

# Hodnocení trendů v koncentracích chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů stavu povrchových vod

HANA PRCHALOVÁ, PAVEL RICHTER, PETR VYSKOČ, JIŘÍ PICEK, MARIE KOZLOVÁ, MARTINA DUBSKÁ

**Klíčová slova:** chemické a fyzikálně-chemické ukazatele – povrchové vody – hodnocení trendů – Rámcová směrnice o vodách

## ABSTRAKT

Článek představuje výsledky hodnocení trendů vybraných chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů stavu povrchových vod. Hodnocení je založeno na obdobném postupu zjišťování významných vzestupných trendů znečišťujících látek a zvratu trendů v útvarech podzemních vod. Postup vychází z naměřených koncentrací v letech 2010–2018 a odhaduje koncentrace ke konci let 2021, 2024 a 2027. Pro hodnocení trendů byla využita data státních podniků Povodí pořízená v rámci monitoringu kvality povrchových vod, na jehož základě je prováděno hodnocení ekologického stavu/potenciálu a chemického stavu útvarů povrchových vod. Požadavky na časové řady však splnila jen část profilů s naměřenými koncentracemi. Z vyhodnocení trendů ke konci roků 2024 a 2027 vyplývá, že u části ukazatelů (polyaromatické uhlovodíky, adsorbovatelné organicky vázané halogeny – AOX a dusičnanový dusík) dochází oproti stavu k roku 2018 dle prognóz ke zlepšování stavu. Naopak pro biochemickou spotřebu kyslíku, rozpuštěný nikl a amoniakální dusík je předpovězeno mírné zhoršení.

## ÚVOD

Pro podzemní vody je při hodnocení chemického stavu požadováno hodnocení trendů znečišťujících látek [1], aby mohly být včas odhaleny případy, kdy polutant ještě splňuje limit dobrého stavu, ale jeho koncentrace významně stoupá. V případě povrchových vod však v ČR doposud nebyl stanoven žádný způsob, který by v předstihu indikoval hrozící zhoršení ekologického nebo chemického stavu povrchových vod. Z toho důvodu byl zpracován postup hodnocení trendů koncentrací znečišťujících látek povrchových vod. Vychází z metodiky hodnocení významných vzestupných trendů koncentrací znečištění podzemních vod, která již byla využita v druhém cyklu plánů a jež vychází z doporučení skupiny Groundwater pro společnou implementaci Rámcové směrnice o vodách [2]. Vzhledem k tomu, že jde o velké množství profilů a ukazatelů, bylo nutné použít relativně jednoduchý statistický postup a vytvořit takový program, který by práci zefektivnil a umožnil vyhodnocení velkého počtu dat.

Jako základní nástroj byly použity statistické metody – lineární trend pomocí lineární regrese a „dvousekční“ model, který umožňuje statisticky podchytit eventuální zlom v trendu. Prodloužením trendu byly vypočteny předpokládané koncentrace polutantů ve třech časových obdobích – tři, šest a devět let od konce naměřených koncentrací [3].

Pro účely tohoto metodického postupu byly pro hodnocení dlouhodobých trendů použity jednotlivé naměřené koncentrace vybraných ukazatelů, zjištěné v rámci realizace situačního a provozního monitoringu povrchových vod v reprezentativních monitorovacích místech pro hodnocení stavu/potenciálu útvarů povrchových vod. Výsledky hodnocení trendu jsou tedy vztaženy na konkrétní daný ukazatel a monitorovací místo (profil).

## METODIKA A POUŽITÁ DATA

Pro hodnocení trendů byla použita časová řada dat z monitoringu hodnocení stavu útvarů povrchových vod za období let 2010–2018 podle podkladů státních podniků Povodí poskytnutých pro hodnocení stavu. Na základě metodiky byly nejprve určeny ukazatele, které má smysl hodnotit, a pak profily splňující níže uvedené podmínky. Data z vybraných profilů a ukazatelů pak byla upravena a vyhodnocena softwarem, připraveným VÚV TGM k hodnocení trendů. Také byly použity výsledky hodnocení stavu pro vybrané ukazatele. Hodnocení stavu se pro povrchové vody provádí každé tříletí (poslední bylo zatím za období 2016–2018).

### Výběr ukazatelů, požadavky na časové řady a úprava dat

Výběr ukazatelů a monitorovacích míst povrchových vod byl dán výsledky hodnocení ekologického a chemického stavu primárně za poslední tříletí a časovými řadami od roku 2010 do konce roku 2018.

