

Stav a výhled vnitrozemských vodních ekosystémů ve světě

Voda je hybnou silou veškeré přírody.

Leonardo da Vinci: Della natura, peso e moto delle acque (1510–1512)

Jan Plesník, Lubomír Hanel

Voda představuje pro člověka mnohem více než pouze chemický vzorec H_2O . Zůstává nezbytným předpokladem existence života na Zemi: ostatně kosmologové při hledání života mimo naši planetu pátrají pomocí sofistikovaných sond právě po vodě, na niž jsou v různé míře vázány všechny dosud známé organismy. Přitom ještě v 19. století voda nikomu vrásky na čele nedělala: byla všeobecně považována za nevyčerpatelný

obnovitelný zdroj – a podle toho se s ní také nakládalo. Pokračující tlak člověka na přírodu, zesílený v 50. letech 20. století, kdy začalo období mohutného rozvoje lidské společnosti, výstižně označované jako Velké zrychlení, se nemohl neprojevit také na vodních ekosystémech. Zkusme se proto zamyslet nad jejich současným stavem a pravděpodobnou budoucností. Na jejich kvalitě a množství jsme totiž jako lidstvo zcela závislí.



V roce 1953 zatopily část údolí v Mavrovském národním parku v Severní Makedonii vody přehradní nádrže. Foto Jan Plesník

Voda má, voda má....

Při prvním pohledu na školní glóbus se zdá, že s vodou bychom nemuseli mít žádné problémy. Vždyť oceány pokrývají 71 % zemského povrchu a je v nich soustředěno 95,4 % světových zásob vody, pochopitelně slané. Téměř 53 % veškeré sladké vody v sobě skrývají ledovce, ať už pevninské, nebo plovoucí kry. V globálním měřítku se jedná o 1,9 % celkové zásobárny životadárné kapaliny. Naproti tomu podzemní zdroje představují 1,6 % veškeré H_2O na zeměkouli. Jinak řečeno, 46 % sladké vody musíme hledat pod zemí. Navíc 0,007 % celosvětového objemu vody shromažďují vnitrozemská slaná jezera, kdežto 0,004 % připadá na půdní vlhkost. K tomu připočteme, že v ovzduší je vody ještě pětikrát méně, než činí její objem vytvářející v půdě humiditu, a že rovněž množství vody v organismech můžeme z celoplanetárního pohledu považovat za zanedbatelné.

Povrchová sladká voda tvoří skutečně pouhý zlomek, konkrétně 0,0016 %, všech zásob vody vyskytujících se na Zemi. Přitom jen 0,8 % z tohoto množství obsahují řeky: zdaleka největší podíl najdeme v jezerech, tůních a dalších přírodních vodních tělesech a umělých vodních nádržích, jako jsou přehradní jezera nebo rybníky, a také v jiných typech mokřadů (USGS 2022a).

Střízlivé odhady hovoří o tom, že celkový objem vody na Zemi dosahuje jen těžko představitelných 1 389 000 000 km^3 . Uvedené číslo může ve čtenáři snadno vyvolat dojem, že uvedená látka zůstává i nadále snadno dostupným zdrojem. Jak si ukážeme v následujícím textu, opak je pravdou. Vždyť člověk může z obřích globálních zásob vody odebírat pouhé 1–2 % (Mc Cartney *et al.* 2022, Bănăduc *et al.* 2024).

Vodní koloběh, ze všech přirozených látkových cyklů co do objemu největší, bývá často zpodobňován v poněkud zjednodušené formě, která nebere v úvahu zásahy lidské civilizace do něj, což vyvolává oprávněnou kritiku (Abbott *et al.* 2019a, 2019b, Antonelli *et al.* 2024). Zatím nejúplnější, navíc interaktivní schéma fungování globální hydrosféry (souboru veškerého vodstva Země) uveřejnil opět uznávaný Geologický průzkum Spojených států (USGS 2022b): vychází me z něj proto i v našem článku.

V dalších řádcích se soustředíme na vnitrozemské vodní ekosystémy, tedy vodou ovlivněné ekosystémy vyskytující se v rámci souše. Bývají ponejvíce sladkovodní: zahrnují zejména



Vodní plochy ve městech spoluvytvářejí modro-zelenou infrastrukturu. Na snímku rybník v Centrálním parku na Praze 13. Foto Jan Plesník

veškeré vodní toky a přírodní a umělé nádrže a nejrůznější mokřady. Nicméně k nim řadíme také vnitrozemská slaná jezera, někdy označovaná jako moře, a ústí řek a mokřady s brakickou (smíšenou) vodou.

Nejde jen o kvantitu

Pro fungování ekosystémů i lidské civilizace zůstává mimořádně důležité nejen množství dostupné vody, ale i její stav, zejména složení.

