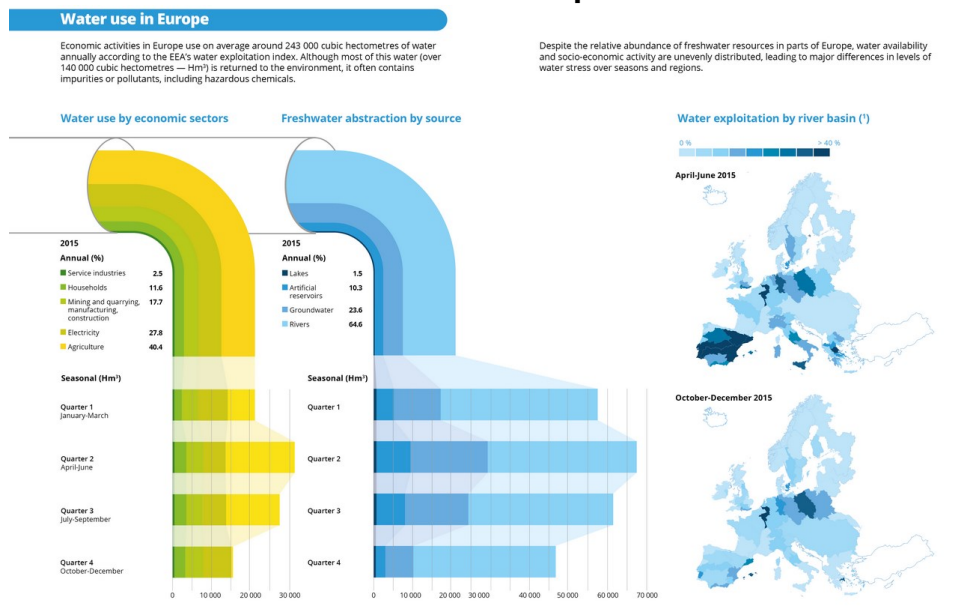
Forrás: Eurostat (2023): Water statistics. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics)

Minden gazdasági ágazat használ vizet - bár különböző módon és mennyiségben. Az European Environment Agency (EEA) vízkivhasználtsági indexe szerint az európai gazdasági tevékenységek évente átlagosan mintegy 243 000 köbméter vizet használnak fel. Bár ennek a víznek a nagy

része (több mint 140 000 köbméter) visszajut a környezetbe, gyakran tartalmaz szennyeződésekkel vagy szennyező anyagokkal, köztük veszélyes vegyi anyagokat.

A legnagyobb vízfelhasználás a mezőgazdaságban történik: az Európában évente felhasznált vízmennyiség mintegy 40 %-át a mezőgazdaság használja fel. Meglepő módon az energiatermelés is sok vizet használ, az éves vízfelhasználás mintegy 28%-át teszi ki. A vizet túlnyomórészt az atomerőművek és a fosszilis tüzelőanyag-alapú erőművek hűtésére használják. Emellett vízenergia előállítására is használják. A bányászat és a feldolgozóipar 18 %-ot tesz ki, ezt követi a háztartási felhasználás, amely mintegy 12 %-ot tesz ki. Európában a háztartásokban naponta átlagosan 144 liter vizet használnak fel fejenként.

## Vízhasználat Európában



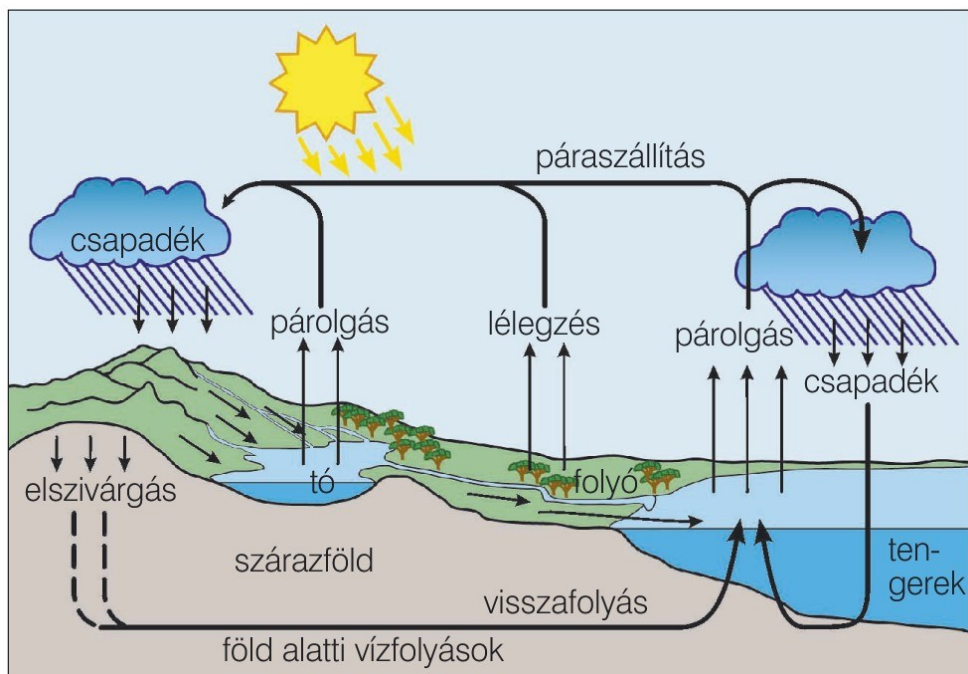
Forrás: European Environment Agency (2021): Water use in Europe – Quantity and quality face big challenges (<https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2018-content-list/articles/water-use-in-europe-2014>)

A legnagyobb vízfelhasználású ágazat régióként eltérő. Dél-Európában a mezőgazdaság a legnagyobb vízfelhasználó, míg Nyugat- és Kelet-Európában az energiatermelés hűtése gyakorolja a legnagyobb nyomást a vízkészletekre. Észak-Európában a feldolgozóipar a legnagyobb felhasználó.

## 2. A körforgásos vízgazdálkodás lényege

Napjainkban sűrűn említjük, de Magyarországon több évszázados hagyománya van, ugyanis a hazai szakemberek korán észrevették, hogy a vízrendezés különösen az alföldeken a lakosság és az állatok életkörülményei megteremtésének elengedhetetlen feltétele. Vedres István és Beszédes József foglalkoztak először tudományos alapossággal a kérdéssel még a 19. század első felében. A vízrendezést már a víz körforgásába való – elsősorban a mezőgazdaság érdekében álló – tevékeny beavatkozásnak tekintették.<sup>12</sup>

### A vízháztartás elemei



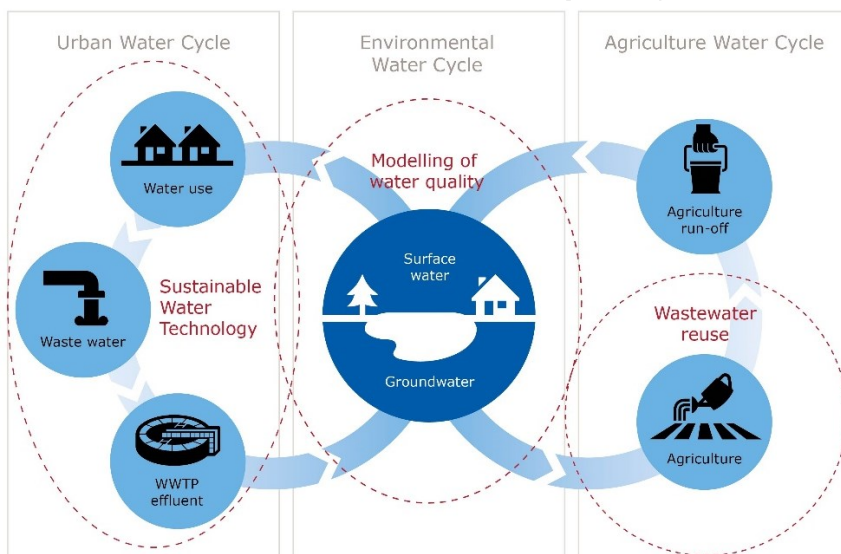
Forrás: Szakképzési tudásbázis (2023) Környezetvédelem és vízgazdálkodás. Vízgazdálkodási alapismeretek. (<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/kornyeztvedelem-es-vizgazdalkodas/vizgazdalkodasi-alapismeretek/a-beszivargas-es-a-lefolyas-merese/a-vizhaztartas-elemei>)

<sup>12</sup> Kollega Tarsoly István (ed.) (1996–2000): Magyarország a XX. században. IV. KÖTET Tudomány 1. Műszaki és természettudományok. Vízrendezés, vízszabályozás. Babits Kiadó, Szekszárd <https://mek.oszk.hu/02100/02185/html/924.html#926>

Az ipari forradalom megjelenéséig lényegében csak a természetes vízkörforgás létezett. A lehulló csapadék nagy része beszívárog a talajba vagy elpárolog. A gyors népességnövekedéssel elkezdődött a folyók szabályozása és a mocsarak lecsapolása, s ezzel együtt a mesterséges árvízveszély, a szabályozott folyók árterének drasztikus csökkentése növelte az árhullámokat. A metropolisok tömeges létrejötte a higiéniai problémákat is fókuszba helyezte. A 20. században elterjedt az aszfalt burkolat használata, és nem csak az új utak, hanem a korábban vízáteresztésre képes kővel burkolt utak és földutak vízárró felületet kaptak. Mindezek révén a természetes körkörösség is részben lecsökkent.