Kritéria pro obecný výběr ukazatelů, pro něž by měl být analyzován dlouhodobý trend koncentrací v matrici voda, byla následující:

- jedná se o chemický nebo fyzikálně-chemický ukazatel pro hodnocení chemického stavu či ekologického stavu/potenciálu útvarů povrchových vod;
- pro ukazatel jsou norma environmentální kvality (NEK) nebo limit mezi dobrým a středním ekologickým stavem/potenciálem určeny charakteristickou hodnotou vyjádřenou jako průměr nebo medián [4–6] a zároveň nejsou tyto dány rozmezím hodnot (tj. nehodnotí se ukazatele, kde je charakteristická hodnota maximum a/nebo minimum);
- ukazatel nepodléhá v čase rozpadu či přeměně na jiné látky;
- ukazatel není vyjádřen jako suma více látek s různými mezemi stanovitelnosti;
- ukazatel je v rámci ČR každoročně sledován v matrici voda minimálně na 5 % reprezentativních monitorovacích míst pro hodnocení stavu/potenciálu útvarů povrchových vod;

- ukazatel má v rámci sledování v celé ČR po většinu let nižší počet dat pod mezí stanovitelnosti než 75 %;
  - ukazatel vychází v rámci celé ČR při posledních třech hodnoceních stavu/potenciálu jako nevyhovující ve více než 5 útvarech povrchových vod;
  - koncentrace ukazatele je prokazatelně zvýšena antropogenně a pro její snížení lze navrhnout opatření.
- Na základě těchto kritérií bylo pro hodnocení vybráno 15 ukazatelů (tab. 1).

Tab. 1. Souhrnný přehled hodnocených ukazatelů jakosti  
Tab. 1. Summary of assessed quality indicators

Ukazatel jakosti	Název ukazatele jakosti
AOX	adsorbovatelné, organicky vázané halogeny
As	arsen
B-A-ANTRACEN	benzo[a]antracen
B-A-PYREN	benzo[a]pyren
BSK-5	biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní
C10-C40	uhlovodíky C10-C40
EDTA	kyselina etylendiamintetraoctová
FENANTREN	fenantren
FLUORANTEN	fluoranten
NI-R	nikl a jeho sloučeniny – rozpuštěný
N-NH4	dusík amoniakální
N-NO3	dusík dusičnanový
P-PO4	fosfor fosforečnanový
P-V	fosfor celkový
PYREN	pyren

V rámci odzkoušení byly vyřazeny některé ukazatele, jež sice splňovaly požadavky, ale pro něž z různých důvodů nemá smysl trend hodnotit – mangan, železo (nelze prokázat antropogenní původ zvýšených koncentrací), teplota vody a průhlednost (nejde o ukazatele znečištění, nýbrž o jiné indikátory). Byly také vyřazeny pesticidy a jejich metabolity a obdobně ukazatele, které jsou součástí celkového součtu dané skupiny chemických ukazatelů, včetně jejich rozpadových a reakčních produktů nebo metabolitů – např. trichlorbenzeny.

Protože pro nikl je v hodnocení chemického stavu požadavek, aby se uvažoval jako rozpuštěný, byla také vyřazena všechna měření, kde byl analyzován celkový nikl, který byl pro potřeby hodnocení stavu následně přepočítán pomocí odvozené konstanty na rozpuštěný.

Při výběru profilů byly v rámci časové řady kladeny následující požadavky:

- minimální délka souvislé časové řady musela být šest let, přičemž poslední rok musel být 2018;
- v každém roce muselo být alespoň šest měření pro všeobecné fyzikálně-chemické ukazatele a prioritní látky a nejméně čtyři měření pro specifické znečišťující látky;
- z těchto nejméně šesti nebo čtyř měření muselo být alespoň 50 % každý rok nad mezí stanovitelnosti;
- pokud byla maximální hodnota meze stanovitelnosti pro ukazatel a profil větší než dvojnásobek minimální hodnoty meze stanovitelnosti, byl tento profil a ukazatel vyřazen z hodnocení trendů.

Poslední fází přípravy dat bylo nahrazení výsledků pod mezí stanovitelnosti. Pokud byly za celé období pro profil a ukazatel stejné meze stanovitelnosti, nahradily se poloviční hodnotou, v případě různých mezí byly nahrazeny poloviční hodnotou nejmenší meze stanovitelnosti za profil a ukazatel.

Je zřejmé, že v případě takto přísných požadavků na časové řady musela být významná část měření vyřazena. Nejvíce profilů bylo vyřazeno pro uhlovodíky C10-C40, nikl a arsen. Naopak nejvíce profilů zůstalo pro fenantren, dusičnanový dusík, fluoranten, adsorbovatelné, organicky vázané halogeny (AOX) a kyselinu etylendiamintetraoctovou (EDTA) – kolem 80 % ze všech sledovaných profilů za tři poslední roky.

## Výpočet trendů, použitý software

Postup hodnocení trendu je založen na dvou způsobech výpočtu.

První postup je použití lineárního trendu za pomoci lineární regrese spočívající v aproximaci naměřených dat přímkou. Pro jednoduchou lineární regresi modelu musejí být vyčísleny směrnice a konstanta udávající posunutí na ose y pro základní rovnici přímky v obecném tvaru  $y = a \cdot x + b$ . V tomto případě jde o závislost koncentrace ukazatele v matici voda na čase. Pro odhad směrnice a konstanty se použije metoda nejmenších čtverců.

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

kde	a	je směrnice přímky
	b	konstanta
	$x_i$	datum měření
	$y_i$	koncentrace znečišťující látky
	n	počet měření

Z odvozené rovnice přímky je na základě dat z časové řady 2010–2018 vypočtena prognóza koncentrace ukazatele po třech, šesti a devíti letech od konce měření. V případě těchto trendů je tedy prognóza na konci roku 2021, 2024 a 2027.

