

Goda Zoltán¹

Az éghajlatváltozás lehetséges hatásai a parti szűrésű vízbázisokra

The Impact of Climate Change on Riverbank Filtrated Water Resources

A parti szűrésű vízbázisok a magyarországi víztermelés harmadát biztosítják. E vízbázisokat igen hatékonyak tartjuk a szennyező anyagok eltávolításában, redukciójában, megfelelő körülmények között az ivóvízszabványnak megfelelő vizet képesek biztosítani, utánpótlásuk pedig más felszín alatti vízbázisokkal összehasonlítva stabilnak tekinthető. A klímaváltozás e vízbázisok állandóságát veszélyezteti azzal, hogy a hatására mind szélsőségesebbé váló időjárás a vízbázis peremfeltételeiben is egyre gyakrabban okoz szélsőségeket. A szerző a cikkben sorra veszi ezeket a szélsőségeket és az általuk előidézett kockázati tényezőket.

Kulcsszavak: parti szűrés, ivóvízbázis, klímaváltozás, vízhiány, szélsőséges időjárás

Bank filtration water resources provide one-third of the Hungarian water production. These aquifers are considered to be highly effective in removing and reducing contaminants, and under suitable conditions, they can provide raw water that complies with the European drinking water standards. Their supply from surface water is stable compared to other groundwater resources. Climate change effects hazard the stability of these aquifers as extreme weather conditions become more and more frequent influencing the conditions of the connecting surface water and the bank filtrated aquifer as well. In this article, the author investigates these extreme weather conditions and the risk factors they can cause.

Keywords: riverbank filtration, water resources, climate change, water shortage, extreme weather

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víz tudományi Kar, műszaki koordinátor, e-mail: goda.zoltan@uni-nke.hu, ORCID: 0000-0002-4164-473X

Bevezetés

Valószínűleg elérkezett az idő, hogy az olyan gondolatokat, mint „a klímaváltozás elkerülhetetlen” és „a jövő háborúit a vízért fogjuk vívni”, átminősítsük bölcs predikciókból múltbéli közhelyekké. A klímaváltozás a jelen, benne élünk és tetszik vagy sem, hatását tapasztaljuk napról napra, évről évre. Az elmúlt száz év tíz legmelegebb évéből nyolc az ezredforduló után következett be és a szélsőséges hatást keresve sem szükséges mélyreható kutatást folytatni; a Duna valaha mért legnagyobb és legkisebb vízállása két egymást követő évben 2013-ban és 2014-ben volt mérhető [1]. Azt pedig, hogy ez a változás milyen felgyorsult ütemben zajlik, mi sem tükrözi jobban, mint az a tény, hogy legnagyobb folyónk LKV² szintje 2018-ban összesen három alkalommal dőlt meg, felülírva a korábbi, alig néhány éves rekordot. Az éves csapadék egyre nagyobb része hullik le nyári zivatarok, felhőszakadások formájában villámárvizeket okozva, hogy ezután több hónapos aszály következzen, mint 2018 második felében.

Ha a klímaváltozás hatását ekkora mértékben tapasztaljuk hazánk időjárásában és folyóink vízjárásában, óhatatlanul felmerül a kérdés, hogy az ivóvízellátásunk jelentős részét biztosító, és a folyóinkkal dinamikus kapcsolatban álló parti szűrésű vízbázisokat milyen jellegű és mértékű hatások érik, érhetik a jövőben. Ennek megértéséhez mindenekelőtt fontos megvizsgálni a globális klímaváltozás lokális hatásait és legvalószínűbb következményeit.

Változó klíma, szélsőséges időjárás

Magyarország klímája viszonylag kiegyensúlyozott annak ellenére, hogy az éves hőingás jelentős. A klasszikus nedves kontinentális éghajlatra mind a nyugati, óceáni hatás, mind pedig a déli, mediterrán klíma módosítólag hat.

Ez a hatás főleg abban nyilvánul meg, hogy sem tartós nyári szárazság, sem pedig hosszantartó extrém hideg téli periódusok nem alakulnak ki. Az uralkodó légköri áramlások mellett a domborzati hatás is jelen van, keletről, észak-keletről a Kárpátok, nyugatról pedig az Alpok hegyvonulatai kölcsönöznek védettöböl-jelleget a Kárpát-medencének. A klímaváltozás éppen ebbe a kiegyensúlyozottságba látszik beleszólni, éghajlatunkban mind több ponton jelennek meg eddig ismeretlen szélsőségek [2].

