

B. Povrchové vody

Povrchové vody jsou všechny vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Tento charakter neztrácejí, ani když přechodně protékají zakrytými úseky, přírodními dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních.

Dělí se na vody **kontinentální** a vodu **mořskou**. Kontinentální povrchové vody jsou jednak tekoucí (vodní toky)¹, jednak stojaté (jezera, nádrže, rybníky). **Brakická voda** je voda při ústí řek do moře, která vzniká mísením mořské a říční vody. Jde o vodu **estuárů**².

Formování složení povrchových vod

Složení kontinentálních povrchových vod je ovlivněno:

- a) geologickou skladbou podloží a složením dnových sedimentů
- b) hydrologicko-klimatickými poměry (srážkovými a teplotními poměry, ročním obdobím, dálkovým transportem závadných látek)
- c) půdně-botanickými poměry (zalesněním, druhem půd)
- d) antropogenní činností (průmyslem, zemědělstvím, komunálními odpady)
- e) příronem podzemních vod

Zdroje znečišťování povrchových vod jsou trojího druhu:

- a) bodové (znečištění je do vodního útvaru přiváděno soustředěně a je možné zjišťovat jeho kvalitu i kvantitu, např. odpadní vody z městských čistíren a přímé vstupy průmyslové, městské a dešťové kanalizace do toků)
- b) plošné (splachy z okolní půdy, především zemědělsky obdělávané, atmosférické depozice)
- c) difúzní (rozptýlené bodové zdroje)

Hovoří se také o **tepelném znečištění**, které je způsobeno nadměrným přívodem tepla do vodního útvaru (důsledkem je snížení rozpustnosti kyslíku ve vodě, zrychlení biochemických procesů, s čímž souvisí zvýšená spotřeba kyslíku a nepříznivý vliv na vodní organismy).

Kontinentální povrchové vody vznikají z vody **podzemní** a **atmosférické**. Pokud jako zdroj převažují vody atmosférické, je povrchová voda z nich vznikající jen málo mineralizovaná (např. ledovcové vody, vody z tání sněhu). Na dalším formování jejího složení se podílejí vlivy uvedené od bodu a) až d). Takto vzniklé vody podléhají chemickým a biochemickým přeměnám (oxidaci, redukci, sorpci, komplexaci, nitrifikaci, denitrifikaci aj.).

¹ Za **tekoucí povrchové vody** se považují toky, v kterých nedochází k teplotní ani jiné stratifikaci a k jarní a podzimní cirkulaci.

² **Estuár**, resp. **estuárium** je nálevkovité ústí řeky, zejména do moře.

Základním kvalitativním složením se povrchové vody od podzemních vod příliš neliší, rozdíly jsou v poměrném zastoupení jednotlivých složek. Chemická rozmanitost je u většiny povrchových vod menší než u vod podzemních, výjimku tvoří bezodtoková jezera. Převažujícím hydrochemickým typem je molární typ $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$, popř. $\text{SO}_4\text{-Ca}$, který se však vyskytuje podstatně méně často než u vod podzemních, a zcela výjimečně typ $\text{Cl-HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na}$. V aridních oblastech (oblasti s dlouhou dobou sucha) je složení povrchových vod do značné míry ovlivněno vypařováním a v důsledku vylučování CaCO_3 může být dominujícím kationtem sodík.

Zatímco podzemní vody jsou často v anoxickém stavu a obsahují větší koncentrace CO_2 , u povrchových vod je tomu opačně. Povrchové vody obsahují rozpuštěný kyslík a jen malé koncentrace oxidu uhličitého. Pouze v hypolimniu (viz teplotní stratifikace) stojatých vod bývají anoxické podmínky, event. i vyšší koncentrace CO_2 v důsledku biologického rozkladu organických látek). Dále se liší obsahem organických látek. Podzemní vody bývají v důsledku infiltrace půdou a horninovým prostředím jen málo organicky znečištěny. Naproti tomu povrchové vody nejsou před antropogenním znečištěním přirozeným způsobem chráněny a koncentrace organických látek v nich může být značná.

B1. Tekoucí povrchové vody

Chemické složení tekoucích povrchových vod

Podrobné údaje o složení tekoucích povrchových vod v ČR lze nalézt na webových stránkách ČHMÚ (www.chmi.cz), komplexní údaje o kvalitě tekoucích vod jsou shrnuty v ročenkách ČHMÚ. Na základě těchto údajů lze učinit následující shrnutí.