A vízgazdálkodás a természet vízháztartásának és a társadalom vízszükségletének összehangolása. Azaz, minden olyan tevékenység, amely a természetes vizeket érinti és a vízigények hosszú távú kielégítésére szolgál, vagyis a készletekkel való átgondolt gazdálkodást jelent. Egyik része a víz mezőgazdasági hasznosítása; ez elsősorban a falusi gazdálkodás jellemző tevékenysége, másik része a városok, ipar kiszolgálásának infrastrukturális tevékenysége, ide értendő a higiénés körülmények biztosítása, az ivóvízellátás, illetve a szennyvízelvezetés és -feldolgozás is.

### A körkörös vízrendszerek alapsémája



Forrás: Wageningen Institute for Environment and Climate Research (2021): Circular water systems (<https://www.wur.nl/en/education-programmes/phd-programme/graduate-schools/www.wur.nl/wimek/research/case-studies/circular-water-systems.htm>)

A körkörösség abban rejlik, hogy a vizet nem csak felhasználjuk, hanem a lehetőség szerint takarékoskodunk vele és amennyire lehetséges, újrahasznosítjuk. Mind nagyobb és nagyobb igény van az édesvízre, s a rendelkezésre álló mennyiség véges. Földünk felszínének ugyan 71 %-át víz borítja, s ennek 96 %-át adják a tengerek és óceánok, tehát bőven van víz, de az édesvíz mindössze 3 %, amit egyrészt a felszíni vizek, másrészt a földalatti vízkészletek, illetve gleccserek és jéggel borított területek alkotnak.<sup>13</sup> Az édesvíz gazdálkodása egyre inkább igényli a körkörösséget, különösen azokon a területeken, ahol a rendelkezésre álló vízmennyiség kevés. (Néhány évtizede ismerünk már hibrid – költséges – megoldásokat is, ilyen pl. a tengervíz sótalanítása.)

Az édesvízkészletek kimerülése és a kezelés nélkül egyre nagyobb mennyiségű szennyvíz kibocsátása miatt a mesterséges körkörös vízgazdálkodás lehetőséget kínál az erőforrások optimalizálására a víz fenntarthatóságának elérése érdekében. Ez a körkörös vízgazdálkodás kétfokozatú. Első lépcsője lényegében a víz- és szennyvízkészletek felhasználását és újrahasznosítását jelenti a vízellátás javítása érdekében. Második, továbbgondolt része ennél több, mert magán a vízen kívül az összes vízben lévő anyagot is újra kívánja használni. A kezelésből származó szennyvíz, a kezelésből származó hulladékok és az ivóvíz-finomításon túli szennyezett víz mind-mind gazdag erőforrásnak számít – a felhasználás függvényében. A szennyvízzel kapcsolatos szolgáltatások nyújtása ugyanakkor sok energiát igényel, és gyakran üvegházhatású gázok kibocsátásával jár, s ezek nagy része még nem megoldott. Ugyancsak cél, hogy a hulladék mennyisége minimálisra csökken az ellátási láncban, így hatékonyan kezelhető a víz-igény.<sup>14</sup>

A körkörös vízgazdálkodásnak számos jelentős, hosszú távú, nem éghajlati kihívása is van, beleértve a népességnövekedést, a gyors urbanizációt, a gazdasági növekedést, a növekvő jövedelmi szintet és a hozzájuk tartozó nagyobb vízigényt, a szigorúbb környezetvédelmi jogszabályokat, a víz-energia és a víz-élelmiszer kapcsolatát, az elöregedő infrastruktúrát és a

---

<sup>13</sup> <http://korkorosgazdasag.hu/elgondolkodtato/kifogyoban-egy-elteto-elem-a-fenntarthato-vizgazdalkodas-fontossaga/>

<sup>14</sup> <https://smartwatermagazine.com/news/membracon/why-cities-need-design-circular-water-management>

változó vásárlói elvárásokat. Egy részük már sikeresen megoldott, a többi az évtized vagy inkább évtizedek feladata.

Jelezzük, hogy a témának egyre növekvő szakirodalma van. Ebből kiemelendő Robert C. Brears: *A körkörös vízgazdálkodás fejlesztése könyve*,<sup>15</sup> ami elemzi az új kutatásokat a körkörös vízgazdaság fejlesztését elősegítő szakpolitikai innovációkkal kapcsolatban, bemutatja a fejlesztését célzó szakpolitikai innovációk szisztematikus áttekintését, áttekinti, hogy a világ vezető helyszínei hogyan fejlesztették ki a körkörös vízgazdaságot az éghajlatváltozással szembeni ellenálló képesség növelése és a kibocsátás csökkentése érdekében valamint a legjobb gyakorlatokat is összefoglalja. Idézzük a téma meghatározását: „A körforgásos gazdaságban az a cél, hogy az erőforrásokat a lehető leghosszabb ideig használatban tartsák, használat közben értéket vonjanak ki belőlük, és az egyes élettartamok végén a termékeket és anyagokat visszanyerjék és regenerálják. A körkörös vízgazdaság optimalizálja a vízkészleteket, és értékes erőforrásokat von ki a vízből és a szennyvízből, miközben csökkenti a kibocsátást és javítja az éghajlatváltozással szembeni ellenálló képességet. ... Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását mérséklő és a klímaváltozással szembeni ellenálló képességet fokozó körkörös vízgazdaság fejlesztését olyan innovatív technológiai módszerek irányíthatják, amelyek ösztönzik a vízfogyasztás csökkentését, a víz újrafelhasználását és újrahasznosítását, valamint az anyagok szennyvízből történő visszanyerését.”

Másik hasonló átfogó törekvés Smol, Prasad és Stefanakis 2023 áprilisában megjelent *Víz a körforgásos gazdaságban könyve*,<sup>16</sup> amely a víz- és szennyvízágaztatban a körforgásos gazdaság lehetséges megoldásait mutatja be a nagy tudományos és gyakorlati jelentőséggel bíró multidiszciplináris ismereteken keresztül. Kiindulópontjuk, hogy a víz a modern tanulmányokban meghaladja az öntözés és az ivás fontos forrását. Ma már jelentős megújuló energiaforrás és a legtöbb ipari és feldolgozóipari termék katalizátora. A vízkészletek és a vízalapú hulladékok (mint szennyvíz, szennyvíziszap vagy szennyvíziszap hamu) védelme és fenntartható kezelése fontos

---

<sup>15</sup> Brears, R. C. (2020). *Developing the circular water economy*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32575-6>

<sup>16</sup> Smol M., Prasad M. N. V., Stefanakis A. I. (2023): *Water in Circular Economy*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-18165-8>



szempontjai a körforgásosságnak, amelyet olyan regeneratív növekedési modellként határoznak meg, amely többet ad vissza a bolygónak, mint amennyit elvesz.