Szélsőséges csapadéeloszlás

A heves csapadékkal járó meteorológiai események jórészt nyáron következnek be zivatarok formájában, amelyek megfelelő körülmények esetén torrens árvizeket okozhatnak. E villámárvizek kialakulásában vitathatatlanul szerepe van a domborzatnak, illetve urbanizált terület esetén a településképnek, de meteorológiai szempontból mindenképpen a rövid idő alatt lezúduló, jelentős mennyiségű csapadék a közvetlen kiváltó ok [3].

A hirtelen lezúduló csapadék okozta elöntések akár jelentősebb anyagi kárt okozhatnak, negatív hatással lehetnek a közlekedésre, infrastruktúrára. Mégis az egyik legnagyobb gond,

² LKV: legkisebb víz, egy folyón valaha mért legkisebb vízállás szintje.

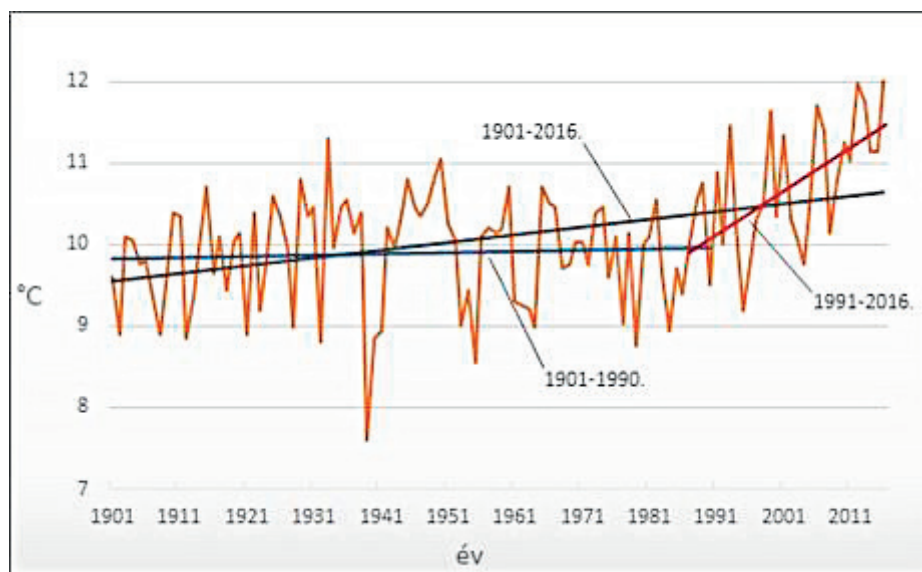
hogy a hirtelen jelentkező nagy mennyiségű csapadékot nem tudjuk megfogni, tárolni, a mai gyakorlat pedig még mindig az, hogy a lehető legrövidebb úton és idő alatt elvezessük.

Kijelenthető, hogy csapadékvízzel történő gazdálkodásunk fejlődése sajnos messze elmarad a klímaváltozás ütemétől. A kiegyensúlyozott csapadékhullás jóval nagyobb hányada hasznosul mind a mezőgazdaságban, mind pedig a vízbázisok utánpótlódása terén. A hirtelen lezúduló csapadék tehát, bár az éves csapadékösszeg részét képezi, nem tud megfelelő mértékben hasznosulni. A heves csapadékhullással járó események gyakoriságának növekedésével tehát előállhat az a helyzet, hogy bár az éves csapadék mennyisége változatlan marad, az aszályos időszakok gyakoribbá és hosszabbá válhatnak.

Ezt a változást a csapadékosság³ növekvő értéke is jelzi, amely az elmúlt évtizedekben országosan 1–2 mm-rel emelkedett, azaz az éves csapadék mennyisége egyre kevesebb csapadékos napon mérhető.

Emelkedő hőmérséklet

Az éves középhőmérséklet átlagos értéke az elmúlt közel 120 év alatt 1,23 °C-ot emelkedett, de az emelkedő trend igazán az 1990-es évek elejétől követhető nyomon (1. ábra). A grafikonra illesztett trendvonalak jól tükrözik, hogy a középhőmérséklet változása az 1980-as évek második feléig nem volt kirívó (0,2 °C), de ezt egy meglehetősen meredek emelkedés követte, amely napjainkban is tart [1].