Celková mineralizace vod bývá v rozmezí 100 mg.l^{-1} až 500 mg.l^{-1} . Hodnoty blízké se 500 mg.l^{-1} nebo přesahující tuto hodnotu jsou výjimečné (např. vody protékající vápencovými nebo dolomitovými útvary, vody značně znečištěné průmyslovými odpadními vodami). Výjimečně se však vyskytují i povrchové vody s celkovou mineralizací nad i $1\,000 \text{ mg.l}^{-1}$ (např. Olše, Trkmanka, Chodovský potok). Velmi malou mineralizaci, pod 100 mg.l^{-1} (asi pod 2 mmol.l^{-1}) mívají vody na horních částech toků, vody vzniklé táním sněhu nebo vody protékající oblastmi vyvěřelých hornin.

Koncentrace nerozpuštěných látek se pohybuje u čistých toků obvykle v jednotkách mg.l^{-1} . V období povodní se zvětšuje na desítky až i stovky mg.l^{-1} v důsledku splachu látek z okolní půdy. Větší koncentrace se nacházejí ve vodách znečištěných městskými a průmyslovými odpady.

Koncentrace **rozpuštěného kyslíku** je funkcí teploty, hydraulických podmínek, koncentrace biologicky rozložitelných organických látek a fotosyntézy. U neznečištěných toků činí obvykle 85 % až 95 % nasycení. V letním období bývají koncentrace rozpuštěného kyslíku 8 až 12 mg.l^{-1} a v zimním období 6 až 8 mg.l^{-1} . V tocích organicky znečištěných (vykazují vysoké hodnoty BSK_5), může ale koncentrace rozpuštěného kyslíku v důsledku rozkladných biologických procesů poklesnout,

v extrémním případě až na nulovou hodnotu. Voda se naopak může přesytit kyslíkem na turbulentních místech toku a fotosyntetickou asimilací organismů, především při jejich nadměrném rozvoji (tento druhý zdroj kyslíku přichází v úvahu především u stojatých vod, avšak významný je i v tocích). Pokud je zdrojem kyslíku fotosyntetická asimilace, nutno počítat s kolísáním jeho koncentrace. Tyto změny se zřetelně projevují při vyšších koncentracích chlorofylu-a (nad 100 $\mu\text{g.l}^{-1}$). Změny koncentrace kyslíku se pohybují v několika jednotkách mg.l^{-1} . Koncentrace kyslíku v tocích by neměla poklesnout pod 6 mg.l^{-1} .

Koncentrace **volného oxidu uhličitého** je v povrchových vodách (na rozdíl od vod podzemních) velmi nízká. Oxid uhličitý pochází jednak z **atmosféry**, jednak vzniká **disimilací vodních rostlin a biologickým rozkladem organických látek**. Proto je koncentrace rozpuštěného CO_2 obvykle poněkud vyšší, než odpovídá rovnovážné koncentraci vzhledem k parciálnímu tlaku CO_2 v atmosféře. Jde většinou o koncentrace z hygienického a technického hlediska nevýznamné, takže se vodný oxid uhličitý v povrchových vodách většinou nestanovuje.

Hodnota pH neznečištěných povrchových vod se pohybuje v rozmezí asi od 6,0 do 8,5 a je dána uhličitanovým systémem. V povrchových vodách z rašelinišť obsahujících huminové látky klesá někdy hodnota pH i pod 4,0. Procesy, které mohou změny pH způsobit, jsou shrnuty v prezentaci o pH. Závislost hodnoty pH na ročním období se projevuje především u vod stojatých (v létě je vyšší než v zimě).

Převládajícím homogenním **tlumivým systémem tekoucích povrchových vod je uhličitanový systém**, ostatní nebývají významné. Na tlumivé kapacitě povrchových vod se ale mohou do značné míry podílet tlumivé systémy heterogenní (plaveniny, splaveniny a dnové sedimenty obsahující hlinitokřemičitany a CaCO_3). Proto výsledky orientačních výpočtů přípustného množství kyselin nebo zásad, které může být vypuštěno do recipientu³, které jsou založeny na uhličitanovém tlumivém systému, jsou většinou podhodnocené.

