

## Výukový text – základní informace o vodě

**Voda** je nejdůležitější složkou životního prostředí, která je také podmínkou pro vznik a vývoj života. Všechna voda na Zemi, bez rozdílu skupenství, je souhrnně označována jako **hydrosféra**, věda zabývající se pohybem a rozšířením vody na Zemi a všemi procesy s ní souvisejícími je **hydrologie**.

Voda tvoří více než 2/3 povrchu Země. Nejvíce je Země tvořena (97 %) vodou mořskou a oceánskou. Tedy jen 3 % tvoří voda sladkovodní, přičemž většina je pak v ledovcích. Česká republika je závislá jen na srážkách. Téměř všechna voda je odváděna do řek, které ČR opouštějí.

### Voda má tři hlavní funkce:

- biologickou – univerzální rozpouštědlo v živých organismech, nezbytná podmínka života na Zemi
- zdravotní – osobní a veřejná hygiena člověka, tedy slouží i pro rekreaci, pak k mytí, odstranění odpadů ze životního prostředí, klimatizaci, vytápění apod.
- kulturní a estetickou funkci – pro tvorbu krajiny z estetického hlediska (tvorba krajiny a architektury).

### Rozdělení vod

Vody můžeme rozdělovat z různých hledisek, např.:

Podle původu – přírodní a odpadní voda

Podle použití – pitná voda, užitková voda, provozní voda, ostatní voda

Přírodní voda se dále dělí na:

- Atmosférickou
- **Povrchovou**
- Podzemní

### Monitorování povrchových vod

Povrchové vody jsou zdrojem pitné a užitkové vody. Znečištění povrchových vod dnes patří k největším ekologicko-globálním problémům lidstva. Na znečištění se výraznou měrou podílí přímo vypuštěné odpady (z domácností i průmyslu, zemědělství-hnojiva a pesticidy, nebo spad z ovzduší). To má pak za následek jak ničení ekosystémů (např. úhyn ryb), tak u části lidské populace to může vést až k odříznutí od pitné vody. Proto má monitorování kvality povrchových vod své opodstatnění a své místo.

Kvalita vody v tocích je u nás i ve světě pravidelně sledována přibližně od poloviny šedesátých let 20. století. Ke sledování slouží síť kontrolních profilů – míst, kde se pravidelně odebírají vzorky vody. Ty se nejprve analyzují v laboratoři a zjištěné hodnoty se podle platné normy vyhodnocují.

Sledovány přitom bývají různé skupiny ukazatelů znečištění – ukazatele kyslíkového režimu, zachycující zejména míru biologického a komunálního znečištění, základní chemické ukazatele, odrážející zatížení zemědělstvím a průmyslem, kam řadíme jednotlivé formy dusíku, fosforu, ale i obsah veškerých rozpuštěných a nerozpuštěných látek ve vzorku, reakci vody pH apod.

### Odběr vody (vzorkování)

Odběr a analýza vod jsou dány účelem, pro který se voda a její parametry sledují, hodnotí (monitorují). Máme různé typy odběrů a různé rozbory – různé sledované parametry/ukazatele vody.

Odběr vzorku vod má velký význam. Správný odběr vzorků v terénu je prvním úkolem při analytice vod a je důležitý pro získání správných výsledků analýz. Vzorek vody odebraný k rozboru musí reprezentovat jakost vody v místě odběru. Pro odběry vzorků jsou standardně používány různé druhy odběrových zařízení (tzv.

odběráky, samplery), přesný typ se volí podle druhu lokality, hloubky odběru, objemu vzorku a také podle následně zamýšlené analytické metody.

Rozlišujeme různé způsoby a typy odběrů vod.

Způsob odběru:

- ruční odběr
- automatický (automatický vzorkovač)

Typ odběru:

- bodový vzorek (= jednorázový prostý)
- směsný (slévaný vzorek v časových intervalech)

Způsob odběru je řízen druhem odebírané vody, místem a bodem odběru, druhem vodního útvaru, místními podmínkami, druhem a účelem rozboru a dalšími okolnostmi.

Nejjednodušší odebrání vzorků je hladinový odběr. Ten se může provádět, kromě prostého nabrání do nádoby, také za pomoci teleskopické tyče spojené s odběrovou nádobou.

Vody jsou odebírány do vzorkovnic. Pro většinu ukazatelů rozboru vody lze k odběru vzorku použít skleněné či plastové vzorkovnice. Vzorkovnice je potřeba před samotným odběrem řádně vyčistit, aby bylo zamezeno kontaminaci vzorku. Vzorkovnice by měla být ihned po odběru řádně označena identifikačními údaji, aby nedošlo k záměně.