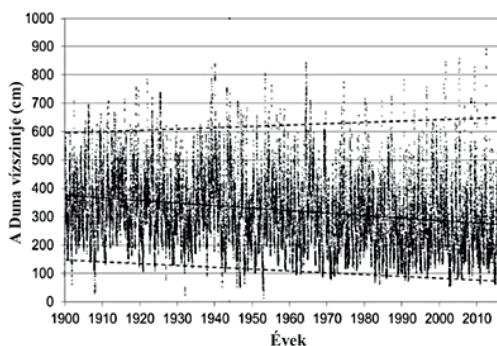
1. ábra. Magyarországon mért éves középhőmérsékleti értékek 1901 és 2016 között [1]

³ Meteorológiai meghatározás: a lehullott csapadék mennyiségének és a csapadékos napok számának hányadosából számolt érték.

A melegedő klíma a mindennapokban is érezteti hatását: évről évre több a nyári nap⁴ és egyre több hőségnapot regisztrálhatunk. A meleg periódusok, kánikulák negatív hatással vannak a humán egészségre, közmű-, és energiaellátásra és a közlekedésre egyaránt [4]. Az emelkedő hőmérséklet fokozza az evaporációt, amely egyrészt közvetlenül is hatással van a vízbázisok mennyiségi mérlegére, másrészt a mezőgazdasági területek párolgási vesztesége fokozódó öntözési igényt jelent, amely a vízbázisaink túlhasználatát okozza. A nyári hónapok középhőmérsékletével jelentősen emelkedik a felszíni vizek hőmérséklete is. Az elmúlt évtizedekben a Duna átlagos víz hőmérséklete 1 °C-ot emelkedett, de ez az érték augusztus hónapra vonatkozóan meghaladja az 5 °C-ot. 2018 augusztusában a Duna hőmérséklete elérte a 30 °C-ot, amire korábban nem volt példa. Az ilyen jelentős mértékű víz hőmérséklet-emelkedés ökológiai hatásait egyelőre nem ismerjük, de a parti szűrés folyamatában kiemelt jelentőségű mikrobiológiai folyamatok érzékenyen reagálhatnak ennél lényegesen kisebb mértékű változásra is.

Extrém vízállások

Az elmúlt néhány évtizedben a Duna vízjárásában is megjelentek a szélsőségek. A folyó magyarországi szakaszán üzemeltetett mérőpontokon mért legnagyobb és legkisebb vízállást egyaránt 2010 után rögzítették. 2013-ban minden korábbi szintet meghaladó árhullám vonult le a Dunán, a következő évben pedig extrém alacsony vízállás volt mérhető, a kettő közötti különbség meghaladta a 9 métert. A legalacsonyabb vízállás ezt követően 2018 őszén ismét megdőlt a folyó valamennyi hazai mérőpontján. Ha a Duna vízállásidősorait egy grafikonon jelenítjük meg, azt tapasztalhatjuk, hogy a múlt század eleje óta rögzített adatok folyamatos átlagos vízszintcsökkenést mutatnak (2. ábra) [5]. Bár a jelenségben kétségtelenül szerepet játszhat a klímaváltozás, fontos rámutatni, hogy egy hidromorfológiai jelenség, a folyam szabályozás következtében kialakuló medersüllyedés is jelentős befolyásoló tényező. A Duna vízszintjével szemben a vízhozamot rögzítő adatok ekkora mértékű csökkenést nem mutatnak, de itt is megfigyelhető a szélsőséges értékek gyakoribbá válása.



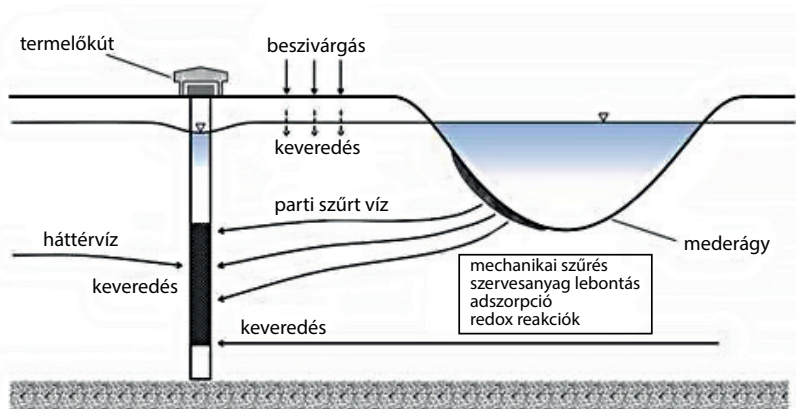
2. ábra. A Duna vízszintjének csökkenő trendje a budapesti vízmércén 1900 és 2016 között [5]

⁴ Meteorológiai meghatározás: nyári nap: $T_{max} \geq 25 \text{ °C}$, hőségnap: $T_{max} \geq 30 \text{ °C}$.