### Technológiai jellemzők és alkalmazásuk a vízgazdálkodásban

	Technológiai jellemző	Alkalmazás	Ref.
Mezőgazdaság	Mesterséges intelligencia (AI)	Alkalmazás Öntözés ütemezése Talajnedvesség-érzékelés és -becslés Locsoló- és csepegtető öntözés Valós idejű adatfigyelés	Jha et al. (2019)
	Távérzékelés	Növényi vízigény becslése Geohidrológiai és vízvezetési feltételek megelőzése Az öntözés hatékonyságának javítása A növény potenciális transzpirációjának becslése	Calera et al. (2017)
	Biostimulánsok	Vízfogyasztás javítása A növények gyökerei által elérhetetlen víz-hozzáférés A vízfelhasználás hatékonyságának növelése Vízhiány hatékony enyhítése	Del Buono (2021)
Ipar	Mesterséges intelligencia (AI)	A vízminőség értékelése Ipari vízszennyező anyagok azonosítása Rendellenes szennyvízkibocsátás észlelése Szennyezőanyagot kibocsátó iparágak meghatározása	Wang et al. (2019)
	Távérzékelés	Felszín alatti vizek gyors feltárása Nagyobb terület lefedettségi kapacitása A felszíni vizek változásának megfigyelése Térbeli-időbeli hatóképesség	Avtar et al. (2020)
Önkormányzat	Távérzékelés	Regionális szintű csapadékgfigyelés Vízminőségi megfigyelés Vízháztartás és talajnedvesség-szabályozás A városi vízigény ágazati modellezése	Andres et al. (2018)

Forrás: Smol M., Prasad M. N. V., Stefanakis A. I. (2023): Water in Circular Economy. Springer International Publishing. 12. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-18165-8>

A körkörös vízgazdálkodás új, korábban nem használt technológiákat igényel a víz újrahasznosítása körül is. Ennek egyik legismertebb változata a szűrés. A szennyvizet biológiailag lebomló anyagokkal kezelik, ilyenek például a Membrane Bio-Reactor (MBR) rendszerek, mindinkább terjedőben. Itt biológiai szennyvízkezelési eljárást alkalmaznak, a membrán bioreaktor olyan membránfolyamatok kombinációja, melynek lényege a mikroszűrés vagy ultraszűrés biológiai szennyvízkezelési eljárással, és/vagy eleveniszapos eljárással. Alapvetően a membránszűrés abból áll, hogy egyetlen termékáramot keringet át egy membránrendszeren, amely azt két különálló árammá választja szét. Az anyagokat szétválasztó membrán egy erősen specializált fizikai gát, amely csak a termékáram bizonyos kiválasztott komponenseit engedi áthaladni. Ez eseteiben az ultraszűréssel (ultrafiltration, UF) párosul, azaz nagyobb pórusú membránokat használ, relatíve alacsony nyomás mellett. (A sók, cukrok, szerves savak és kisebb peptidek áthaladnak rajta, míg a fehérjék, zsírok és poliszacharidok nem).<sup>17</sup> Számos más változat is létezik, a vonatkozó technika és technológia az utóbbi évtizedekben nagyon gyorsan fejlődik.

---

<sup>17</sup> <https://www.alfalaval.hu/termekek/szeparacio/membranok/mi-az-a-membranszures/>

### 3. Úton a körkörösség felé

Ahogy a Föld népessége növekszik, és a szélsőséges éghajlatváltozás továbbra is megzavarja a hagyományos vízforrásokat, egyre nagyobb szükség van olyan innovatív megoldásokra, amelyek biztosítják vízkészleteink hosszú távú elérhetőségét és minőségét. Az éghajlatváltozás közvetlen kihívást jelent a vízszolgáltatók számára, mivel súlyos aszályokat és árvizeket idézhet elő, amelyek befolyásolják a felszín alatti és felszíni vizek elérhetőségét és minőségét, és a vízkivételhez, -kezeléshez, -szállításához és -szállításhoz, valamint a szennyvízkezeléshez kapcsolódó kibocsátások növekedéséhez vezetnek, mivel a vízellátás távolabbi, gyakran rosszabb minőségű vizekre támaszkodik.

#### A víz értéke a körkörös vízgazdálkodásban

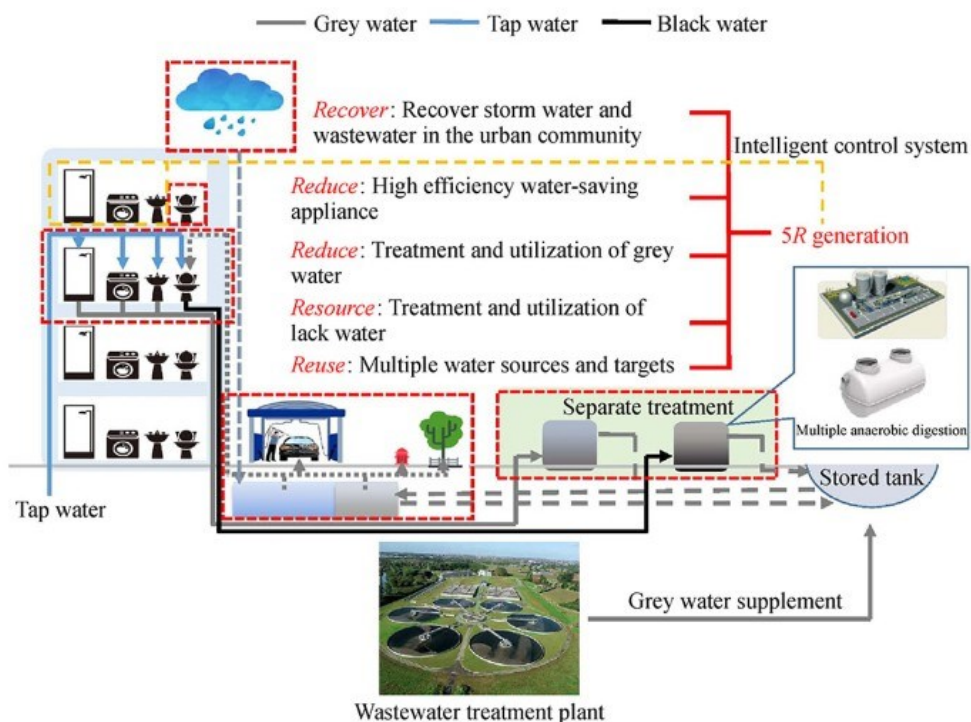
Érték	Leírás
<b>Szolgáltatás</b>	A víz szolgáltatásokat nyújt, beleértve a szennyvízkezelést, hűtést és fűtést, valamint a termelési folyamatok részeként.
<b>Energiaforrás</b>	A víz hasznosítható vízenergia előállítására, kinyerhető a környezetből vagy az emberi tevékenységből származó hőenergia elnyelésére szolgáló termikus tulajdonságai, és biotermikus energia fejleszthető például a kommunális szennyvíz anaerob lebontásából.
<b>Hordozó</b>	A nitrogén és foszfor kivonása a szennyvízből javítja az elfolyó víz minőségét, csökkenti a kezelés költségeit a későbbi felhasználók számára, csökkenti a környezeti hatásokat és növeli a természeti tőkét, valamint lehetőséget biztosít a műtrágyaként való felhasználásra.

Forrás: Brears, R. C. (2020). Developing the circular water economy. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. 34. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32575-6>

A körkörös vízgazdaság ennek a kihívásnak a megoldására törekszik egy holisztikus keretrendszer elfogadásával, amely az ún. 5R köré épül, az angol kezdőszavakból: Reduce, Reuse, Recycle, Recover, and Restore, azaz a csökkentés, újrafelhasználás, újrahasznosítás, visszanyerés és helyreállítás. Más felsorolásban recover -visszanyerés (csapadékvíz), reduce - csökkentés (WC-öblítő víz), recycle - újrahasznosítás (szürke víz), resoruce -erőforrás

(fekete víz) és reuse - újrafelhasználás (fokozottan kezelt szennyvíz).<sup>18</sup> Funkciójukat röviden ismertetjük:

### 5R a vízgazdálkodásban



Forrás: Zhou, L., Wang, H., Zhang, Z. et al (2021). Novel perspective for urban water resource management: 5R generation. *Front. Environ. Sci. Eng.* 15, 16 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11783-020-1308-z>

A lista tovább bővíthető akár 7R-re is:

<sup>18</sup> Zhou, L., Wang, H., Zhang, Z. et al. (2021) Novel perspective for urban water resource management: 5R generation. *Front. Environ. Sci. Eng.* 15, 16. <https://doi.org/10.1007/s11783-020-1308-z>