Druhý způsob předpokládá, že za delší dobu měření mohlo dojít ke změně trendu. Základní princip – lineární regrese – zůstává stejný, nicméně program najde jeden bod zlomu, kde přímka první lineární regrese přechází ve společném bodě ve druhou lineární regresi. Stejně jako u jednoduché lineární regrese probíhá i zde nalezení optimálního bodu zlomu za pomoci metody nejmenších čtverců pro celou analyzovanou časovou řadu měření, tedy je použita varianta s nejmenšími odchylkami naměřených koncentrací od obou přímek lineární regrese. Ve výsledku tohoto dvousekčního modelu má tak průběh naměřených koncentrací dvě přímky s různou směrnicí a konstantou posunu. I zde je na základě druhé přímky vypočtena předpokládaná koncentrace za tři, šest a devět let. Následně je porovnán výsledek jednoduché lineární regrese s dvousekčním modelem za pomoci F-testu (který opět využívá výsledky metody nejmenších čtverců pro posouzení odchylek naměřených koncentrací od proložených přímek jednoduché lineární regrese i dvousekčního modelu, aby byla vyvrácena nebo potvrzena nulová hypotéza, že se v daném časovém úseku nevyskytuje bod zlomu) a je vybrán model, jenž prokazuje větší spolehlivost.

Při výpočtu trendů je možnost vyřadit odlehlosti či extrémny, která však nebyla využita (více je uvedeno níže).

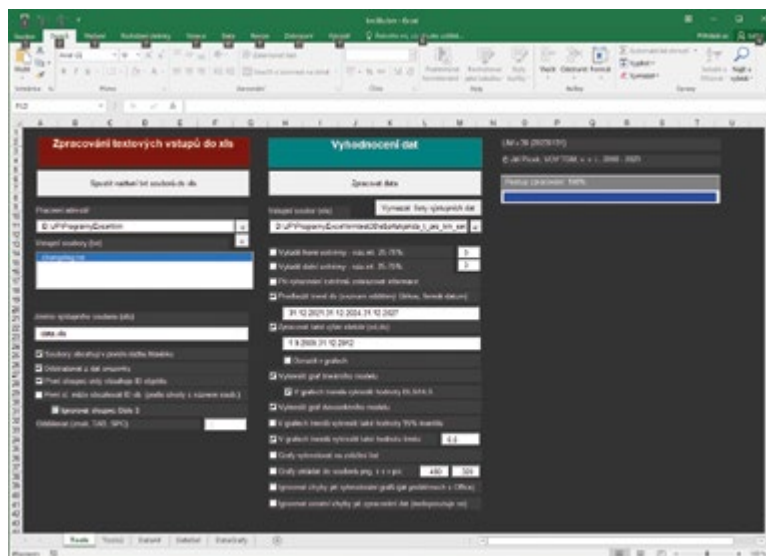
Pro vyhodnocení trendů a výpočet statistických charakteristik byla použita aplikace „lim“, resp. její aktuální verze lim38 (VÚV TGM, leden 2023). Jde o průběžně vyvíjenou, modifikovanou a modernizovanou aplikaci, jež využívá

prostředí Microsoft Excel (verze 2016), a byla realizována s využitím integrovaného programovacího jazyka VBA (Visual Basic for Applications). Aplikace načítá data zadaná formou časové řady hodnot ukazatelů jakosti v zadaných profilech (obr. 1). Pro každý profil a ukazatel je vyhodnocen trend (alternativně jako lineární jednosekční a dvousekční model) a jsou vypočteny a zapsány základní statistické charakteristiky původní časové řady i vyhodnoceného trendu. Aplikace dále umožňuje automatické generování grafů zobrazujících proložené křivky trendů. Výsledná data jsou zapisována jak pro každý profil/ukazatel samostatně (ve formátu samostatných sešitů/souborů xls), tak také do podoby souhrnné tabulky sloužící pro jejich další zpracování a vyhodnocení (tab. 2). Rovněž je vygenerován výsledný list pro všechny profily a ukazatele, vstupující do procesu zpracování dat a výpočtu trendů.

Tab. 2. Charakteristické hodnoty vypočtené programem lim38

Tab. 2. Characteristic values calculated by lim38 software

Poslední měřená hodnota	0,059
Dolní limit spolehlivosti (20%)	0,018
Horní limit spolehlivosti (80%)	0,084
Směrnice přímky (trend)	0,000002
Konstanta posunutí přímky	-0,023
Bod zlomu dvousekčního modelu	7. 9. 2011
Směrnice přímky 1 dvousekčního modelu	0,000056
Směrnice přímky 2 dvousekčního modelu	-0,000004
Počet měření přímky 1 dvousekčního modelu	21
Počet měření přímky 2 dvousekčního modelu	85
Konst. pos. přímky 1 dvousekčního modelu	-2,18
Konst. pos. přímky 2 dvousekčního modelu	0,22
Počet měření celkem	105
První měření	13. 1. 2010
Poslední měření	10. 12. 2018
Minimum	0,01
Maximum	0,15
Průměr	0,048
Medián	0,041
Rok s výskytem minima	2010
Rok s výskytem maxima	2011
Směrodatná odchylka	0,025
Počet hodnot pod mezí stanovitelnosti	6
Použitá mez stanovitelnosti	0,01
Počet let (od/do) 2010 až 2018	9
Lineární versus dvousekční model (F-test)	dvousekční model je vhodnější než lineární