Hydrogenuhličitany jsou zpravidla dominujícím aniontem. Pocházejí zejména z geologického podloží. Jejich koncentrace jsou zvlášť vysoké ve vodách protékajících vápencovými nebo dolomitovými oblastmi. **Sírany** v povrchových vodách mohou až z poloviny pocházet z atmosférických depozic, zbytek potom z průmyslových odpadních vod a z dalších zdrojů. Z **aniontů** jsou zpravidla na druhém místě, ve výjimečných případech i dominují. Zdrojem **chloridů** jsou především průmyslové odpadní vody nebo geologické podloží. S výjimkou přímořských oblastí je jejich atmosférický původ podstatně menší. Příkladem povrchových vod s vyšší koncentrací chloridů a sodíku je např. Bílina a Olše.

³ **Recipient** je vodní útvar přijímající podzemní, povrchovou nebo odpadní vodu. V širším slova smyslu může být recipientem také půda. Pro odlišení se proto někdy hovoří o vodním recipientu.

Zdrojem **sloučenin dusíku** jsou zejména atmosférické depozice, zemědělství a obyvatelstvo (splaškové vody). V povodí Labe např. pochází asi 50 % sloučenin dusíku z plošných a difuzních zdrojů znečištění. Zejména koncentrace **amoniakálního dusíku** bývají větší než v podzemních vodách (v čistých tocích dosahují setin až desetin mg.l^{-1} a ve znečištěných až jednotek mg.l^{-1}). **Dusičnanový dusík** pochází především ze splachů z hnojených polí a z atmosférických depozic. V čistých povrchových vodách jsou jeho koncentrace malé (obvykle pod 1 mg.l^{-1}), avšak ve znečištěných vodách mohou přesahovat i 10 mg.l^{-1} .

Antropogenním zdrojem **sloučenin fosforu** jsou zejména splaškové odpadní vody (fosfor obsažený ve fekáliích, v pracích a čisticích prostředcích) a splachy ze zemědělsky obdělávané půdy. V povodí Labe na začátku 21. století pocházely asi 2 třetiny fosforu z bodových a difúzních zdrojů a jedna třetina z plošných zdrojů. Je nutné počítat i s přísunem fosforu z atmosférických depozic. Koncentrace rozpuštěného fosforečnanového fosforu se obvykle pohybují jen v setinách až desetinách mg.l^{-1} , protože s Ca, Mg, Fe, Al a jinými kovy se tvoří málo rozpustné fosforečnany. Kromě toho se také adsorbují na nerozpuštěných látkách a sedimentech.

Na rozdíl od podzemních vod je v povrchových vodách **koncentrace železa a manganu** malá, protože za oxických podmínek dochází k oxidaci na Fe^{III} a $\text{Mn}^{\text{III-IV}}$, k následné hydrolyze a vylučování **velmi málo rozpustných hydratovaných oxidů**. Vyšší koncentrace se tedy nemohou ve vodě udržet, protože se na přibližně konstantní hladině udržují chemickými a geochemickými pochody. Proto za oxických podmínek, obvyklých v tekoucích vodách, koncentrace Fe nebo Mn nepřesahuje 1 mg.l^{-1} .

Vápník je obvykle dominujícím kationtem. Jen ve výjimečných případech může být koncentrace sodíku vyšší než koncentrace vápníku (např. Bílina, Olše, Trkmanka, Chodovský potok). Na druhém místě se vyskytuje obvykle **sodík** a na třetím místě **hořčík**, což bývá v podzemních vodách málo obvyklé. **Draslík** je z kationtů až na posledním místě. U vápníku a hořčíku převažuje přírodní původ, vyšší koncentrace sodíku mohou pocházet především z průmyslových odpadních vod.

Organické látky v povrchových vodách jsou jednak přírodního původu (humínové látky a produkty životní činnosti vodních organismů), jednak původu antropogenního (ze splaškových a průmyslových odpadních vod a ze zemědělství).

Pro **čisté povrchové vody** se hodnoty CHSK_{Mn} (COD_{Mn}) a BSK_5 (BOD_5) pohybují jen v jednotkách mg.l^{-1} , avšak ve znečištěných vodách i v desítkách mg.l^{-1} . Hodnoty CHSK_{Cr} samozřejmě několikanásobně překračují hodnoty CHSK_{Mn} (poměr $\text{CHSK}_{\text{Cr}}/\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ bývá obvykle v rozmezí asi od 2,5 do 3,5), což svědčí o nevhodnosti stanovení CHSK_{Mn} jako míry organického znečištění povrchových vod. Poměrně nízké poměry hodnot BSK_5 a CHSK_{Cr} svědčí o přítomnosti látek převážně biologicky těžko rozložitelných.