## 7R a vízgazdálkodásban

R	Értékoptimalizálás	Innováció	Együttműködés	Gondoskodás	Átláthatóság
Reduce Csökkentés	Az édesvíz optimális felhasználása a háztartási szintű víztakarékos szerelvények használatával növeli az édesvíz általános rendelkezésre állását, csökkentve a szennyvíztermelést.	A fogyasztók, a szolgáltatók és a kormányzat együttműködése az innovatív eszközök (pl. intelligens mérők) biztosítása érdekében csökkentheti a vízigényt és növelheti a víz értékét, amelyet egyébként figyelmen kívül hagytak.		A csökkentés nyomán követése a forrás szintjén, így a fogyasztás csökkentésének közvetlen és közvetett hatásainak értékelése, hiteles és átlátható belső és külső információcserével.	
Reuse Újrafelhasználás	A háztartási vagy ipari szintű kaszkádosítás/újrafelhasználás, újrahaznosítás és/vagy kezelés/visszanyerés növeli a használt víz hasznosságát és értékét, ezáltal jelentősen csökkenti az általános édesvízigényt.	Együttműködés a vízfogyasztók és a vízszolgáltatók között az újrafelhasználási tevékenység megtervezése érdekében, figyelembe véve az erőforrásokkal való fenntartható gazdálkodást. Például az iparban a víz hűtési célú újrafelhasználása növeli a felhasznált víz értékét.		A szennyvíz újrafelhasználásának pozitív és negatív hatásainak értékelése nyers formában, és ezáltal a hatóságok közötti átláthatóság fenntartása a szennyvíz jellemzőiről és az újrafelhasználás %-áról, amelyet mind belsőleg, mind külsőleg elfogadnak.	
Recycle Újrahaznosítás Reclaim		Együttműködés a szennyvízkezelő kormányzat és a fogyasztók között a hatékony és innovatív újrafeldolgozó létesítmények kialakítása érdekében az értéktelenség fokozása céljából			
Recover Visszanyerés	A szennyvíz potenciális víz-, energia- és anyagforrás, így a hasznosítás lehetőséget nyújt arra, hogy a szennyvízben lévő hulladékot (erőforrásokat) a lehető legnagyobb hasznossággal és értékkel tartsuk meg, és ezzel végső soron csökkentsük a friss erőforrások kitermelését.	Együttműködés a hulladékgazdálkodási hatóságok, a piac és a fogyasztók között a piaci értéknek és a fogyasztói igényeknek megfelelő termékek előállítására/visszanyerésre szolgáló reaktivációs és/vagy hasznosítási létesítmények kialakítása érdekében, figyelembe véve a fenntarthatóság szempontjait.		Az újrahaznosítási, reaktivációs és hasznosítási tevékenységek nyomán követése, beleértve a közvetlen és közvetett gazdasági, környezeti és társadalmi hatásokat is.	Átláthatóság a módszertanra és a mértékre vonatkozó információk cseréje érdekében.
Restore Helyreállítás	Az esővíz vagy a tisztított szennyvíz felhasználása a talajvíz helyreállítására növelheti a talajvízszintet, csökkentve a vízhiányt a száraz időszakban. Egy másik példa az erdősítés, amely segít a vízkörforgás helyreállításában, ezáltal növeli a földterület értékét és csökkenti a környezet-szennyezést.	Együttműködés a kormányzati hatóságok és a fogyasztók között innovatív felszín alatti víz helyreállítási modellek kidolgozása érdekében, hogy a jövőben javuljon az édesvíz rendelkezésre állása, pl. esővízgyűjtés.		Felelősségteljes fellépés a helyreállítási tevékenységekkel kapcsolatban kis- és nagyléptékben egyaránt a városi vízkörforgásban a víz helyreállításának előmozdítása érdekében.	Az újrahaznosítási, regenerálási és hasznosítási tevékenységek gyakorlásáról és mértékéről
Repurposing Új célok	Szürkevíz felhasználása öntözésre				

Forrás: Prasad, Majeti Narasimha Vara (2023): Circular Economy in Domestic and Industrial Wastewaters: Challenges and Opportunities. In: Smol M., Prasad M. N. V., Stefanakis A. I. (2023): Water in Circular Economy. Springer International Publishing, 12. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-18165-8>

### 3.1. Reduce: Csökkentés

**Víztakarékosság és vízhatékonyság.** A víztakarékosság és a hatékonyság létfontosságú a vízigény csökkentésében és a vízhiány hatásainak mérséklésében. Víztakarékos technológiák, például alacsony átfolyású szerelvények, csepegtető öntözés és intelligens fogyasztásmérők bevezetésével jelentősen csökkenthetjük vízfelhasználásunkat. A szántás elhagyásával vagy mélységének csökkentésével, talajtakaró növények másodvetésével, szármaradványok parlagon hagyásával számos lehetőség van a talaj kiszáradásának mérséklésére. A lakossági figyelemfelkeltő kampányok és a vízhatékony gyakorlatokra vonatkozó ösztönzők szintén hozzájárulhatnak a vízmegőrzés kultúrájához.

### 3.2. Reuse: Újrafelhasználás

**Kezeletlen víz nem ivásra.** A víz újrafelhasználása magában foglalja a szennyvíz összegyűjtését, kezelését és kezelés nélküli újrafelhasználását, és magában foglalhatja a szürkevíz vagy esővíz újrafelhasználását is a házakban vagy épületekben. Eközben az újrahasznosított víz, azaz a kezelt, visszanyert víz nem ivóvíz céljára, például ipari folyamatokra és mezőgazdasági területek öntözésére használható. Megfelelő kezelés esetén az újrahasznosított víz keverhető a felszíni vagy felszín alatti vízzel a készletek növelése érdekében. Ez csökkenti az új vízkészletek létrehozásával kapcsolatos gazdasági és környezeti költségeket a körkörös vízgazdálkodás fejlesztése során.

A kezeletlen víz újrafelhasználása nem ivóvízre, például öntözéshez, WC-öblítéshez, ipari hűtésre, tűzoltáshoz, járműmosáshoz, utcasepréshez, portalanításhoz, csökkentheti az édesvízkészletektől való függőségünket. Ez a megközelítés megfelelő gazdálkodást igényel a vízminőségi előírások betartása és a közegészségügy védelme érdekében. A szürkevíz-rendszerek például felhasználhatók a mosogatókból, zuhanyzókból és mosógépekből származó víz leválasztására és újrafelhasználására.

A Recover másfelől a városi csapadékvízre összpontosít, és a gyűjtési, kezelési és tárolási technológiákat foglalja magában. Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége már 1979-ben kidolgozta a csapadékvíz-kezelési ajánlásokat és követelményeket, Szingapúr szigetvilágának 2/3-át pedig a csapadékvíz-gyűjtésre alkalmazzák a vízkészlet érdekében (Kog,

2020).<sup>19</sup> A csapadékvíz gyakran kevesebb kezelést igényel, mint a kommunális szennyvíz, és összegyűjtése további előnye, hogy csökkenti a befogadó víztestek szennyezési és eróziós problémáit.

Az Európai Unió 2020/741 rendelete a víz újrafelhasználására vonatkozó minimumkövetelményekről célja harmonizált paramétereket állapít meg annak garantálása érdekében, hogy a vizet mezőgazdasági öntözés céljából biztonságos legyen újból felhasználni, valamint célja, hogy ezt a gyakorlatot ösztönözze, továbbá segítsen kezelni az aszályt és a vízhiányt. Célja továbbá, hogy hozzájáruljon az ENSZ fenntartható fejlesztési céljainak és különösen a 6. célkitűzésnek az eléréséhez, hogy biztosítani lehessen mindenki számára a vízhez és a sanitációhoz való hozzáférést és a fenntartható vízgazdálkodást, valamint a fenntartható fogyasztásra és termelésre vonatkozó 12. célkitűzésnek az eléréséhez. A jogszabály 2023. június 26. óta hatályos.

### A víz újrafelhasználásának és újrahasznosításának előnyei

Előny	Lineáris gazdaság kihívás	Körkörös vízgazdálkodási megoldás
<b>Csökkenti az édesvíz elvezetését az érzékeny ökoszisztémákból</b>	A növények, a vadon élő állatok és a halak az egészséges élőhelyek megfelelő vízhozamától függenek. A mezőgazdasági, városi és ipari célokra történő elterelésből eredő megfelelő vízhozam hiánya a vízminőség és az ökoszisztéma egészségének romlását okozhatja.	A víz újrafelhasználása és újrahasznosítása kielégítheti a vízigényt, jelentős mennyiségű vizet szabadíthat fel a környezet számára, és növelheti a létfontosságú ökoszisztémákba áramló vízmennyiséget.
<b>Csökkenti az érzékeny víztestekbe történő kibocsátást</b>	A szennyvízkibocsátással lehet az óceán, a folyótorkolat vagy a patakok egészségére.	A víz újrafelhasználása és újrahasznosítása felhasználható a befogadó víztestekbe történő szennyvízkibocsátás megszüntetésére vagy csökkentésére, ami fokozza

<sup>19</sup> Kog Y C (2020): Water reclamation and reuse in Singapore. Journal of Environmental Engineering, 146(4): 03120001 és Taguchi V J, Weiss P T, Gulliver J S, Klein M R, Hozalski R M, Baker L A, Finlay J C, Keeler B L, Nieber J L (2020): It is not easy being green: recognizing unintended consequences of green stormwater infrastructure. Water (Basel), 12(2): 522

<b>Vizes élőhelyek és parti élőhelyek létrehozására/javítására használható.</b>	A vizes élőhelyek számos előnnyel járnak, beleértve a vadon élő állatok élőhelyét, a vízminőség javítását, az árvi- zek csökkentését stb. A vízki- vezetés miatt károsodott vagy kiszáradt patakok azon- ban károsítják ezeket a vizes élőhelyeket.	az ökoszisztéma egészsé- gét
<b>Csökkenti és megelőzi a szennyezést</b>	Az óceánokba, folyókba és más víztestekbe történő szennyezőanyag- kibocsátás hatással van az emberi és a természeti egészségre, pél- dául a megnövekedett táp- anyagterhelés káros algavi- rágzást okoz.	A vízáramlás növelhető új- rahasznosított és újrahasz- nosított vízzel a vízi és va- don élő állatok és növé- nyek élőhelyének fenntar- tása és javítása érdeké- ben.
<b>Energiát takarít meg</b>	A víz iránti igény növekedés- ével egyre több vizet termel- nek ki, kezelnek és szállítanak, gyakran nagy távolságokra. Ez növeli az energiaigényt. Ha a helyi forrás a talajvíz, a ta- lajvízszint csökkenése növeli a víz szivattyúzásához szük- séges energiát.	Az újrahasznosított és újra- hasznosított víz más helye- ken történő felhasználásra átirányítható, például a magasabb tápanyagtar- talmú újrahasznosított víz esetében.