Obr. 1. Ukázka uživatelského prostředí aplikace „lim“; rozsah a způsob zpracování dat lze upravit zvolením příslušných voleb v hlavním okně aplikace

Fig. 1. Example of the lim user interface; the extent and method of data processing can be adjusted by selecting the appropriate options in the main window of the application

## ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

Do výsledného listu s výsledky výpočtu trendů a předpovězenými hodnotami, které obsahují jak lineární, tak dvousekční trend, jsou přidány výsledky z posledního, v současné době realizovaného hodnocení ekologického a chemického stavu a limit dobrého stavu, v tomto případě za tříletí 2016–2018.

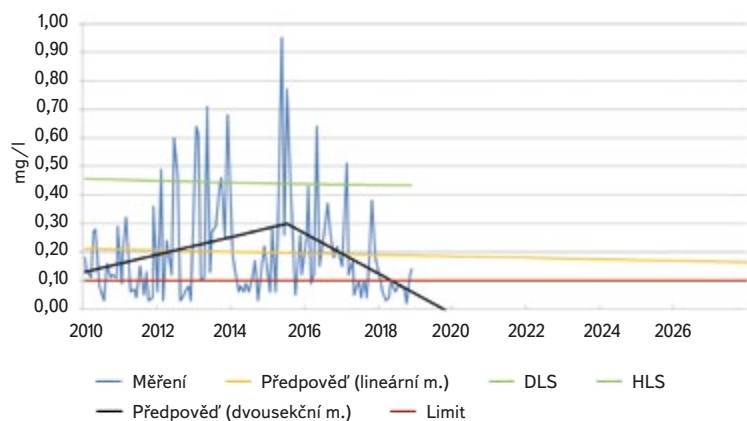
Podle vybraného modelu se následně ke každému hodnocenému objektu a ukazateli přiřadí příslušné hodnoty předpovězené ke konci roku 2021, 2024 a 2027. Předpovězená hodnota se získá protažením trendu – v případě dvousekčního modelu trendu druhé přímky. Ty se pak porovnají s hodnotou limitu mezi dobrým a nevyhovujícím chemickým stavem pro daný ukazatel a receptor. Hodnotí se pouze s limity vyjádřenými jako medián (pro všeobecné fyzikálně-chemické ukazatele) nebo průměr (pro prioritní a specifické znečišťující látky). Pokud je jako limit použito také maximum, což pro vybrané ukazatele platí pro dusičnanový dusík, porovnání se nerealizuje. V případě prioritních a specifických znečišťujících látek se hodnocení stavu provádí za každý rok zvlášť a použije se nejhorší výsledek [4]; pro všeobecné fyzikálně-chemické ukazatele se hodnotí celé tříletí dohromady [4].

Pro každý profil a ukazatel tak známe výsledek hodnocení za tříletí 2016–2018 (tedy vyhovující nebo nevyhovující) – což můžeme chápat jako současnost – a podle limitu dobrého stavu výsledek pro konec roku 2021, 2024 a 2027.

Příklady hodnocení vybraného profilu jsou uvedeny níže:

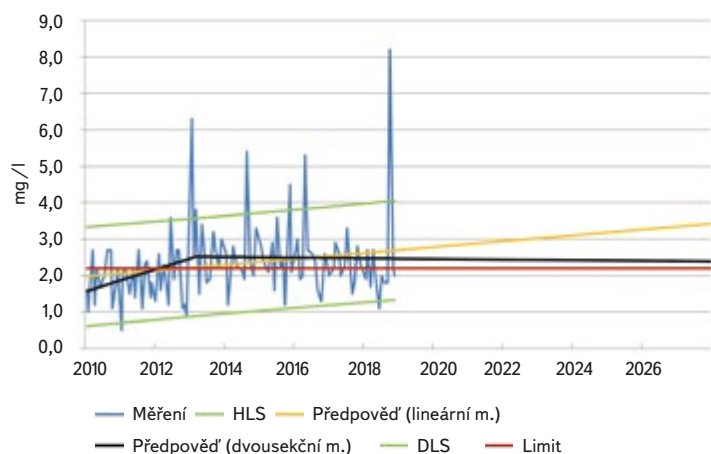
Amoniakální dusík na profilu Loučná – Tržek (obr. 2) byl v minulém tříletí vyhodnocen jako nevyhovující – limit dobrého stavu je 0,1 mg/l. Podle hodnocení trendů je jak lineární, tak dvousekční trend klesající, nicméně podle dvousekčního trendu je sestupný trend od května 2015 výrazně rychlejší. Podle něj by obsah amoniakálního dusíku mohl být v dobrém stavu již na konci roku 2021. Zároveň je podle F-testu dvousekční model spolehlivější.