V povrchových vodách mohou být závažným problémem **specifické organické látky**, které nelze běžnou vodárenskou technologií zcela odstranit. Jedná se především o uhlovodíky, organické halogenderiváty, fenoly, tenzidy, pesticidy apod.

Z organických látek, které nejsou z ekotoxikologického hlediska významné, je nutné jmenovat především **huminové látky**, které např. tvoří asi 30 % organických látek přítomných ve vltavské vodě v profilu Slapy.

Životní činností vodních organismů běžně přítomných v povrchových vodách vznikají **aminokyseliny**, které však mohou pocházet i ze splaškových vod i z odpadních vod potravinářského průmyslu ze zemědělství. Identifikace jednotlivých aminokyselin může přispět k určení zdrojů znečištění.

Změny složení tekoucích vod mohou být buď **krátkodobé**, nebo **dlouhodobé**. **Krátkodobé změny** jsou způsobeny hydrologickými nebo klimatickými poměry. **Dlouhodobější, trvalejší změny** jsou způsobeny zejména antropogenní činností, spočívající v chemizaci zemědělství, urbanizaci a industrializaci. Významnými časovými změnami v chemickém složení se povrchové vody odlišují od podzemních, u nichž kolísání složení v dané lokalitě bývá podstatně menší.

Celková mineralizace i obsah organických látek v povrchových vodách se během toku zvětšuje v důsledku reakce vody s horninami geologického podloží a znečišťování městskými, průmyslovými a zemědělskými odpady. Tento trend může být zmírněn vlivem samočisticích pochodů, které jsou schopné na určitém úseku pod vtokem odpadních vod odstranit biologicky rozložitelné organické znečištění. Kvalitu vody mohou ovlivnit také nádrže vybudované na toku, neboť zde dochází k sedimentaci nerozpuštěných látek, vyrovnání chemického složení a také k biologickému rozkladu některých organických látek.

Od **globálních změn** je třeba odlišovat **změny lokální**, které mohou být způsobeny např. změnou botanických poměrů. Kvalita vody odtékající z oblasti, kde byly odstraněny lesní porosty a odkryty huminové půdy, se může významně změnit. Totéž platí i pro oblasti, kde dochází k odumírání lesních kultur.

Další podrobnosti o složení povrchových tekoucích vod jsou uvedeny v knize Hydrochemie (Pitter 2015).

Znečišťování povrchových vod

Povrchové vody jsou zdrojem pitné a užitkové vody a slouží pro rekreační účely, chov ryb aj., současně jsou však recipientem splaškových a průmyslových odpadních vod. Vlivem přísunu nečistot se porušuje biologická rovnováha v recipientech a jejich schopnost samočištění⁴.

⁴ **Samočisticí kapacitou** se rozumí schopnost vodního útvaru samovolnými biologickými a chemickými procesy eliminovat určité množství znečišťujících látek za časovou jednotku a získat tak svou původní čistotu. Na samočištění se podílejí fyzikální procesy (sedimentace, koagulace, odvětrání), chemické procesy (neutralizace, oxidace, redukce, srážení, fotochemický rozklad) a aerobní a anaerobní biologické procesy (biologická oxidace organických látek, methanizace).

Vliv odpadních vod na jakost povrchové vody se posuzuje podle chemických, biologických a estetických změn vody, kterými jsou poškozeny veřejné zájmy. Nejnápadnějším jevem je úhyn ryb. **Znečištění vody** v tocích se projevuje estetickými závadami, nánosy, chemickým a bakteriálním znečištěním, poškozením biologického stavu biocenózy a změnami fyzikálních a chemických vlastností. Podle ovlivnění kvality povrchových vod lze závadné látky rozdělit do čtyř skupin:

- Látky působící přímo toxicky
- Látky ovlivňující kyslíkovou bilanci toku
- Látky způsobující organoleptické závady
- Inertní látky (anorganické nerozpuštěné nebo rozpuštěné netoxické).

Klasifikace tekoucích vod podle čistoty

Hodnocení přípustného znečištění vod se posuzuje jednak podle **emisních limitů** (to jsou maximálně přípustné koncentrace v **odpadní vodě** vypouštěné do recipientu), jednak podle **imisních limitů** (to jsou koncentrace ve **vodním recipientu** – tedy po promíchání vypouštěných odpadních vod s vodou říční, které by při vypouštění odpadní vody neměly být překročeny).