Forrás: Brears, R. C. (2020). Developing the circular water economy. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. 66. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32575-6>

### 3.3. Recycle: Újrahasznosítás

**Kezelt szennyvíz ivóvíz és nem ivóvíz felhasználásra.** A szennyvíz újra-  
hasznosítása magában foglalja a szennyvíz olyan szabvány szerinti kezelé-  
sét, amely lehetővé teszi ivóvíz és nem ivóvíz felhasználásra egyaránt. Az  
olyan fejlett kezelési technológiák, mint a membránszűrés és a fordított oz-  
mózis (RO), ami a legszűkebb membránpórust alkalmazza a folyadék sze-  
parálásban. Elvileg a víz az egyetlen anyag, ami át tud haladni a membrá-  
non. Semmilyen más anyag (baktériumok, spórák, zsírok, fehérjék, gumik,  
sók, cukrok, ásványok, stb.) nem tud átjutni rajta, így nagyban segítheti a



szükséges vízminőség elérését.<sup>20</sup> Az újrahasznosított víz ezután különféle célokra felhasználható, beleértve a talajvíz feltöltését és a közvetlen ivóvíz újrafelhasználását.

Az Európai Unióban évente 1 milliárd m<sup>3</sup> tisztított települési szennyvizet használnak fel újra, és j jelenlegi szintnél 6-szor több tisztított vizet lehetne újrafelhasználni.<sup>21</sup>

### A szennyvízkezelési akció-terv

#### ACTION 1.

Plan  
wastewater  
within the  
river basin



#### ACTION 2.

Move from  
WWTP to  
water resource  
recovery facilities



#### ACTION 3.

Implement  
innovative financing  
and business models



#### ACTION 4.

Work on policies  
institutions and  
regulation



Forrás: Rodriguez, D. J.; Serrano, H. A.; Delgado, A.; Nolasco, D.; Saltiel, G. (2020): From Waste to Resource: Shifting Paradigms for Smarter Wastewater Interventions in Latin America and the Caribbean. World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/33436> (WWTP: wastewater treatment plants, szennyvíztisztító telepek)

A World Bank a következőket javasolja

- a szennyvízkezelési kezdeményezések kidolgozása a vízgyűjtőtervezési keret részeként az előnyök maximalizálása, a hatékonyság és az erőforrás-elosztás javítása, valamint az érdekelt felek bevonása érdekében;
- a jövő közműveinek építése: a szennyvíztisztító telepek koncepciójától a vízerőforrás-hasznosító létesítmények koncepciója felé való elmozdulás, a szennyvíz értékének felismerése;

<sup>20</sup> <https://www.alfalaval.hu/termek/szeparacio/membranok/mi-az-a-membranszures/>

<sup>21</sup> European Commission (2023): Water reuse. Managing water resources more efficiently and facilitating water reuse in the EU ([https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-reuse\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-reuse_en))

- az innovatív finanszírozási és fenntartható üzleti modellek fejlesztésének feltárása és támogatása az ágazatban;
- paradigmaváltás előmozdításához szükséges szakpolitikai, intézményi és szabályozási keretek megvalósítása.

### A szennyvíz újrafelhasználásának lehetőségei

Mezőgazdaság	Szabadidő	Ipar	Környezetvédelem
Élelmiszernövények	Tájépítészeti vízjellemzők	Mosás/tisztítás (ital, élelmiszer)	Felszín alatti vizek feltöltése
Csepegtető öntözést alkalmazó élelmiszernövények	Csónakázó tavak	Hűtés (energia-termelés, papír és textil)	Áramlásnövelés
Nem élelmiszer-növények	Úszótavak	Folyóvíz, kazánok tápvize (minden iparág)	Szárazságjavítás
Állattartás ivóvize	Hóagyúzás		

Forrás: U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). 2012. Guidelines for Water Reuse. <https://www3.epa.gov/region1/npdes/merrimackstation/pdfs/ar/AR-1530.pdf>.

A 91/271/EGK irányelv a települési szennyvíz kezeléséről célja a vízi környezet védelme az Európai Unióban a települési szennyvíz káros hatásaival (pl. az eutrofizációval<sup>22</sup>) szemben. A szennyvíz összegyűjtésére, kezelésére és kibocsátására vonatkozó uniós szintű szabályokat határoz meg. A jogszabály hatálya alá tartoznak az egyes iparágak – többek között az agrár-élelmiszeripar (például az élelmiszer-feldolgozás és söripar) – által előállított szennyvizek is. Az uniós országoknak:<sup>23</sup>

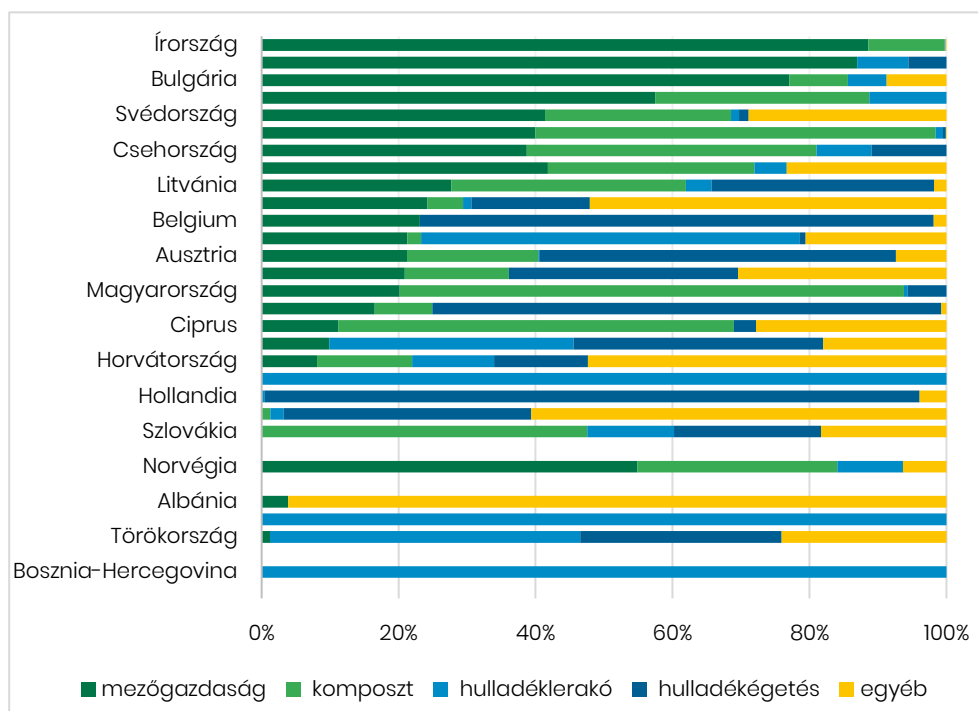
- a legalább 2000 fő lakost számláló városi településeken össze kell gyűjteniük és kezelniük kell a szennyvizet, illetve az összegyűjtött szennyvízre a másodlagos kezelés nevű eljárást is alkalmazniuk kell;

<sup>22</sup> Eutrofizáció: tápanyagoknak a vízben való feldúsulása, ami többek közt algák növekedésének felgyorsulását okozza, és ezzel a biológiai egyensúly megbomlásához, és a szóban forgó víz minőségének romlásához vezet. Érzékeny területek: eutrofizált vagy a védelmi intézkedések hiányában a közeli jövőben az eutrofizáció veszélyének kitétt víztestek, vagy ahol további tisztításra van szükség más uniós jogszabályoknak (pl. a fürdővízről szóló irányelvnek) való megfelelés eléréséhez.