Ve stejném profilu byl hodnocen i dusičnanový dusík (obr. 3). I ten byl klasifikován za tříletí 2016–2018 jako nevyhovující – limit dobrého stavu je 3,2 mg/l. V tomto případě jsou výsledky lineárního a dvousekčního modelu srovnatelné, koncentrace se snižují podobně a dobrého stavu by měly dosáhnout kolem roku 2027. Vzhledem k tomu, že jako spolehlivější vyšel lineární model, pokud bude tento trend pokračovat, bude dobrý stav dosažen těsně před koncem roku 2027.



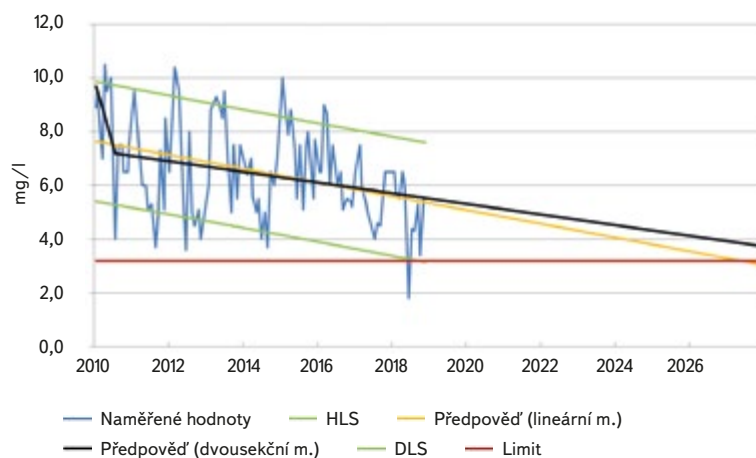
Obr. 2. Výpočet trendů amoniakálního dusíku pro profil Tržek na vodním toku Loučná  
 HLS: Horní limit spolehlivosti (80 %), DLS: Dolní limit spolehlivosti (20 %)  
 Limit: hranice mezi dobrým a středním stavem nebo norma environmentální kvality  
 Fig. 2. Calculation of ammonia nitrogen trend in monitoring profil Tržek, Loučná river  
 HLS: Upper confidence limit (80 %), DLS: Lower confidence limit (20 %)  
 Limit: The boundary between good and medium status or environmental quality standard

Zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik



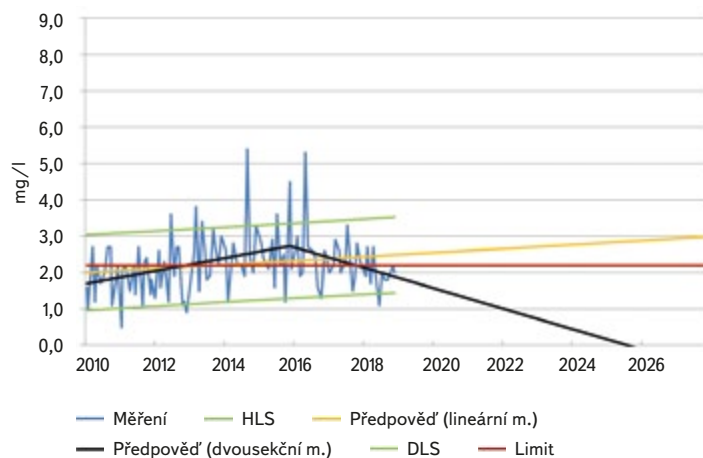
Obr. 4. Výpočet trendů BSK<sub>5</sub> pro profil Tržek na vodním toku Loučná pro všechna naměřená data  
 HLS: Horní limit spolehlivosti (80 %), DLS: Dolní limit spolehlivosti (20 %)  
 Limit: hranice mezi dobrým a středním stavem nebo norma environmentální kvality  
 Fig. 4. Calculation of BOD<sub>5</sub> trend in monitoring profil Tržek, Loučná river for all measurements  
 HLS: Upper confidence limit (80 %), DLS: Lower confidence limit (20 %)  
 Limit: The boundary between good and medium status or environmental quality standard

Zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik



Obr. 3. Výpočet trendů dusičnanového dusíku pro profil Tržek na vodním toku Loučná  
 HLS: Horní limit spolehlivosti (80 %), DLS: Dolní limit spolehlivosti (20 %)  
 Limit: hranice mezi dobrým a středním stavem nebo norma environmentální kvality  
 Fig. 3. Calculation of nitrogen trend in monitoring profil Tržek, Loučná river  
 HLS: Upper confidence limit (80 %), DLS: Lower confidence limit (20 %)  
 Limit: The boundary between good and medium status or environmental quality standard

Zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik



Obr. 5. Výpočet trendů BSK<sub>5</sub> pro profil Tržek na vodním toku Loučná; data bez odlehlostí  
 HLS: Horní limit spolehlivosti (80 %), DLS: Dolní limit spolehlivosti (20 %)  
 Limit: hranice mezi dobrým a středním stavem nebo norma environmentální kvality  
 Fig. 5. Calculation of BOD<sub>5</sub> trend in monitoring profil Tržek, Loučná river; measurements without outliers  
 HLS: Upper confidence limit (80 %), DLS: Lower confidence limit (20 %)  
 Limit: The boundary between good and medium status or environmental quality standard

Zdroj dat: Povodí Labe, státní podnik

Při zpracování trendů bylo zvažováno odstranění odlehlostí a extrémů, neboť hlavně občasně vysoké hodnoty výrazně ovlivňují výsledné hodnocení. To je typické pro průběh časových řad biochemické spotřeby kyslíku. Software umožňuje tyto odlehlé hodnoty vyloučit. Opět na profilu Loučná – Tržek byly tedy spočítány trendy pro BSK<sub>5</sub>, a to jak pro všechny hodnoty, tak s vyřazením extrémů (definovaných jako trojnásobek intervalu 25–75 %) – viz obr. 4 a 5. BSK<sub>5</sub> bylo při hodnocení ekologického stavu nevyhovující, limit dobrého stavu je 2,2 mg/l. V časové řadě jsou celkem čtyři měření nad 5 mg/l, přičemž při vyřazování odlehlostí byly odstraněny dvě nejvyšší hodnoty. Zatímco při zachování hodnot byl jako spolehlivější vyhodnocen lineární trend, který je stoupající, po odstranění odlehlostí byl naopak doporučen dvousekční model, kde v prosinci 2015 dochází k významnému zlomu a trend je klesající. Pro obě varianty se liší i časový údaj o bodu zlomu – při zachování všech hodnot je mnohem dříve – v dubnu 2013, přičemž po tomto datu je trend také klesající, ale pokles je mnohem pomalejší.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Na základě výsledků provedeného hodnocení trendů byla zpracována tabulka jednotlivých ukazatelů pro všechny hodnocené profily dohromady, kde je vždy podíl vyhovujících a nevyhovujících profilů na základě posledního hodnocení stavu (tj. k roku 2018) a pak stejné podíly ke konci roku 2024 a 2027 (tab. 4). Prognóza byla zpracována i pro konec roku 2021, ale vzhledem k tomu, že v současné době teprve probíhá příprava hodnocení stavu za tříletí 2019–2021, nebyla zde použita. Přesto bude zajímavé porovnat výsledky tohoto hodnocení s vypočtenými trendy. V tab. 3 jsou pak uvedeny limity dobrého ekologického a chemického stavu.

V tab. 4 je zobrazen podíl vyhovujících a nevyhovujících profilů k roku 2018, který však neodpovídá výsledkům za celou ČR. Hlavním důvodem je fakt, že jde pouze o profily, které splnily požadavky na délku a úplnost časové řady a na podíly měření pod mezí stanovitelnosti. Stejně tak tu není zohledněn limit dobrého stavu, stanovený jako maximum (což je případ dusičnanového dusíku), ani výsledky jiné matrice než voda (hodnocení benzo[a]pyrenu v plůdku ryb). Nicméně většina rozdílů je v řádu jednotek procent. Významnější rozdílů jsou pro EDTA, fenantren, fluoranten a pyren, kde je situace ve všech profilech příznivější (např. fluoranten je nevyhovující ve všech profilech jen pro 54,7 %, kdežto ve vybraných profilech 89,7 %), a pro dusičnanový dusík, kde je nevyhovujících profilů naopak ve všech profilech a při zohlednění maximálních hodnot 49,7 % (pro vybrané profily pouze 39,5 %).

Na základě této statistiky lze konstatovat, že podle prognóz by k výraznému zlepšení mělo dojít u AOX, benzo[a]pyrenu, fluorantenu a pyrenu a mírné zlepšení se předpokládá u fenantrenu a dusičnanového dusíku. Naopak pro BSK<sub>5</sub>, nikl a amoniakální dusík model zjistil mírné zhoršení. Pro ostatní ukazatele jsou výsledky v dalších letech prakticky stejné, rozdíly do 5 % jsou z hlediska spolehlivosti zanedbatelné. Zde je ovšem nutno uvést, že model dokáže pracovat jenom s lineárním trendem, případně jedním bodem zlomu, a koncentrace znečišťujících látek v povrchových vodách vykazují značné kolísání. U BSK<sub>5</sub> (a je možné, že i u některých dalších ukazatelů) výsledek silně ovlivňují občasně výrazně zvýšené hodnoty, které mohou zhoršovat výsledky trendů, jak bylo vidět na příkladu profilu Loučná – Tržek. Při rozhodování, zda ponechat původní výsledky, nebo použít jen měření bez odlehlostí, jsme zohledňovali dva faktory – jednak to, že se nejedná o chyby v měření, ale o skutečně naměřené hodnoty, které se pravděpodobně budou opakovat i v budoucnu, a jednak fakt, že hodnocení se pro tento ukazatel provádí porovnáním limitu, který je stanoven jako medián, tedy se u něj odlehlosti neprojeví. Nakonec bylo použito hodnocení se všemi hodnotami, ovšem s vědomím, že pravděpodobně jde o horší výsledek, než který se v hodnocení stavu projeví.