### **Ochrana vod – legislativa**

Na ochranu vod před znečištěním a pro posouzení kvality vod z různých hledisek platí různá legislativa. Veškerou legislativu v oblasti vod zastřešuje zákon o vodách (**Zákon 254/2001 Sb., tzv. „Vodní zákon“**). Další legislativa je definována/nastavena pro jednotlivé sledované oblasti a druhy vod zvlášť. Tím pro každý druh vod platí jiné limitní hodnoty dané příslušným zákonným předpisem.

### **Hodnocení kvality a klasifikace povrchové vody**

Hodnocením a klasifikací toků se rozumí normované roztrídění vodních toků (řek, potoků, ...) podle jakosti a čistoty.

Posouzení se provádí především na základě normy **ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod** (vydaná 11/2017).

### **Posouzení kvality vod dle ČSN 75 7221**

Tato norma platí především pro jednotné určování třídy kvality tekoucích povrchových vod – klasifikaci, která slouží k porovnání jejich kvality na různých místech a v různém čase, a pro orientační posouzení kvality vody. Norma ČSN 75 7221 rozděluje vodu, dle její kvality, do pěti klasifikačních tříd, které mají určené barevné označení. Pro sledované ukazatele hodnocení jakosti vody jsou stanoveny limitní hodnoty jednotlivých jakostních tříd (viz příloha, tabulka č. 1).

### **Parametry/ukazatele pro sledování kvality povrchových vod**

Parametrů pro sledování kvality vod je celá řada. Liší se pro jednotlivé typy vod a účel jejich použití. Pro posouzení povrchové vody sledujeme např. pH, teplotu, obsah rozpuštěného kyslíku, obsah fosforu, obsah amoniakálního, dusitanového dusíku a dusičnanového dusíku, obsah železa, aj. Každý parametr má ve vodě svůj význam a stanoveny přípustné limitní hodnoty.

## **Teplota**

Teplota vody patří mezi jeden z nejzásadnějších faktorů mající vliv na její jakost. Podstatně ovlivňuje všechny chemické a biochemické procesy a v neposlední řadě i život organismů, spjatých s vodním prostředím. Teplota vody je řízena příjmem slunečního záření z atmosféry a následným ohřevem vody, dna a břehů. Teplota vody kolísá v závislosti na denním i sezónním kolísání teploty vzduchu, slunečním zářením a klimatickém období. Na teplotě vody je závislý kyslíkový režim toku (nepřímo úměrně), to znamená, že v důsledku zvýšení teploty vody se obsah kyslíku v toku sníží. Na teplotě je závislá i samočistící schopnost vody.

## **Hodnota pH**

Hodnota pH ovlivňuje většinu fyzikálně-chemických reakcí, chemických a biochemických procesů probíhajících ve vodě a má vliv na rozpustnost a toxicitu řady látek. Na pH vody je závislá i samočistící schopnost vody. Proto je stanovení hodnoty pH nezbytnou součástí každého chemického rozboru vody. Povrchové vody by měly vykazovat hodnoty pH v rozmezí 6–9. Změna hodnoty pH, která sama o sobě nemusí představovat pro vodní organismy žádné významné nebezpečí, může změnit formu výskytu některých látek, a tím významně poškodit vodní organismy, a dokonce vyvolat i jejich havarijní úhyn.

Vlivem antropogenní činnosti, stejně jako vyplavování bazických iontů z půd a geologického a horninového podloží, dochází k okyselování neboli acidifikaci povrchových i podzemních vod, tedy k poklesu pH. Při výrazném poklesu pH dochází k úhynu ryb, mikroorganismů i vodních rostlin. Hlavním činitelem, spouštějícím proces acidifikace jsou kyselá deprese ve formě dešťových či sněhových srážek, aerosolu či suchého spadu. Za hlavní acidifikační činitele jsou považovány sloučeniny síry a dusíku, které se do atmosféry dostávají spalováním fosilních paliv.