<sup>23</sup> 91/271/EGK irányelv a települési szennyvíz kezeléséről <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/LSU/?uri=celex:31991L0271>

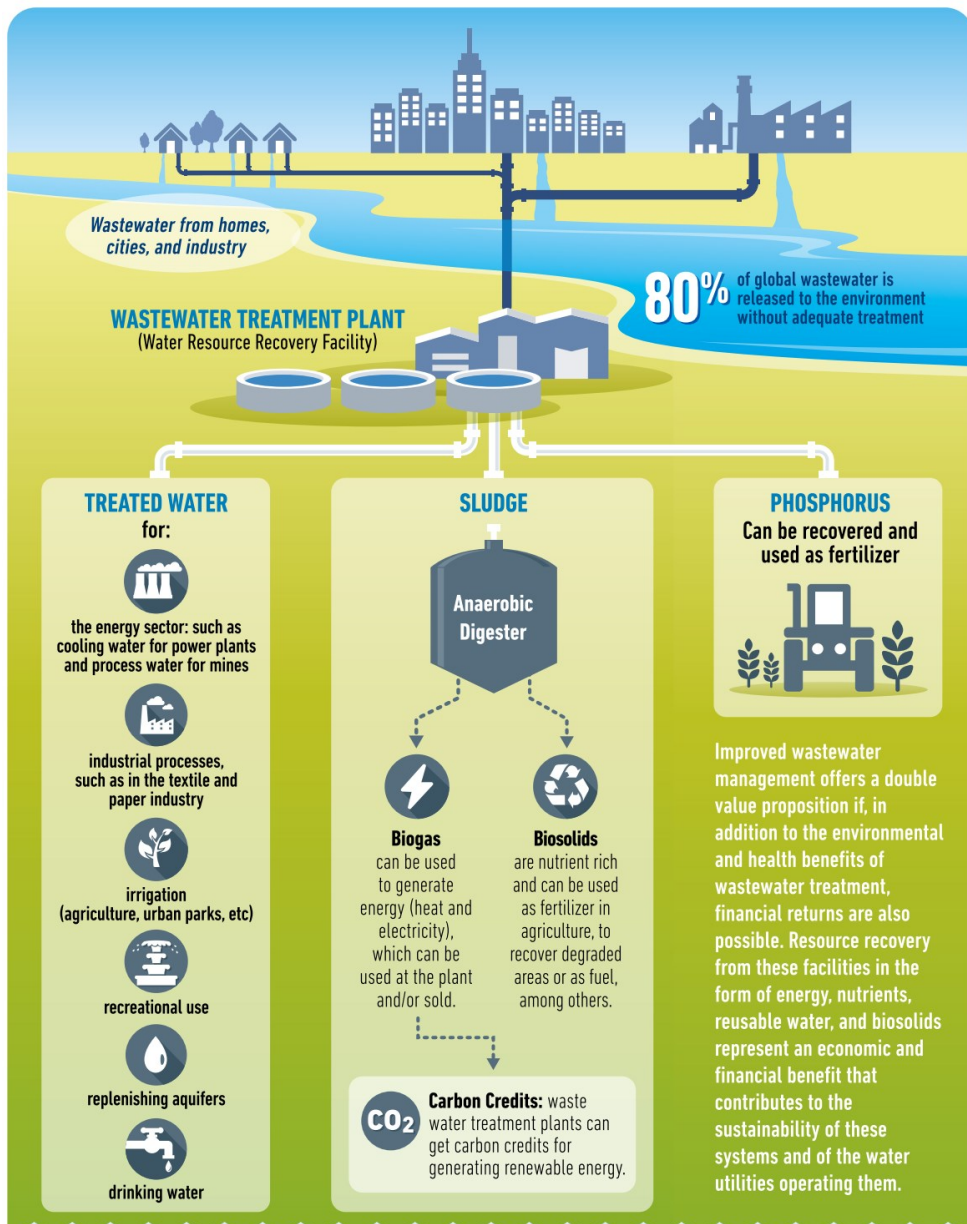
- a 10 000-nél nagyobb lakosságszámú, a kijelölt érzékeny területeken belül található városi településeken fejlettebb kezelési eljárást kell alkalmazniuk;
- biztosítaniuk kell a szennyvíztisztító telepek megfelelő karbantartását annak érdekében, hogy azok teljesítménye megfelelő legyen és valamennyi szokásos időjárási körülmény között működni tudjanak;
- lépéseket kell tenniük a rendkívüli helyzetekben, például szokatlanul heves esőzések esetében a befogadó vizek csapadékidei túlfolyás okozta szennyezésének csökkentése érdekében;
- nyomon kell követniük a szennyvízkezelő telepek és befogadó vizek teljesítményét;
- nyomon kell követniük a szennyvíziszap ártalmatlanítását és újrahasznosítását.

### A települési szennyvíztisztításból származó szennyvíziszap ártalmatlanítása az ártalmatlanítás módja szerint



Forrás: Eurostat (2023): Water statistics. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics)

## Erőforrás-hasznosítás a szennyvíztisztító telepeken



Forrás: Rodriguez, D. J.; Serrano, H. A.; Delgado, A.; Nolasco, D.; Saltiel, G. (2020): From Waste to Resource: Shifting Paradigms for Smarter Wastewater Interventions in Latin America and the Caribbean. World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/33436>

### 3.4. Recover: Visszanyerés

**Erőforrások szennyvízből.** Az erőforrás-visszanyerés magában foglalja az értékes anyagok, például tápanyagok, energia és fémek kinyerését a szennyvízből. Ez olyan folyamatokkal érhető el, mint az anaerob (olyan mikroorganizmusok, amelyeknek nincs szükségük oxigénes környezetre anyagcseréjük és szaporodásuk során) lebontás, amely biogázt termel, és a struvit (a baktériumok a folyadékot lúgossá teszik, a szert az urológia régóta használja) csapadék, amely visszanyeri a foszfort. Az erőforrások hasznosítása nemcsak csökkenti a hulladékot, hanem új bevételi forrásokat is teremt, és hozzájárul a körforgásos gazdasághoz.

### 3.5. Restore: Helyreállítás

**Kék-zöld infrastruktúra-megoldások.** A kék-zöld infrastruktúra természetes és mesterséges rendszereket integrál a környezet helyreállítása érdekében, miközben számos előnnyel jár, mint például a csapadékvíz kezelése, a vízminőség javítása és az élőhelyek létrehozása. Ilyenek például a zöldtetők, a bioswale-ek<sup>24</sup> és az épített vizes élőhelyek. Ezek a rendszerek fokozzák a városok ellenálló képességét, elősegítik a biológiai sokféleséget, és segítenek egészségesebb, élhetőbb közösségek létrehozásában. Ilyenek az esőkertek is, melyeket olyan helyen kell elhelyezni, ahol a lehető legtöbb át nem eresztő terület (felhajtó, tető, járdák stb.) lefolyását össze tudja gyűjteni, s így a víz hasznosítható. Ahol egyes növények lefedése megoldható, úgy ott kisebb a szél és a párolgás, s kevesebb vízre van szükség (de hátrány a nap hiánya, ezért csak árnyéktűrő növények esetén megoldás).<sup>25</sup>

Összességében elmondható, hogy a körkörös vízgazdálkodás holisztikus megközelítést kínál a vízgazdálkodáshoz, amely segíthet a fenntartható

---

<sup>24</sup> Olyan csatornák, amelyek a csapadékvíz elfolyásának koncentrálására és továbbítására szolgálnak, miközben eltávolítják a törmelékot és a szennyezést. Lényegében egy hosszú, csatornázott mélyedés vagy árok, amely megkapja az esővizet (mint a parkolóból), és amely növényzettel (például fűvel, virágzó fűszernövényekkel és cserjékkel) és szerves anyagokkal (például talajtakaróval) rendelkezik, hogy lassítsa a víz beszivárgását és kiszűrje a szennyező anyagokat. In: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/bioswale>

<sup>25</sup> <https://www.ourfuturewater.com/2023/04/12/circular-water-economy-the-future-of-water-management/>

jövő elérésében. Az 5R (vagy 7R) elfogadásával megőrizhetjük értékes víz-készleteinket, minimalizálhatjuk a hulladékot, és javíthatjuk az emberek és a környezet egészségét.

Az Európai Unió a fenntartható fejlődés jegyében kiemelten kezeli a körkörös vízgazdálkodást. A komplex szemléletben a víz körkörös gazdasága azokkal az alternatív technológiákkal és gyakorlatokkal foglalkozik, amelyek lehetővé teszik az új, nem megújuló vízforrások kiaknázásáról a szennyvíz és a megújuló vízforrások hasznosítására való áthelyezést. Jelenleg az EU tag-országokban a legtöbb ember által kezelt vízrendszer egy lineáris modellt követ, ahol a használt víz minősége leromlik, és alkalmatlanná válik arra, hogy mind az emberek, mind a természet újra felhasználja.