A klímaváltozás okozta jelenségek tehát közvetlen hatással vannak a parti szűrésű vízbázisokkal dinamikus kapcsolatban álló felszíni vizekre és az utánpótlódást befolyásoló csapadékviszonyokra. Ahhoz, hogy az esetleges következményeket sorra vegyük, fontos a parti szűrés folyamatainak áttekintése.

A parti szűrés folyamatai

Magyarországon a víztermelés több mint 30%-a parti szűrésű vízbázisokon alapul, amelyek közös jellemzője, hogy valamely felszíni víztesttel – hazánkban kivétel nélkül folyóval – közvetlen és dinamikus kapcsolatban állnak és ez a kitermelhető víz minőségére és mennyiségére egyaránt hatással van [6]. Fontos rámutatni, hogy ez az arány az üzemelő vízbázisokra vonatkozik, a védelemben helyezett távlati vízbázisaink kivétel nélkül parti szűrésű vízbázisok. Jelenünk és jövőnk tehát egyaránt jelentős mértékben támaszkodik e vízádókra és ez nem véletlenül alakult így. A parti szűrésű vízbázis kútjait a folyómederhez közel, jó vízvezető képességű alluviális kavicssteraszokon alakítják ki. A parti szűrés folyamata során a felszíni víz ezen a néhány száz méter vastag kavics- és durva szemű homokrétegen átszűrődve jut el a víztermelő kútba. A folyó vízének a mederágyba történő beszivárgása és a kút irányába történő áramlása a természetes mozgások mellett a víztermelés hatására következik be. Ez a mesterségesen létrehozott áramlás a vízbázisból kitermelt víz mennyiségének függvényében meghatározza a szivárgási időt, amely a parti szűrés folyamatának fontos tényezője. A szivárgás során olyan mechanikai, fizikai-kémiai és mikrobiológiai folyamatok zajlanak le, amelyek hatására a felszíni víz lebegő- és szervesanyag-tartalma jelentős mértékben csökken, valamint mikrobiológiai paraméterei akár több nagyságrenddel is javulhatnak (3. ábra) [7]. Ideális körülmények között a parti szűrésű kutak által termelt nyersvíz minőségi paraméterei megfelelnek a jelenleg érvényben lévő, szigorú ivóvízszabvány feltételeinek, azaz az így termelt víz akár további kezelés nélkül – esetleg utófertőtlenítés után – továbbítható a hálózatba.



3. ábra. A parti szűrés folyamatai [3]