Znečišťování prostředí cizorodými látkami bývá spolu s probíhajícími a očekávanými změnami podnebí a četnými posuny v biologické rozmanitosti pokládáno za jeden ze tří nejvýznamnějších globálních problémů vyvolávajících environmentální krizi (UNEP 2021). Do vnitrozemských vod se dostává široká škála chemických prvků a sloučenin. Patří mezi ně mj. radioaktivní prvky, jako je stroncium nebo radon, těžké kovy, průmyslová rozpouštědla a těkavé organické sloučeniny, kupř. benzen nebo freony (CFC), chemické látky používané v zemědělství (pesticidy, růstové stimulanty či hormony), zplodiny paliv, nanočástice, zbytky léčiv používaných v humánní i veterinární medicíně, kosmetických výrobků, očkovacích látek a antikoncepčních prostředků, mycí a čistící prostředky (detergenty) a mikroplasty (Bashir *et al.* 2020).

Důležitým zdrojem znečištění vnitrozemských vodních ekosystémů se staly odpadní vody. V současnosti lidstvo vytváří ročně přibližně 360 km^3 odpadních vod, z nichž 48 % proniká do prostředí bez jakéhokoli čištění a jen 11 % bývá opětovně použito, nejčastěji pro

zavlažování (Jones *et al.* 2021). Realistické prognózy tvrdí, že se objem odpadních vod do roku 2050 zdvojnásobí (Qadir *et al.* 2020). Na 360 000 km^2 , tedy ploše odpovídající rozloze SRN, se ke zavlažování používá odpadní voda nebo se hnojí tuhými kaly z čistíren odpadních vod (Mateo-Sagasta *et al.* 2018). Nevýčištěné komunální a průmyslové odpadní vody již stačily znečistit přinejmenším tři čtvrtiny vnitrozemských vod (Vargas-Gonzales *et al.* 2014).

Další vskutku globální problém představuje obohacování prostředí o živiny, zejména dusík a fosfor, lidskou činností (McDowell *et al.* 2020). Dlouhodobé používání syntetických hnojiv a těžba fosfátu navýšily přísun do prostředí u fosforu dvakrát a u dusíku třikrát (FAO 2024). Ve vodním prostředí eutrofizace charakterizuje nadměrný růst sinic, řas a cévnatých rostlin. Jejich biomasa, označovaná jako „vodní květ“, ničí ekonomicky významný rybolov a ohrožuje produkovanými toxiny zdraví nejen volně žijících živočichů a hospodářských zvířat, ale i člověka (Kazmi *et al.* 2022, Akinnawo 2023).

Doba plastová se podepisuje i na vnitrozemských vodách

V poslední době se stále častěji hovoří o znečišťování prostředí umělými hmotami. Plasty se splachem dostávají do vodních toků, které je přenášejí do moře, kde se v místech styku mořských proudů hromadí v podobě často rozsáhlých odpadkových skvrn. Větší kusy umělých hmot se ve vodním prostředí rozkládají



Zambie hostí celou jednu třetinu celkové populace hrocha obojživelného (*Hippopotamus amphibius*) čítající 130 000 jedinců (řeka Zambezi na hranici mezi Zambií a Zimbabwe). Foto Jan Plesník

na mikroplasty, jež obvykle mívají v průměru méně než 5 milimetrů (van Emmerik *et al.* 2022, Thompson *et al.* 2024). Dostávají se do potravních řetězců (Firdousie *et al.* 2021) s výrazně negativním dopadem na vrcholového konzumenta – člověka (Emenike *et al.* 2023). V důsledku chemického složení a výrazného poměru mezi povrchem a objemem vychytávají z okolního prostředí těžké kovy a organické látky včetně jedovatých sloučenin a karcinogenních látek (Bashir *et al. l.c.*). Řeky dopraví v celém světě do moře každoročně 0,5–1 milion tun plastů (Meijer *et al.* 2021, Strokal *et al.* 2023). Dunaj mezi Vídní a Bratislavou obsahoval v 1000 m³ vody v průměru 317 umělohmotných položek o celkové hmotnosti 4,8 gramů: v tomto úseku evropského veletoku se tak vyskytovalo více částic a kusů umělých hmot než rybích larev (Lechner *et al.* 2014).

Voda a lidé

Vnitrozemské vodní ekosystémy poskytují lidstvu celou řadu nenahraditelných ekosystémových služeb, jako je pitná voda, voda na zavlažování, pro průmysl a domácnosti, potraviny (40 % všech bílkovin získávaných ve světě z ryb), zachycování živin, snižování znečištění prostředí, regulace mikroklimatu, příležitosti pro rekreaci, regulace složení plynů v ovzduší a ukládání uhlíku mimo atmosféru (Albert *et al.* 2020, TNC 2022, Vári *et al.* 2022). Jejich celková roční peněžní hodnota je bez ohledu na v globálním rozsahu zanedbatelnou plochu vnitrozemských vod dokonce větší než v případě lesů mírného pásu či travinných porostů (Costanza *et al.* 2014).