A decentralizált körkörös vízmegoldások közé tartoznak azok a rendszerek, amelyek az esővizet, a szürkevizet és a szennyvizet (feketevizet) a helyszínen gyűjtik össze és kezelik. A visszanyert víz ezután nem-ivóvízként használható számos területen, értékes erőforrás lehet a mezőgazdaságban használt tápanyagok számára, mint például a nitrogén, a foszfor és a szerves anyagok. Ezenkívül energia nyerhető ki a szürke és szennyvízből, hogy a helyszínen fűtésre és egyéb célokra felhasználható legyen. A decentralizált körkörös vízmegoldások tehát a társadalom javát szolgálhatják, hozzájárulva az élelmezésbiztonsághoz és a munkahelyteremtéshez.

A víz körkörös gazdaságának elve a decentralizált víz-újrafelhasználási infrastruktúra további két területen is alkalmazható: a közösségi és a helyszíni. A közösségi változat szerint az egy vagy több lakásból származó nyers szürkevizet és esővizet egy közös tisztítótelepen gyűjtik össze kezelés és újraelosztás céljából. A helyszíni változat szerint az egyes lakásokból származó szürke- és esővizet összegyűjtik, kezelik, és újra ellátják egy, a lakásban elhelyezett kisméretű kezelőegység segítségével. (Ennek egyszerű, ősi változata az ereszcsonna alá tett hordó.) A központosított és decentralizált vízkezelés különböző típusú infrastruktúrát igényel, és ennek eredményeként a gazdasági, környezeti és társadalmi következmények eltérőek.<sup>26</sup>

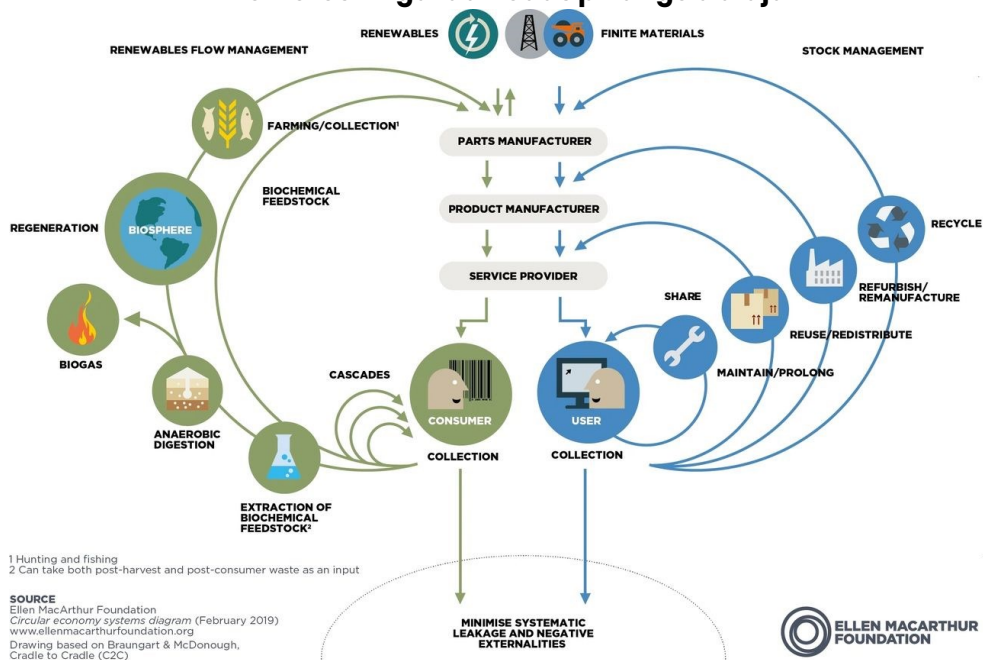
A körkörös vízgazdálkodással a vizet kezelik, újrahasznosítják, újra felhasználják. Ennek a körkörös megközelítés a gazdasági életképességének

---

<sup>26</sup> Qtaishat, Yahya, Jan Hofman, and Kemi Adeyeye (2022): Circular Water Economy in the EU: Findings from Demonstrator Projects. In: *Clean Technologies* 4, no. 3: 865-892. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4030054>

kulcsa a víz belső értékének fenntartása a teljes feldolgozási ciklus során, méghozzá úgy, hogy az a legkisebb ráfordítással járjon. Az eljárás hozadéka, hogy a körkörös vízgazdálkodásba történő beruházások működési megtakarításokat eredményezhetnek, munkahelyeket teremthetnek és élénkíthetik a helyi gazdaságot. Ezen túlmenően a környezeti és egészségügyi előnyök sem hagyhatók figyelmen kívül.

### A körkörös vízgazdálkodás pillangó ábrája



Forrás: Ellen MacArthur Foundation (2022): Circular Economy Systems Diagram specific to Water System – The Butterfly Diagram (<https://leverimpact.com.au/esg-insight/f/the-butterfly-diagram>) és Major Veronika (2021): A körforgásos gazdaság és a víz kapcsolata Hidrológiai Közlemény, 2021/3. szám

Mit kell figyelembe venni a körkörösségnél? Magyarországon az egy főre jutó vízkészlet az egyik legnagyobb Európában, ugyanakkor a csapadékból származó saját felszíni vízkészletünk a legkisebb. Egy egészséges körforgás az előbbi előnyéből az utóbbi hátrányát lényeges mérsékelni tudja.

Több víz folyik ki az országból, mint amennyi beérkezik. Innen már csak egy lépés az a körkörösség, hogy ebből minél több itt maradjon, és minél többször legyen hasznosítva. A dolog lényege Magyarország fekvése, föld-

rajzi helyzete. A domborzati térképen jól látszik, hogy a Trianon utáni országot hegykoszorú veszi körül és a hegyvidékről beérkező folyók adják a vízkészlet jelentős részét. A politikai térképen pedig az figyelhető meg, hogy ezek a folyók külföldi országokból indulnak. Ebből adódik, hogy a teljes folyószakaszokat nem(csak) magyar szervek kezelik, feltétlen szükséges a szoros együttműködés a szomszédos partnerekkel, már csak a kiszolgáltatottság okán is. A ráutaltság óriási, a szakma szerint a hegyvidékről érkező folyók víztöbblete nélkül az Alföld nagyon hamar elsivatagosodna. A magyarországi folyószakaszokon egyértelmű feladat, hogy a télen beérkező csapadéktöbbletet tárolni kell a nyári aszályos nyári időre, s a körkörösség abban rejlik, hogy a rendelkezésre álló vízmennyiséget lehetőleg minél többször tudjuk felhasználni. Különösen igaz ez a zárt rendszerekre, mint a városi vízgazdálkodás vagy az intenzív kertészet. A kormánynak van vízstratégiai terve,<sup>27</sup> a dolgozat az utolsó fejezetben röviden – kritikával – ismerteti is fontosabb megállapításait.

A körkörös vízgazdálkodásra több ok miatt is szükség van világszerte és Magyarországon is. A népességrobbanás, a fokozódó ipari és mezőgazdasági termelés eredményeként az elmúlt 50 évben megháromszorozódott (!) az emberiség vízigénye. A Kárpát-medence egy óriási vízgyűjtő, felszíni vizeinek 96 %-a külföldön ered és többnyire csak átfolyik Magyarország területén. A klímaváltozás miatt a helyzet hamarosan gyökeresen megváltozhat. Óriási beruházásokra lesz szükség az elavult vízhálózatok felújításához és ahhoz, hogy az árvizek feleslegét elraktározzák az egyre sűrűbb és súlyosabb aszályok idejére – hangsúlyozza a Klímabarát Települések Szövetsége.<sup>28</sup> A 2022-es év aszálya Magyarországon is előtérbe helyezte a probléma kezelését, különösen a mezőgazdaságban, ahol tavasszal és nyáron akkora volt a szárazság, hogy több növény (a kukorica, a napraforgó) termése szinte a semmivel volt egyenlő, ráadásul az előbbi csekély mennyiségét veszélyes penészgomba, az aflatoxin<sup>29</sup> fertőzés is terhelte.

---

<sup>27</sup> Kvassay Jenő Terv, 2017. (Korábbi változat: 2015)

<sup>28</sup> MTI (2016): Vízgazdálkodási konferencia a változó éghajlat kihívásairól. (<http://ecologie.hu/nagyvilag/vizgazdalkodasi-konferencia-a-valtozo-eghajlat-kihivasairol>)

<sup>29</sup> Az aflatoxin B1 az egyik legerősebb rákkeltő anyag földünkön, százszor erősebb a mérgező hatása, mint például a növényvédő szereknek. <https://agraragazat.hu/hir/az-aflatoxinok-uj-kockazatot-jelentenek-az-europai-kukoricatermesre/> A nedves időjárás, de a nem száraz tárolás is segíti terjedését.