A parti szűrés kétségtelen előnye tehát, hogy a vízkezelést természetes folyamatokra bízva, így az ivóvíztermelés folyamatában jelentős költség- és energiamegtakarítás érhető el. A parti szűrésű kút által termelt nyersvíz más típusú felszín alatti vizekkel összehasonlítva lényegesen alacsonyabb üzemi költségek árán tisztítható ivóvízzé, ezért a parti szűrésű vízszerezés hazánkban és a világ más országaiban is gyakran, jelentős arányban alkalmazott módszer. A szivárgás során a mederágy adottságainak függvényében a folyó vize változó arányban keveredik a felszín alatti vízzel, így a víztermelő kútból kitermelhető nyersvíz tulajdonképpen e kettő keveréke. A vonatkozó kormányrendelet alapján a szűrt folyóvíz aránya a termelt vízben legalább 50% kell legyen, de az elmúlt évtizedekben elvégzett oxigén- és hidrogénizotópos vizsgálatok is alátámasztják, hogy ez az arány a vízállástól és a hidrogeológiai paraméterektől függően 60% és 95% között változhat [8]. Évtizedek tapasztalatai azt mutatják, hogy szerencsés, ha a szűrt folyóvíz aránya lényegesen nagyobb a felszín alatti víz (úgynevezett háttérvíz) arányához képest. Ez utóbbi általában határérték feletti vas- és mangántartalommal, esetenként nitrogénformákkal szennyezett, így ilyen esetben kiegészítő vízkezelési technológia üzemeltetése elengedhetetlen. A vízbázisból kitermelte víz mennyisége által jelentősen befolyásolt szivárgási időnek meghatározható egy ideális tartománya. Túl gyors szivárgási sebesség esetén a várt mikrobiológiai-kémiai folyamatok nem zajlanak le teljes mértékben és a felszíni vízre jellemző szennyezések elérhetik a termelőkutat. Az ideálisnál lényegesen hosszabb szivárgási idő esetén pedig a víz tartósan anoxikus állapotba kerül és e körülmények között nem kívánt kémiai folyamatok is lezajlanak. Ilyen reakció a már oxidált állapotban lévő vas és mangán visszaoldódása, amelyek koncentrációja így a kút nyersvizében megemelkedik, ez pedig további vízkezelési lépéseket tesz szükségessé [9]. A parti szűrés szivárgási sebessége más víztisztító technológiákkal összehasonlítva különösen alacsonynak mondható, 0,1–0,25 m/nap. Összességében elmondható, hogy egy gondosan megválasztott helyre telepített parti szűrésű kút által termelt víz fogyasztási szempontból kiváló minőségű, a felszíni vizekre jellemző szennyező anyagok többségét a parti szűrés eltávolítja. Megfelelő körülmények között a parti szűrés kifogástalanul működik, de különösen fontos a hidrogeológiai tényezők alapos ismerete és figyelembevétele. A vízbázissal dinamikus kapcsolatban álló folyó vízjárásában és vízminőségében bekövetkező változás beleszólhat a parti szűrés működésébe. A klímaváltozás pedig éppen egy olyan jelenség, amely akár jelentős mértékben befolyásolhatja a vízbázis környezeti peremfeltételeit.

Az éghajlatváltozás lehetséges hatásai a parti szűrésű vízbázisokra

Parti szűrésű vízbázisainknak az éghajlat változásával kétségtelenül új kihívásokkal kell szembenéznünk. A klímaváltozás okozta hatások lehetnek közvetlenek (hőmérsékletváltozás), vagy közvetettek (áramlási viszonyok és a vízminőség változása).

A vízbázis megválasztásánál, tervezésénél és kivitelezésénél figyelembe vett környezeti körülmények, hidrológiai paraméterek változása a korábban kifogástalanul működő folyamatokat felboríthatja, negatívan befolyásolhatja.

Vízjárás

A parti szűrésű vízbázis kútjainak mélysége jellemzően nagyobb, mint a hozzá kapcsolódó folyó fenékszintje. Ebből következően a folyó extrém alacsony vízállása esetén sem szűnik meg a felszíni víztest irányából történő vízáramlás. A folyó szélsőséges vízjárása azonban jelentősen befolyásolja a szivárgás irányát, sebességét és ebből következően a szivárgási időt. Ahogy az előző fejezetekben utaltam rá, a szivárgási idő és sebesség kulcsfontosságú tényező a kitermelhető víz minőségének vonatkozásában. Alacsony vízállás esetén a szivárgás sebessége lelassul, a szivárgási idő megnő a szivárgási zónában és a mikrobiológiai szervezetek által irányított redox folyamatok után további nem kívánt kémiai reakciók zajlanak le. Az alacsony vízállással arányosan lecsökkent vízhozam kapcsán feltételezhető, hogy bizonyos szennyező anyagok fajlagos koncentrációja megemelkedik, hiszen a bevezetett szennyvizek mennyisége változatlan marad. Ez a feltételezés azonban nem minden esetben állja meg a helyét tekintve, hogy az alacsonyabb vízállás kisebb sebességet is jelent, így a folyóban megnő a kiüledés mértéke. Az extrém magas vízállás, árvíz szintén problémát okozhat. Az átmenetileg elöntött területekről meginduló beszivárgás megváltoztatja az áramlás irányát és sebességét, továbbá a felszíni víz szivárgása egy olyan zónán keresztül valósul meg, amely korábban nem állt közvetlen kapcsolatban a folyóval, így biológiailag aktív zóna nem alakult ki. Ez nem várt szennyező anyagok, esetleg patogén szervezetek megjelenését eredményezi a kútban. Megállapítható, hogy a vízbázis szempontjából a kiegyenlített, szélsőségektől mentes vízjárás ideális. A klímaváltozás hatására bekövetkező és tartósan fennálló szélsőséges vízállások következtében gyakoribbakká válhatnak az anoxikus körülmények és szennyezőanyag-betörések, mindez pedig ingadozó vízminőséget okozhat a termelőkutakban [10].