Tab. 3. Normy environmentální kvality (NEK) a hranice dobrého stavu pro hodnocené ukazatele

Tab. 3. Environmental quality standards (NEK) and good status boundaries for the indicators assessed

	Jednotky	NEK (průměr)	NEK (maximum)	Hranice dobrého stavu (medián)	Hranice dobrého stavu (maximum)
<b>AOX</b>	µg/l	25	–	–	–
<b>arsen</b>	µg/l	11	–	–	–
<b>benzo[a]antracen</b>	µg/l	0,03	–	–	–
<b>benzo[a]pyren</b>	µg/l	0,00017	0,27	–	–
<b>biochemická spotřeba kyslíku</b>	mg/l	–	–	1,5–3	–
<b>uhlovodíky C10-C40</b>	mg/l	0,1	–	–	–
<b>EDTA</b>	µg/l	5	–	–	–
<b>fenantren</b>	µg/l	0,03	–	–	–
<b>fluoranten</b>	µg/l	0,0063	0,12	–	–
<b>nikl</b>	µg/l	4	34	–	–
<b>dusík amoniakální</b>	mg/l	–	–	0,08–0,15	–
<b>dusík dusičnanový</b>	mg/l	–	–	1–3,8	1,4–5,6
<b>fosfor fosforečnanový</b>	mg/l	–	–	0,02–0,05	–
<b>celkový fosfor</b>	mg/l	–	–	0,03–0,07	–
<b>pyren</b>	µg/l	0,024	–	–	–



Tab. 4. Podíly vyhovujících a nevyhovujících profilů v současnosti (2018) a na konci roku 2024 a 2027  
 Tab. 4. Proportions of compliant and non-compliant profiles at present (2018) and at the end of 2024 and 2027  
 Zdroj dat: státní podniky Povodí

	Počet prof. celk	2018		2024		2027		Trend
		Vyhovující profily	Nevyhovující	Vyhovující profily	Nevyhovující	Vyhovující profily	Nevyhovující	
<b>AOX</b>	245	60,80 %	39,20 %	83,30 %	16,70 %	84,10 %	15,90 %	zlepšení
<b>arsen</b>	159	95,60 %	4,40 %	94,30 %	5,70 %	95,00 %	5,00 %	stabilní
<b>benzo[a]antracen</b>	99	96,00 %	4,00 %	96,00 %	4,00 %	94,90 %	5,10 %	stabilní
<b>benzo[a]pyren</b>	92	0,00 %	100,00 %	27,20 %	72,80 %	38,00 %	62,00 %	zlepšení
<b>biochemická spotřeba kyslíku</b>	596	55,50 %	44,50 %	47,50 %	52,50 %	48,00 %	52,00 %	mírné zhoršení
<b>uhlovodíky C10-C40</b>	30	93,30 %	6,70 %	93,30 %	6,70 %	90,00 %	10,00 %	stabilní
<b>EDTA</b>	64	45,30 %	54,70 %	50,00 %	50,00 %	50,00 %	50,00 %	stabilní
<b>fenantren</b>	151	82,10 %	17,90 %	96,00 %	4,00 %	96,00 %	4,00 %	mírné zlepšení
<b>fluoranten</b>	146	10,30 %	89,70 %	55,50 %	44,50 %	58,20 %	41,80 %	zlepšení
<b>nikl</b>	37	100,00 %	0,00 %	83,80 %	16,20 %	81,10 %	18,90 %	mírné zhoršení
<b>dusík amoniakální</b>	542	60,50 %	39,50 %	45,20 %	54,80 %	47,20 %	52,80 %	mírné zhoršení
<b>dusík dusičnanový</b>	612	67,50 %	32,50 %	75,50 %	24,50 %	77,80 %	22,20 %	mírné zlepšení
<b>fosfor fosforečnanový</b>	340	32,90 %	67,10 %	35,00 %	65,00 %	35,90 %	64,10 %	stabilní
<b>celkový fosfor</b>	649	15,40 %	84,60 %	14,50 %	85,50 %	15,40 %	84,60 %	stabilní
<b>pyren</b>	137	67,90 %	32,10 %	86,10 %	13,90 %	86,10 %	13,90 %	zlepšení

## ZÁVĚR

Výsledky trendů ukazují, že pro hodnocené polyaromatické uhlovodíky se projevuje zlepšení nebo alespoň stálý stav. Tyto prognózy však mohou být překonány navrhovanými změnami na evropské úrovni v hodnocení fluorantenu, kde má být významně zpřísněn limit, a limit pro benzo[a]pyren má být naopak zrušen (takže by se tento ukazatel vůbec nehodnotil). Zlepšení je předpovězeno i pro adsorbovatelné organicky vázané halogeny a dusičnanový dusík. Naopak mírné zhoršení bylo indikováno pro BSK<sub>5</sub>, nikl a amoniakální dusík, nicméně pro BSK<sub>5</sub> se v hodnocení stavu zhoršení nejspíš neprojeví a u dusičnanového dusíku lze předpokládat, že vzhledem k velkému zdražení průmyslových hnojiv se situace nejspíšlepší. Příčiny, proč by mělo dojít ke zhoršení koncentrací pro rozpuštěný nikl, nejsou jasné, nicméně i u něj je navrhována přísnější hodnota environmentální kvality.