Klasifikací toků se rozumí normované rozřídění toků podle jakosti vody. **Ukazatele** (indikátory) vyjadřují fyzikální stav, chemické složení a biologické osídlení vody a dělí se na **individuální** (např. Fe, Mn, N, P aj.) a **skupinové** (BSK, CHSK, rozpuštěné látky aj.). Pro praktickou potřebu se ukazatele sdružují do kritérií. Např. **kritérium kyslíkového režimu vody**⁵ je soubor těchto ukazatelů: koncentrace rozpuštěného kyslíku, BSK₅, CHSK DOC, popř. koncentrace sulfidů⁶.

Nařízení vlády č. 229/2007 Sb. stanovuje ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod, podmínky a náležitosti povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a vyhlašuje citlivé oblasti. V tomto dokumentu jsou uvedeny **imisní standardy ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod**, které jsou platné v ČR, a které představují cílový stav jakosti povrchových vod. Jsou zde shrnuty imisní standardy pro užívání vody pro **vodárenské účely** (tedy vody, které lze příslušnými technologickými postupy upravit na vodu pitnou), **koupání osob**, a **lososové** a **kaprové** vody. Hodnocení jakosti vody se v praxi zakládá na stanovení **vybraných reprezentativních ukazatelů**, jejichž výběr závisí na **způsobu využití sledovaných povrchových vod** a na **předpokládaném znečištění**. Podrobnější informace k tomuto tématu uvádí Pitter (2015).

⁵ **Ukazatele kyslíkového režimu** jsou velmi důležité, neboť zajištění oxických podmínek v povrchových vodách je jedním z rozhodujících požadavků na jakost povrchových vod. V dalším pořadí mají značný význam ukazatele týkající se eutrofizace, které zahrnují živiny (sloučeniny dusíku a fosforu).

⁶ Důvodem pro zařazení sulfanu a sulfidů mezi ukazatele kyslíkového režimu je, že i kvalitativní průkaz sulfidické síry ve vodě znamená, že se voda nacházela, nebo ještě nachází v anaerobních podmínkách.

Pokud jde o **klasifikaci povrchových vod podle znečištění**, dlouhodobě se v ČR používal a dosud používá **klasifikační systém podle ČSN 75 7221, Klasifikace jakosti povrchových vod**, který sloužil a dosud slouží ke srovnání jejich jakosti na různých místech a v různém čase. Tekoucí povrchové vody se v této normě řadí do tříd podle jejich jakosti s použitím soustavy mezních hodnot charakteristických ukazatelů. Tento systém má v ČR dlouhou tradici a (i když je nezávazný) poskytuje přehledný obraz o výskytu znečištění povrchových vod v ČR.

Tekoucí povrchové vody se podle ČSN 75 7221 zařazují do 5 tříd:

- I. třída: neznečištěná voda
- II. třída: mírně znečištěná voda
- III. třída: znečištěná voda
- IV. třída: silně znečištěná voda
- V. třída: velmi silně znečištěná voda

Jakost vod se klasifikuje zvlášť pro každý jednotlivý ukazatel. Pokud je nutné vyjádřit **základní informaci o jakosti vody souhrnně**, je možné použít základní klasifikaci založenou na **vybraných ukazatelích jakosti vod**. Výsledná třída se určí podle nejnepříznivěji vyhodnoceného ukazatele. **vybranými chemickými ukazateli jakosti vod jsou:**

- biochemická spotřeba kyslíku
- chemická spotřeba kyslíku dichromanem
- amoniakální dusík
- dusičnanový dusík
- celkový fosfor

Norma ČSN 75 7222, Kontrola jakosti povrchových vod předepisuje **minimální počet ukazatelů (20) pro kontrolu jakosti povrchových vod**, kterými jsou: teplota, hodnota pH, konduktivita, nerozpuštěné látky, rozpuštěný kyslík, BSK₅, CHSK_{Mn}, CHSK_{Cr}, TOC, amoniakální dusík, dusičnanový dusík, celkový fosfor, chloridy, sírany, mangan, železo, vápník, hořčík, termotolerantní koliformní bakterie a saprobní index makrozoobentosu.

Výsledky základní klasifikace lze vyjádřit i formou map jakosti vody. Pro jednotlivé třídy jakosti byly zvoleny tyto barvy: I. Třída – světle modrá, II. třída tmavě modrá, III. třída zelená, IV. třída žlutá, V. třída – červená.

Dalším hlediskem při posuzování jakosti povrchových vod je jejich upravitelnost na vodu pitnou. Požadavky na jakost povrchových vod z tohoto hlediska je dána **Vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 428/2001** (kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb.), ve znění pozdějších předpisů.