## **Rozeštěný kyslík**

Obsah rozeštěného kyslíku je jedním z nejdůležitějších parametrů pro organismy povrchových vod, indikátorem celkové čistoty vody v toku. Na obsahu rozeštěného kyslíku ve vodě přímo závisí život ryb a vodních organismů. Jako kritická mez pro většinu druhů ryb je považována hranice  $3\text{--}4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , pro citlivější druhy ryb, jakými jsou například ryby lososovité, potom hranice  $6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Hlavním zdrojem kyslíku v povrchových vodách je přestup hladinou z atmosféry (absorpce ze vzduchu do vody) a fotosyntéza vodních rostlin. Celkové množství rozeštěného kyslíku v tocích rovněž významně ovlivňuje antropogenní činnost, konkrétně emise znečišťujících látek. Kyslík je totiž spotřebováván při procesech biochemického rozkladu organických znečišťujících látek (samočistící proces vody).

Obsah kyslíku ve vodě se vyjadřuje v absolutních hodnotách v  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  nebo v relativních hodnotách tzv. nasycení vody kyslíkem (%). To znamená, že zjištěná koncentrace rozeštěného kyslíku se porovnává s tzv. rovnovážnou koncentrací, přičemž je závislá na teplotě vody a tlaku. Rovnovážná koncentrace odpovídá za daných podmínek rozpustnosti kyslíku ve vodě – tedy stoprocentnímu nasycení vody kyslíkem. Jestliže je naměřená koncentrace rozeštěného kyslíku nižší, než by odpovídalo 100% nasycení, mluvíme o kladném kyslíkovém deficitu (je to koncentrace kyslíku chybějící při dané teplotě k jejímu nasycení). Naopak, jestliže je zjištěná koncentrace vyšší, než by odpovídalo 100% nasycení, mluvíme o přesycení vody kyslíkem (tj. záporný kyslíkový deficit). V povrchových vodách kolísá koncentrace kyslíku podle toho, zda jde o tok, nebo o nádrž či jezero a dále závisí na organickém znečištění vody, protože biochemickými rozkladnými procesy se kyslík z vody odčerpává. V tocích se nasycení vody kyslíkem pohybuje obvykle v rozmezí 85–95 % (deficit kyslíku je zde 5–15 %). K vyhodnocení procentuálního nasycení vody kyslíkem lze využít tzv. nomogram.

## **Celkový fosfor**

Sloučeniny fosforu hrají, podobně jako sloučeniny dusíku, velmi významnou roli v koloběhu látek v přírodě a jednotlivých biochemických procesech.

Organický fosfor je do toků dodáván především z fekálních odpadů a jeho hlavním zdrojem je jak osídlení, tak živočišná výroba. Další zdroje fosforu jsou jak z bodových zdrojů, tvořených vypouštěním komunálních i průmyslových odpadních vod, tak z plošných zdrojů, způsobených splachy ze zemědělských ploch.

Zvýšený obsah fosforu a fosforečnanů v povrchových vodách tekoucích i stojatých vede k nadměrnému rozvoji řas a sinic v důsledku eutrofizačních procesů. Pokud k tomu dojde, ryby a ostatní život ve vodě mají nedostatek kyslíku, velké ryby pak hynou a ničí se přirozené prostředí. Pro hodnocení výskytu fosforu v povrchových vodách jsou využívány především dva ukazatele – fosforečnany ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) nebo celkový fosfor.

### **Dusík**

Z hlediska významu pro kvalitu vody považujeme za nejdůležitější formy dusíku amoniakální dusík, dusičnany a dusitany. Pro tyto formy výskytu jsou charakteristické různé zdroje znečištění a mechanismy transportu znečištění do toku. Amoniakální dusík a dusitany jsou typickým ukazatelem bodových a difúzních zdrojů znečištění, dusičnany jsou naopak charakteristické pro starší a plošné zdroje znečištění. Pro ryby a obojživelníky je nejtoxičtější forma  $\text{NH}_3$  (amoniak).

### **Amoniakální dusík**

Amoniakální dusík ( $\text{N-NH}_4^+$ ) je přítomen prakticky ve všech povrchových vodách, a to jak ve vodách antropogenně znečištěných, tak v tocích s jen pozadovými hodnotami zátěže, kde jeho zdroj představuje atmosférická depozice. Ve vodě je nestálý, jelikož podléhá nitrifikaci, kterou přechází postupně na dusitany až dusičnany. Zdrojem amoniakálního dusíku jsou převážně bodové zdroje znečištění – komunální i průmyslové. S rostoucím průtokem koncentrace amoniakálních iontů klesají díky vlivu ředění.