Lidská civilizace využívá celkem 24 000 km³ vody za rok, přičemž největší část spotřebovávají plodiny a pastviny z půdy (zelená voda) a jen 4 300 km³ přímo člověk, pochopitelně z povrchových a podzemních zdrojů (modrá voda, USGS 2022b). I přes poměrně malý objem povrchových vod z nich pochází většina naší přímé spotřeby, konkrétně 75 %. Klíčovou zásobárnou lidstva pitnou vodou se nepřekvapivě stala jezera (UNEP 2024).

Podzemní voda přispívá ke spotřebě vody lidskou civilizací asi čtvrtinou (Loaiciga & Doh 2024). Recyklovaná voda zabezpečuje pouhých 0,17 % vody využívané lidmi (Jones *et al. l.c.*). Objem odsolené mořské vody, i když postupně narůstá, je v globálním měřítku stejný jako v případě vyčištěné odpadní vody (Scanlon *et al.* 2023).

Přibližně 70 % lidmi celosvětově odebrané vody se uplatní v zemědělství, zejména při zavlažování, téměř 20 % vyžaduje průmysl, zatímco 12 % zamíří do lidských sídel a do nejrozmanitější infrastruktury. Uvedená čísla se ale výrazně mění v závislosti na hospodářské vyspělosti příslušného státu nebo části světa: v nejchudších zemích spolyká zemědělství 90 % celkově využitě vody. Přestože spotřeba vody v Evropě a Severní Americe od začátku 80. let 20. století klesá, od nástupu 60. let 20. století se globálně navýšila 2,5×: největší nárůst padá na vrub lidským sídlům (UN 2024). Odklon od tepelných elektráren a stále delší období sucha zejména ve Středomoří vedou k tomu, že nejvyšší podíl spotřeby vody v Evropě již nepřipadá na chlazení elektráren, ale také na zemědělskou výrobu (EEA 2021).

Přístup každého obyvatele naší planety ke kvalitní pitné vodě, dostupné navíc v dostatečném množství, byl v roce 2010 prohlášen Valným shromážděním OSN jedním ze základních lidských práv (UN 2010). Skutečnost je bohužel dlouhodobě poněkud jiná. Skoro polovina lidstva v současnosti trpí aspoň část roku nedostatkem jakékoli vody (IPCC 2023). Mimořádně velkému deficitu životadárné kapaliny čelí čtvrtina obyvatel naší planety a 2,2 miliardy lidí se nedostanou k bezpečně obhospodařované pitné vodě (UN 2024).

Nejběžnějšími bariérami ve vodních tocích i přes nepochybné pozitivní přínosy lidské společnosti zůstávají přehrady. Celková kapacita 58 000 velkých přehrad s hrází vyšší než 1,5 m se odhaduje na 7 000–8 000 km³, přičemž další 3 000 se nacházejí ve výstavbě nebo se jejich budování plánuje, ponejvíce v rozvojových zemích (Mulligan *et al.* 2020). Záměr na výstavbu přehrad se týká 260 000 km dosud volně tekoucích řek, *i.e.* délky šestkrát přesahující rozměr rovníku (Thieme *et al.* 2021). I když budování přehrad v bohatých zemích významně zlepšilo dostupnost povrchové vody, nesprávně vybudované a spravované vodní nádrže zhoršují ekologickou propojenost řek jejich fragmentací a nezanedbatelně ovlivňují kvantitu a kvalitu vody i biotu dále po proudu (Brauer & Beheregary 2020, OECD 2024).

Biota ve vnitrozemských vodních ekosystémech

Sladkovodní ekosystémy zauímají asi 3 % povrchu souše: nicméně jen 60 % z uvedené rozlohy tvoří stálé vodní plochy (Messenger *et al.* 2021). Přesto hostí desetinu dosud vědou popsaných druhů hub, rostlin, bezobratlých a obratlovců včetně celé řady endemických taxonů (Kopf *et al.* 2015). Mimořádný význam uvedeného typu prostředí potvrzuje fakt, že řeky a jezera zabírající < 1 % povrchu planety osídluje stejný počet druhů paprskoploutvých ryb (Actinopterygii) jako veškerý oceán rozprostírající se na ploše více než 71× rozlehlejší (Dudgeon 2019).