Hőmérséklet

A parti szűrésű vízbázis egyes zónáiban hasonlóan az oxigéntelítettséghez, eltérő hőmérsékletű régiók alakulnak ki. A Duna menti vízbázisok termelőkútjaiban mérhető hőmérséklet 12–14 °C. A vízhőmérséklet közvetlen összefüggésben áll a víz viszkozitásával, így befolyásolja a szivárgási sebességet és időt. A felszíni víztest szélsőségesen magas hőmérséklete a kialakult ökoszisztéma felborulását okozhatja. Egyes mikrobiológiai és magasabb rendű szervezetek pusztulásával toxikus vegyületek jelenhetnek meg, más szervezetek, mint az algafélék túlszaporodása pedig jelentős mértékben csökkenti a felszíni víz oxigénsaturációját. Az oldott oxigéntartalom fordítottan arányos a víz hőmérsékletével, 10 °C hőmérsékletű vízben 11,5 mg/L oxigén koncentráció lehet, 20 °C-on már csak 9,4 mg/L. Bár a Duna esetében részletes vízminőségi adatsor a 2018-as tartós kisvízi állapotról egyelőre nem áll rendelkezésre, az elsődleges tapasztalatok azt mutatják, hogy a tartósan alacsony vízállás mind lebegőanyag-tartalom, mind pedig oldott szervesanyag-tartalom tekintetében inkább pozitív hatást fejtett ki. Előbbi a lecsökkent vízsebességnek, utóbbi pedig a feldúsult koncentrációban jelen lévő és megnövekedett aktivitású mikrobiológiai szervezeteknek volt köszönhető.

Természetesen a kémiai reakciók sebessége, illetve a mikrobiológiai szervezetek aktivitása is összefüggésben áll a hőmérséklettel. A hőmérséklet emelkedése vízi környezetben a biokémiai

folyamatok reakciósebességének emelkedésével jár. Ez elsősre pozitív hatásnak tűnhet, hiszen a kívánt reakciók rövidebb idő alatt zajlanak le, de figyelembe véve, hogy ez az oxigén gyors fogyásával is jár, megnövekszik a parti szűrési zóna anoxikus tartománya, amely a vízminőségre nézve nem szerencsés, továbbá a korábban jó oxigénszaturációjú zónában élő mikroorganizmusok pusztulását idézheti elő.

Szennyező anyagok

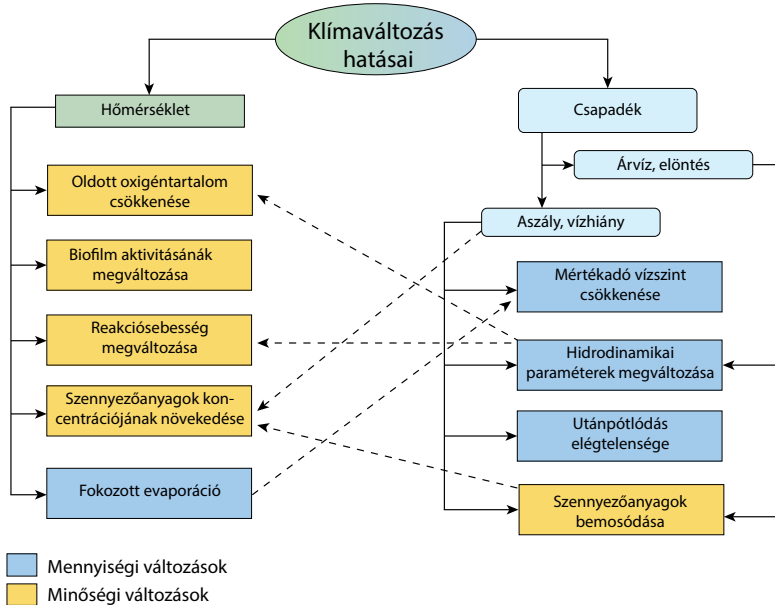
A tartósan alacsony vízállás hatására a folyómeder közelében fekvő felszín alatti zónák víz-áramlása megváltozik. A folyó kiegyenlítő hatásának megszűnésével bizonyos hidrogeológiai feltételek mellett a felszín alatti víz – esetünkben főleg talajvizet értve – a folyó felé áramlik. Ennek következtében a folyó vízében megjelenhetnek korábban nem, vagy csak lényegesen kisebb koncentrációban jellemző, a talajvíz által oldott, szállított szennyező anyagok. Erre volt jó példa 2018 októberében a budapesti „gázgyári szennyezés”. A mára már megszűnt és aktív tevékenységet nem folytató Óbudai Gázgyár mintegy 70 évnyi működése során jelentős mennyiségű gyártási mellékterméket helyezett el a talajon és a felszín alatt, amely jelentős mértékű talajvíz-szennyezést okozott. Ezek a szennyező anyagok – jellemzően etil-benzol, arzén, nehézfémek és cianidok – az alacsony vízállásnak köszönhetően megjelentek a Dunában és a szennyezés emissziós pontján a határértéket sokszorosán meghaladó koncentrációban voltak jelen. Mivel a főváros több vízbázisa is a szennyezés alatti folyószakaszon helyezkedik el, ezért a Fővárosi Vízművek soron kívül vizsgálta a szennyezés hatását, de ezt a vízbázisban sem sikerült kimutatni, amely főleg a folyó hígító hatásának köszönhető [11].