### **Dusitanový dusík**

Dusitany jako dusitanový dusík ( $\text{N-NO}_2^-$ ) zpravidla doprovázejí ve vodách dusičnany a formy amoniakálního dusíku. Vzhledem ke své chemické a biochemické labilitě se obvykle vyskytují ve velmi malých koncentracích. V přírodních, antropogenně neovlivněných povrchových vodách přítomny prakticky nejsou. Dusitany jsou ve vodách velmi nestálé. Mohou být biochemicky i chemicky oxidovány na dusičnany nebo redukovány na amoniakální dusík. Kromě toho, že se dusitany v povrchové vodě vyskytují jako produkt procesů nitrifikace a denitrifikace, se mohou vyskytovat i v důsledku vypouštění odpadních vod. Zdrojem znečištění je zpravidla průmysl, v nízkých úrovních koncentrace jsou obsaženy rovněž v atmosférických srážkách. Přítomnost dusitanů ve vodách může indikovat i fekální znečištění, neboť mohou být produktem rozkladu organického dusíku, vyskytujícího se v živočišných odpadech. Dusitany jsou již při malých koncentracích toxické pro ryby a vodní organismy. Ryby poškozené dusitany se vyznačují hnědým zabarvením žaber a krve.

### **Dusičnanový dusík**

Dusičnany jako dusičnanový dusík ( $\text{N-NO}_3^-$ ) jsou, obdobně jako amoniakální ionty, v nízkých koncentracích přítomny prakticky ve všech povrchových vodách. Výraznější koncentrace však jsou podmíněny antropogenními vlivy. Dusičnany představují konečný stupeň rozkladu organických dusíkatých látek nitrifikačními procesy v rámci dusíkového cyklu.

Hlavním antropogenně podmíněným zdrojem dusičnanů jsou plošné zdroje znečištění, především zejména z oblasti zemědělství. Jedná se o splachy ze zemědělsky využívaných ploch, na kterých jsou aplikována přírodní či umělá dusíkatá hnojiva. Díky mechanismu transportu, založenému na plošném odnosu látek je intenzita splachu dusičnanů vyšší při vyšší úrovni srážek, a tedy i průtoku. Na rozdíl od bodových zdrojů tak koncentrace dusičnanů s rostoucím průtokem neklesají. S rostoucím průtokem roste objem zátěže, koncentrace zůstávají vyrovnané, případně mohou růst.

Ve vegetačním období, tj. na jaře a v létě, kdy jsou dusičnany spotřebovávány vegetací, jsou jejich koncentrace v přirozených vodách nejnižší. Naopak v nevegetačním (tzv. klidovém) období, tj. na podzim a v zimě, kdy rostliny nepotřebují dusík ke svému růstu, se jeho koncentrace ve vodách zvyšuje.

Znečištění dusičnany má značný význam z hygienického hlediska. V trávicím traktu člověka totiž dusičnany mohou redukovat na toxičtější dusitany. Ty potom v krvi reagují s hemoglobinem na methemoglobin, který zabraňuje přenosu kyslíku v krvi.

### **Železo**

Zvýšený obsah železa ve vodě není zdraví přímo nebezpečný. Ovlivňuje však její chuť, vůni i barvu. Význam obsahu železa v povrchové vodě je zejména v případě využití povrchové vody jako zdroj surové vody pro následnou výrobu vody pitné.

### **Měď**

Měď je ve stopové koncentraci pro živé organismy nesmírně důležitá, ve zvýšeném množství je řazena mezi tzv. těžké (toxické) kovy. V prostředí je měď velmi mobilní. V půdě dochází k její pevné vazbě na organické látky a zůstává především v povrchových vrstvách půdy. Ve vodě rozpuštěná měď může být transportována na velké vzdálenosti, častěji je ale pevně vázána v sedimentech. V nadměrném množství je vysoce toxická pro vodní organismy, zejména ryby (biokumulace v rybích tkáních). S přirozeným výskytem mědi se můžeme setkat ve vodách, přičemž měďnatý iont je potenciálně velmi toxický pro vodní ekosystémy. Toxicita mědi se zvyšuje s poklesem tvrdosti vody a množstvím rozpuštěného kyslíku, zatímco se snižuje při vysokých koncentracích rozpustných organických látek a tuhých částic. Také pH ovlivňuje míru toxicity mědi pro vodní organismy. Přes její značnou toxicitu pro vodní organismy, výskyt volné mědi většinou nepředstavuje v ekosystémech velký problém, protože se komplexně váže v půdě, čímž se značně snižuje její toxicita.

## Příloha – Hodnoty k porovnání/komentáři

### 1. Rozdělení povrchových vod do tříd čistoty (podle ČSN 75 7221)

Podle normy **ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod** se povrchové vody rozdělují podle míry znečištění do pěti tříd.