Végül, de nem utolsó sorban a vízfogyasztás csökkentése, újrafelhasználása, újrahasznosítása a fenntarthatóság felé vezető út. Mivel a mezőgazdaság és városok egyre növekvő keresletet jelentenek, a körkörös megközelítés egyre inkább terjedni fog, jelenlegi tudásunk szerint jobb lehetőség nem kínálkozik.

## Forrásjegyzék

- 110/2015. (III. 13.) FM rendelet az éghajlat és környezet szempontjából előnyös mezőgazdasági gyakorlatokra nyújtandó támogatás igénybevételeinek szabályairól, valamint a szántóterület, az állandó gyepterület és az állandó kultúrával fedett földterület növénytermesztésre vagy legeltetésre alkalmas állapotban tartásának feltételeiről
- 2006/114/EK irányelv a megtévesztő és összehasonlító reklámról
- 2018/848 rendelet az ökológiai termelésről és az ökológiai termékek jelöléséről, valamint a 834/2007/EK tanácsi rendelet hatályon kívül helyezéséről
- 91/271/EGK irányelv a települési szennyvíz kezeléséről <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/LSU/?uri=celex:31991L0271>
- Andres, L., Boateng, K., Borja-Vega, C., & Thomas, E. (2018): A review of in-situ and remote sensing technologies to monitor water and sanitation interventions. *Water* (Switzerland), 10(6), 756. <https://doi.org/10.3390/w10060756>
- Avtar, R., Komolafe, A. A., Kouser, A., Singh, D., Yunus, A. P., Dou, J., Kumar, P., Gupta, R. D., Johnson, B. A., Thu Minh, H. V., Aggarwal, A. K., & Kurniawan, T. A. (2020): Assessing sustainable development prospects through remote sensing: A review. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, 100402. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100402>
- Brears, R. C. (2017): *The Green Economy and the Water-Energy-Food Nexus*. London: Palgrave Macmillan. Urban Water Security.
- Brears, R. C. (2020). *Developing the circular water economy*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing. 66. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-32575-6>
- Brears, R. C. (2023): *Circular Water Economy: The Future of Water Management*. (<https://www.ourfuturewater.com/2023/04/12/circular-water-economy-the-future-of-water-management/>)
- Calera, A., Campos, I., Osann, A., D'Urso, G., & Menenti, M. (2017): Remote sensing for crop water management: From ET modelling to services for the end users. *Sensors*, 17(5), 1104. <https://doi.org/10.3390/s17051104>

- Del Buono, D. (2021): Can biostimulants be used to mitigate the effect of anthropogenic climate change on agriculture? It is time to respond. In Science of the Total Environment (Vol. 751, p. 141763). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141763>
- Ellen MacArthur Foundation (2022): Circular Economy Systems Diagram specific to Water System - The Butterfly Diagram (<https://leverimpact.com.au/esg-insight/f/the-butterfly-diagram>)
- European Commission (2023): Water reuse. Managing water resources more efficiently and facilitating water reuse in the EU ([https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-reuse\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-reuse_en))
- European Environment Agency (2021): Water use in Europe – Quantity and quality face big challenges (<https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2018-content-list/articles/water-use-in-europe-2014>)
- Eurostat (2023): Water statistics. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics)
- Frontinus, Sextus Julius: De aquaeductu urbis Romae, magyarul: Róma város vízvezetékai, Budapest, 2022  
[http://korkorosgazdasag.hu/elgondolkodtato/kifogyoban-egy-elteto-  
elem-a-fenntarthato-vizgazdalkodas-fontossaga/](http://korkorosgazdasag.hu/elgondolkodtato/kifogyoban-egy-elteto-elem-a-fenntarthato-vizgazdalkodas-fontossaga/)  
[https://smartwatermagazine.com/news/membracon/why-cites-need-  
design-circular-water-management](https://smartwatermagazine.com/news/membracon/why-cites-need-design-circular-water-management)
- Jha, K., Doshi, A., Patel, P., & Shah, M. (2019): A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. Artificial Intelligence in Agriculture, 2, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ajia.2019.05.004>
- Kog Y C (2020): Water reclamation and reuse in Singapore. Journal of Environmental Engineering, 146(4): 03120001 .  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001675](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001675)
- Taguchi V J, Weiss P T, Gulliver J S, Klein M R, Hozalski R M, Baker L A, Finlay J C, Keeler B L, Nieber J L (2020): It is not easy being green: recognizing unintended consequences of green stormwater infrastructure. Water (Basel), 12(2): 522. <https://doi.org/10.3390/w12020522>
- Kollega Tarsoly István (ed.) (1996–2000): Magyarország a XX. században. IV. KÖTET Tudomány 1. Műszaki és természettudományok. Vízrendezés,

- vízszabályozás. Babits Kiadó, Szekszárd  
<https://mek.oszk.hu/02100/02185/html/924.html#926>
- Kvassay Jenő Terv, 2017. (<https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=142>)
- Lőrincz Lajos (2010): A közigazgatás alapintézményei. HVG-Orac, 24.
- Major Veronika (2021): A körforgásos gazdaság és a víz kapcsolata Hidrológiai Közöny, 2021/3. szám
- MTI (2016): Vízgazdálkodási konferencia a változó éghajlat kihívásairól. (<http://ecolounge.hu/nagyvilag/vizgazdalkodasi-konferencia-a-valtozo-eghajlat-kihivasairol>)
- Naumann, G. & Cammalleri, C. & Mentaschi, L. et al. (2021): Increased economic drought impacts in Europe with anthropogenic warming. *Nat. Clim. Chang*, 11, 485–491. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01044-3>
- Qtaishat, Yahya, Jan Hofman, and Kemi Adeyeye (2022): Circular Water Economy in the EU: Findings from Demonstrator Projects. In: *Clean Technologies* 4, no. 3: 865–892. <https://doi.org/10.3390/cleantech-4030054>
- Rodriguez, D. J.; Serrano, H. A.; Delgado, A.; Nolasco, D.; Saltiel, G. (2020): From Waste to Resource: Shifting Paradigms for Smarter Wastewater Interventions in Latin America and the Caribbean. World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/33436>
- Rodriguez, Diego J.; Serrano, Hector Alexander; Delgado, Anna; Nolasco, Daniel; Saltiel, Gustavo (2020): From Waste to Resource: Shifting Paradigms for Smarter Wastewater Interventions in Latin America and the Caribbean. World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/33436>
- Smol M., Prasad M. N. V., Stefanakis A. I. (2023): *Water in Circular Economy*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-18165-8>
- Szakképzési tudásbázis (2023): Környezetvédelem és vízgazdálkodás. Vízgazdálkodási alapismeretek. (<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/kornyezetvedelem-es-vizgazdalkodas/vizgazdalkodasi-alapismeretek/a-beszivargas-es-a-lefolyas-merese/a-vizhaztartas-elemei>)

- Tariq, W., Saifullah, M., Anjum, T., Javed, M., Tayyab, N., & Shoukat, I. (2018). Removal of heavy metals from chemical industrial wastewater using agro based bio-sorbents. *Acta Chemica Malaysia*, 2(2), 9-14. <http://doi.org/10.26480/acmy.02.2018.09.14>
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). 2012. Guidelines for Water Reuse. <https://www3.epa.gov/region1/npdes/merri-mackstation/pdfs/ar/AR-1530.pdf>.
- UN Water. (2021) Water Facts – Scarcity. <https://www.unwater.org/water-facts/scarcity/>
- United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) (2022): Drought in Numbers 2022 – restoration for readiness and resilience.
- WaCClim (2018): The Roadmap to a Low-Carbon Urban Water Utility, [http://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/12/2018\\_WaCClim\\_Roadmap\\_EN\\_SCREEN.pdf](http://wacclim.org/wp-content/uploads/2018/12/2018_WaCClim_Roadmap_EN_SCREEN.pdf).
- Wageningen Institute for Environment and Climate Research (2021): Circular water systems (<https://www.wur.nl/en/education-programmes/phd-programme/graduate-schools/www.wur.nl/wimek/research/case-studies/circular-water-systems.htm>)
- Wang, P., Yao, J., Wang, G., Hao, F., Shrestha, S., Xue, B., Xie, G., & Peng, Y. (2019): Exploring the application of artificial intelligence technology for identification of water pollution characteristics and tracing the source of water quality pollutants. *Science of the Total Environment*, 693, 133440. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.246>
- World Bank (2021): Groundswell Part 2 : Acting on Internal Climate Migration. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/36248/Groundswell%20Part%20II.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- World Economic Forum (2022): The US must rethink how it uses and reuses wastewater. <https://www.weforum.org/agenda/2022/04/wastewater-us-circular-rethink/>
- Zhou, L., Wang, H., Zhang, Z. et al (2021). Novel perspective for urban water resource management: 5R generation. *Front. Environ. Sci. Eng.* 15, 16 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11783-020-1308-z>