Sladkovodní biologickou rozmanitost nejvíce ovlivňují změny využívání území, již zmiňovaná fragmentace a homogenizace průtoku přehradami, invazní nepůvodní druhy, změny podnebí, eutrofizace, odběr vody a nadměrné využívání lovem a rybolovem. Stejně jako v případě suchozemských ekosystémů nejsou klimatické změny hlavní příčinou posunů v biodiverzitě sladkých

Vnitrozemské vody a změny podnebí

Vzhledem k rozsahu koloběhu vody jej změny podnebí ovlivňují prostřednictvím řady procesů celý, byť s různou intenzitou a rozdílnými dopady. Příímý vliv na vnitrozemské vodní ekosystémy mají zejména posuny v množství a rozložení srážek a v teplotě prostředí: mění se jejich teplota i průtok a také dostupnost vody (UN 2020). Hromadné sdělovací prostředky často věnují pozornost viditelným úbytkům ledovců, permafrostu a sněhové pokrývky (IPCC 2019).

Mimořádné povětrnostní jevy někdy dávávané do souvislosti s klimatickými změnami zahrnují také přírodní katastrofy, kdy je vody příliš, nebo naopak málo. Extrémně silné srážky a povodně se v současnosti na Zemi vyskytují čtyřikrát častěji než v roce 1980 (UN 2020, WHITE *et al.* 2021). V letech 2002–2021 si ve světě vyžádaly 100 000 lidských životů, dopadly na další 1,6 miliardy lidí a způsobily škodu 832 miliard USD (19,9 bilionů Kč). V uvedeném období sucha ztížila život 1,4 miliardě obyvatel naší planety, usmrtila 21 000 dalších a přičítáme jim hospodářskou újmu v hodnotě 170 miliard USD (4,1 bilionu Kč) (UN 2024).

Scénáře dopadů klimatických změn předpokládají další navýšení četnosti a důraznosti období sucha a povodní (IPCC 2022, 2023). Nedostatek vody se může projevit ještě výrazněji než dosud a povede ke zvýšené migraci obyvatelstva z postižených oblastí a k válkám o vodní zdroje. (UN 2024). Přitom v roce 2023 proběhlo ve světě v souvislosti s vodními zdroji 379 ozbrojených sporů, přičemž v 38 % případech z nich šlo o konflikt mezi nejméně dvěma státy (PACIFIC INSTITUTE 2024).

Současné působení růstu lidské populace, zvyšování životní úrovně, změny ve vzorcích spotřeby a pokračující urbanizace mohou spolu s dopadem změn podnebí místy urgentní poptávku po vodě na naší planetě ještě prohloubit (UN 2020).

vod: tím zůstávají výše uvedené antropogenní faktory (Dobson *et al.* 2021, Caro *et al.* 2022).

O ohrožení bioty vnitrozemských vod nejlépe vypovídá skutečnost, že vykazují větší podíl dosud vyhubených nebo vyhynulých druhů a větší ztrátu biotopů než souš a moře: vymření ohrožuje asi třetinu tamějších druhů (TNC *l.c.*).

Co s tím...

Soustava vnitrozemských vodních ekosystémů může být oprávněně přirovnávána ke krevnímu



Řeka Yellowstone zůstává nejdelším neregulovaným vodním tokem v USA (s výjimkou Aljašky a Havajských ostrovů) a každoročně zaplavuje okolní pozemky. Foto Jan Plesník



Ve floridském národním parku Everglades vytváří nenáročná ostřicím příbuzná mařice (*Claudium* spp.) v oblastech, prostoupených sladkovodními kanály, rozlehlé zaplavované prérie. Foto Jan Plesník

řečišti biosféry. V článku uvedené údaje výmluvně dokládají, že stav vnitrozemských vod ve světě není zrovna příznivý. I když proměnlivost podnebí vyvolává určité změny ve vodním cyklu (viz rámeček vlevo), hlavním činitelem působícím na vnitrozemské vodní ekosystémy zůstávají zásahy člověka, zejména odběr vody pro zavlažování.

Různorodý a zvyšující se dopad člověkem vyvolaných vnějších hnacích sil na vnitrozemské vodní ekosystémy známe již celá desetiletí, stejně jako jej omezující nebo zmírňující účinná řešení využívající jak přírodní, tak technické postupy. Péče o ně vyžaduje, aby povrchové a podzemní vody byly považovány za jediný vzájemně

propojený zdroj a také tak obhospodařovaný (Scanlon *et al. l.c.*, Moore *et al.* 2024). V řadě případů bývá účinné uplatnění ekosystémového přístupu, *i.e.* integrovaná péče o říční povodí (McMillan *et al.* 2006, Giakoumis & Voulvoulis 2018, Gleeson *et al.* 2020, WWF 2023), nebo oběhového vodního hospodářství (UN 2020). Určitou naději dává skutečnost, že při jejich aplikaci v praxi můžeme využít politické podpory, jež se dostává opatřením zmírňujícím dopady změn podnebí a přizpůsobující se jim. ■

Seznam literatury najdete na www.casopis.ochranaprirody.cz