Tabulka č. 1: Rozdělení povrchových vod do tříd čistoty

Třída kvality vody	Popis
I. neznečištěná voda	Stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností – ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích.
II. mírně znečištěná voda	Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností – ukazatele jakosti vody však dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.
III. znečištěná voda	Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností – ukazatele jakosti vody však dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.
IV. silně znečištěná voda	Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností – ukazatele jakosti vody však dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému.
V. velmi silně znečištěná voda	Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností – ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému.

### 2. Barevné značení jednotlivých tříd čistoty dle ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod

<b>I. Třída</b>	<b>neznečištěná voda</b>	<b>barva světle modrá</b>
<b>II. Třída</b>	<b>mírně znečištěná voda</b>	<b>barva tmavě modrá</b>
<b>III. Třída</b>	<b>znečištěná voda</b>	<b>barva zelená</b>
<b>IV. Třída</b>	<b>silně znečištěná voda</b>	<b>barva žlutá</b>
<b>V. Třída</b>	<b>velmi silně znečištěná voda</b>	<b>barva červená</b>

Obr. č. 1 Barevné značení jednotlivých tříd čistoty

### 3. Kritéria jednotlivých parametrů pro zařazení vod do třídy kvality

Tabulka mezních hodnot tříd kvality vody dle **ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod** – viz samostatný dokument.

#### 4. Meze tvrdosti vody

Tabulka č. 2: Meze tvrdosti vody

	Meze tvrdosti vody	
Kategorie tvrdosti vody	mmol·l <sup>-1</sup>	°dH
velmi měkká	< 0,7	< 3,9
měkká	0,7–1,25	3,9–7
středně tvrdá	1,26–2,5	7,01–14
tvrdá	2,51–3,75	14,1–21
velmi tvrdá	> 3,75	> 21

## Zdroje:

- [1] PAVLOVSKÝ, Jiří; VONTOROVÁ, Jiřina a PRAUS, Petr. *METODY MONITOROVÁNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ*. Online pdf. 2013. Dostupné z: [http://katedry.fmfi.vsb.cz/Modin\\_Animace/Opory/01\\_Procesni\\_inzenyrstvi/01\\_Metody\\_monitorovani\\_zivotniho\\_prostredi/Pavlovsky\\_Metody\\_monitorovani\\_zivotniho\\_prostredi.pdf](http://katedry.fmfi.vsb.cz/Modin_Animace/Opory/01_Procesni_inzenyrstvi/01_Metody_monitorovani_zivotniho_prostredi/Pavlovsky_Metody_monitorovani_zivotniho_prostredi.pdf). [cit. 2024-09-14].
- [2] O. VALENTOVÁ a kol., *Terénní analýzy vod*. Online pdf. 2009. Dostupné z: [https://www.frov.jcu.cz/images/FROV/veda-a-vyzkum/metodiky/090\\_MET.pdf](https://www.frov.jcu.cz/images/FROV/veda-a-vyzkum/metodiky/090_MET.pdf). [cit. 2024-09-14].
- [3] *Monitoring jakosti vody vybraného toku*. Online pdf. Brno 2017. Dostupné z: [https://theses.cz/id/4alvf5/zaverecna\\_prace.pdf](https://theses.cz/id/4alvf5/zaverecna_prace.pdf). [cit. 2024-09-14].
- [4] *Metody odběru vzorků, terénní analytické metody*. Online pdf. 2009. Dostupné z: [http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/01\\_metody\\_odberu\\_vzorku\\_terenni\\_analyticke\\_metody.pdf](http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/01_metody_odberu_vzorku_terenni_analyticke_metody.pdf). [cit. 2024-09-14].
- [5] *Jakost vod v tocích*. Online. 2017. Dostupné z: <https://zdravaova.cz/jakost-vod/>. [cit. 2024-09-14].
- [6] *Klasifikace kvality povrchových vod*. Online pdf. 2017. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2017/12/5790-VTEI-Klasifikace-kvality-povrchovych-vod.pdf>. [cit. 2024-09-14].
- [7] *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*. Online pdf. 2002. Dostupné z: [https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ\\_2009\\_web.pdf](https://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ_2009_web.pdf). [cit. 2024-09-14].
- [8] ČSN 75 7221 *Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod*. Online. 2017. Dostupné z: [https://www.dataplan.info/img\\_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/csn-75-7221\\_tab1-1.pdf](https://www.dataplan.info/img_upload/7bdb1584e3b8a53d337518d988763f8d/csn-75-7221_tab1-1.pdf). [cit. 2024-09-14].