A mind gyakoribbá váló szélsőséges csapadékjelenségek, villámárvizek megnövelik a szennyező anyagok bemosódásának kockázatát. A kommunális szennyvizet ártalmatlanító szennyvíztisztító telepek egy része nem képes a csapadékvíz hatására megnövekedett mennyiségű szennyvíz fogadására. Bár ma Magyarországon a csapadék- és szennyvízhálózat elválasztott rendszerben működik, változó mértékben, de fennáll a csapadékvíz-terhelés problémája. Egy ilyen esemény kialakulásakor a szennyvíztisztító telep üzemeltetője inkább a szennyvíz befogadóba történő kormányzása mellett dönt, a technológia megkerülésével. Ezzel az egyébként jól működő telepet komoly üzemzavarától óvja meg, ám a befogadó oldott szerves szén-koncentrációja (DOC⁵), kémiai oxigénigénye (KOI) ideiglenesen megemelkedhet. A parti szűrésű vízbázisok biológiailag aktív zónája többek között a felszíni víz szervesanyag-tartalmát csökkenti, de a koncentrációban történő változás következménye lehet a szennyező anyag termelőként való megjelenése. Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a Magyarországot az elmúlt évtizedekben sújtó két legnagyobb ipari katasztrófa, a tiszai ciánszennyezés és az ajkai vörösiszap-katasztrófa kialakulásában több más tényező mellett szerepet játszott a tározók megnövekedett csapadékvíz-terhelése. A szélsőséges időjárás tehát hozzájárulhat a havária-események kialakulásához is.

Mikrobiológiai szervezetek redukciójában a parti szűrés jól teljesít, akár több nagyságrenddel is csökkenhet a felszíni víz összcsíraszám, illetve a patogének (E. coli, Pseudomonas,

⁵ DOC – Dissolved Organic Carbon: oldott szerves szén.

Enterococcusok) száma [12]. Az ivóvízbázist veszélyeztető mikrobiológiai szervezetek száma és a klímaváltozás között egyelőre nem sikerült közvetlen kapcsolatot találni, ám a felszíni víz hőmérsékletének emelkedése befolyásolhatja túlélési képességüket. Az éghajlatváltozás parti szűrésű vízbázisokra ható közvetlen és közvetett hatásait a 4. ábra foglalja össze.



4. ábra. Az éghajlatváltozás közvetlen és közvetett hatásai parti szűrésű vízbázisokra
(Készítette: a szerző)

Összefoglalás

A klímaváltozás kapcsán talán a legfontosabb leszögezni, hogy bár egy globális jelenségről van szó, közvetlen és közvetett hatásainak vizsgálata mindenképpen lokális feladat. Az adott régió éghajlatának, domborzatának és urbanizációjának függvényében más-más problémákkal kell szembenéznünk. Magyarország mind klimatológiai, mind pedig földrajzi szempontból szerencsés helyen fekszik és bár az antropogén hatás átlagosnak mondható, folyóink, tavaink az európai átlagnál valamivel kisebb mértékben szennyezettek. A jó kiindulási állapot fontos, mert a legfrissebb kutatások alapján hazánkban a klímaváltozás elsősorban az időjárás szélsőségeinek fokozódásához és az átlaghőmérséklet emelkedéséhez vezet, ami különböző módokon, de megnövekedett terhelést jelent vízbázisainkra. A hazai ivóvízellátás jelentős részét biztosító parti szűrésű vízbázisok stabil, jól működő rendszerek. Ezt a stabilitást odafigyeléssel, a lehetséges scenáriók számbavételével és az azokra történő alapos felkészüléssel tudjuk megőrizni.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.1-16-2016-00025, projekt címe: A vízgazdálkodási felsőoktatás erősítése az intelligens szakosodás keretében).