Ukázaly se zde slabiny tohoto hodnocení, neboť skutečný průběh naměřených koncentrací málokdy může dostatečně vyjádřit lineární nebo dvousečkový model. Z výsledků také vyplývá, že statistické hodnocení trendů znečišťujících látek není vhodná metoda pro jednotlivé profily. Kromě omezení, vyplývajících z lineárních trendů, jen malá část profilů splní pro většinu ukazatelů požadavky na délku časové řady a počet měření. Výsledky tedy není možné použít pro identifikaci profilů, jež zatím splňují limit dobrého stavu, ale hrozí, že se brzy zhorší. Dá se předpokládat, že jsou využitelné spíše pro zjišťování celkových tendencí jednotlivých ukazatelů, i zde ovšem jenom za předpokladu, že se významně nezmění podmínky – ať již hydrologické, nebo úroveň antropogenních vlivů. Nicméně i tak by mělo být hodnocení trendů doplněno dalšími typy

analýz: např. porovnáním předpovězených a skutečných výsledků hodnocení stavu, podílem nevyhovujících měření v jednotlivých třiletích, nebo porovnáním třiletých průměrů.

## Poděkování

*Příspěvek vznikl v rámci řešení interního grantu VÚV TGM „Hodnocení trendů v koncentracích chemických a fyzikálně-chemických ukazatelů stavu povrchových vod“. Za poskytnutí dat děkujeme státním podnikům Povodí.*

## Literatura

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady ze dne 12. prosince 2006 o ochraně podzemních vod před znečištěním a zhoršováním stavu.
- [2] *Guidance No 18 – Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment (WG C)*. European Communities, 2009.
- [3] PRCHALOVÁ, H., DURČÁK, M., KOZLOVÁ, M., VIZINA, A., ROSENDORF, P., MRKVIČKOVÁ, M. a kol. *Metodika hodnocení chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů povodí v ČR*. VÚV TGM v. v. i., 2013, dostupné z: <https://heis.vuv.cz/projekty/rsv>
- [4] PRCHALOVÁ, H., DURČÁK, M., VYSKOČ, P., ROSENDORF, P., MIČANÍK, T. *Metodika hodnocení chemického a ekologického stavu útvarů povrchových vod kategorie řeka pro třetí cyklus plánů povodí v ČR*. VÚV TGM, v. v. i., 2019.
- [5] ROSENDORF, P., TUŠIL, P., DURČÁK, M., SVOBODOVÁ, J., BERÁNKOVÁ, T., VYSKOČ, P. *Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického stavu útvarů povrchových vod tekoucích*. VÚV TGM, v. v. i., 2011. Certifikovaná metodika MŽP.
- [6] ROSENDORF, P., PRCHALOVÁ, H. *Metodika hodnocení všeobecných fyzikálně-chemických složek ekologického potenciálu útvarů povrchových vod kategorie řeka*. VÚV TGM, v. v. i., 2019.

## Autoři

**RNDr. Hana Prchalová**

✉ hana.prchalova@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-1890-8335

**Ing. Pavel Richter, Ph.D.**

✉ pavel.richter@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-6338-3481

**Ing. Petr Vyskoč**

✉ petr.vyskoc@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-5006-5414

**Ing. Jiří Píček**

✉ jiri.picek@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-6978-6801

**Ing. Marie Kozlová**

✉ marie.kozlova@vuv.cz

ORCID: 0009-0001-6601-6107

**Ing. Martina Dubská**

✉ martina.dubska@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-4652-2600

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.03.002

---

## ASSESSMENT OF TRENDS IN CONCENTRATIONS OF CHEMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL INDICATORS OF THE STATUS OF SURFACE WATER BODIES

**PRCHALOVÁ, H.; RICHTER, P.; VYSKOČ, P.; PÍČEK, J.; KOZLOVÁ, M.; DUBSKÁ, M.**

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

**Keywords:** chemical and physico-chemical indicators – surface water – assessment of trends – Water Framework Directive

This article presents the results of trend assessment of selected chemical and physicochemical indicators of surface water status. The assessment approach is based on a similar procedure for assessing significant upward trends of pollutants and trend reversals in groundwater bodies. The procedure is based on measured concentrations from 2010 to 2018 and estimates concentrations at the end of 2021, 2024 and 2027. For the assessment of trends, data from the river basin companies were used to assess the ecological status/potential and the chemical status of surface water bodies. However, only part of the profiles with measured concentrations met the time series requirements. The assessment of trends towards the end of 2024 and 2027 shows that some indicators (polyaromatic hydrocarbons, adsorbable organically bound halogens – AOX and nitrate nitrogen) are projected to improve compared to the status as of 2018. On the other hand, for biochemical oxygen demand, dissolved nickel and ammonia nitrogen, a slight deterioration is predicted.