The Project is supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund (grant agreement: EFOP-3.6.1-16-2016-00025, project title: Strengthening higher education in water management through intelligent specialization).

Felhasznált irodalom

- [1] Országos Meteorológiai Szolgálat: 2018 a legmelegebb év 1901 óta Magyarországon – előzetes éghajlati értékelő (2019). Forrás: www.met.hu/omsz/OMSZ_hirek/index.php?id=2384 (A letöltés dátuma: 2019. 01. 06.)
- [2] FÖLDI László – KUTI Rajmund (2012): Extreme weather phenomena, improvement of preparedness. *Hadmérnök*, 7. évf. 3. sz. 60–65. Forrás: http://hadmernok.hu/2012_3_kuti_foldi.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 14.)
- [3] GODA Zoltán (2018): A villámárvizek meteorológiai háttere. In BÍRÓ Tibor szerk.: *Országos Települési Csapadékvíz-gazdálkodási Konferencia Tanulmányai*. Kézirat. 156–164.
- [4] FÖLDI László – KUTI Rajmund (2014): Extreme weather phenomena 2. The process of remediation. *Hadmérnök*, 9. évf. 2. sz. 250–256. Forrás: www.hadmernok.hu/142_23_foldil_kr.pdf (A letöltés dátuma: 2018. 11. 14.)
- [5] NAGY-KOVÁCS Zsuzsanna et al. (2018): Operational Strategies and Adaptation of RBF Well Construction to Cope with Climate Change Effects at Budapest, Hungary. *Water*, 10. évf. 12. sz. 1751. Forrás: www.mdpi.com/2073-4441/10/12/1751 (A letöltés dátuma: 2018. 11. 29.) DOI: <https://doi.org/10.3390/w10121751>
- [6] A felszín alóli víztermelés víztípusok szerint (1985–). Központi Statisztikai Hivatal. Forrás: www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_uw003.html (A letöltés dátuma: 2018. 11. 12.)
- [7] HISCOCK, K. M. – GRISCHEK, Thomas (2002): Attenuation of groundwater pollution by bank filtration. *Journal of Hydrology*, No. 266. 139–144. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00158-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00158-0)
- [8] DEÁK József et al. (1992): Parti szűrésű kutak vízének eredete trícium koncentrációjuk és oxigén izotóparányaik felhasználásával. *Hidrológiai Közlöny*, 72. évf. 4. sz. 204–210.
- [9] SALAMON Endre – GODA Zoltán – BEREK Tamás (2018): Analysis of reverse osmosis filter permeability. *Pollack Periodica: An international journal for engineering and information sciences*, Vol. 13, No. 3. 221–230. Forrás: <https://akademai.com/doi/pdf/10.1556/606.2018.13.3.21> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 01.) DOI: <https://doi.org/10.1556/606.2018.13.3.21>
- [10] VON ROHR, Matthias Rudolf et al. (2014): Column studies to assess the effects of climate variables on redox processes during riverbank filtration. *Water Research*, No. 61. 263–275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.05.018>
- [11] *Budapest ivóvízellátása biztonságos* (2018). Fővárosi Vízművek. Forrás: www.vizmuvek.hu/hu/fovarosi-vizmuvek/tarsasagi-informaciok/mediaszoba/hirek-informaciok/hireink/4378 (A letöltés dátuma: 2019. 01. 05.)
- [12] SALAMON Endre – GODA Zoltán (2019): Coupling Riverbank Filtration with Reverse Osmosis May Favor Short Distances between Wells and Riverbanks at RBF Sites on the River Danube in Hungary. *Water*, Vol. 11, No. 1. 113. Forrás: www.mdpi.com/2073-4441/11/1/113 (A letöltés dátuma: 2019. 01. 05.) DOI: <https://doi.org/10.3390/w11010113>