

Identifikace mikrobiálního zatížení povrchových vod odpadními vodami

**SS02030008 Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové
hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)**

Prioritní téma programu: 2.A Kontaminace vodního prostředí

Hana Zvěřinová Mlejnková, Kateřina Sovová, Adam Šmída, Štěpánka Šabacká

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Praha, Brno

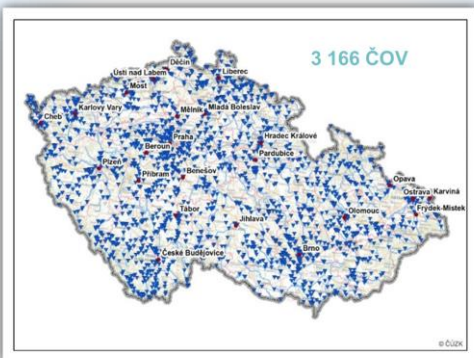
Cíle dílčího úkolu 2.A.4: Výzkum a identifikace mikrobiálního zatížení povrchových vod odpadními vodami z ČOV v ČR (2021–2026)

- **identifikace a klasifikace významných zdrojů mikrobiální kontaminace povrchových vod s ohledem na míru ohrožení toků znečištěním přinášeným čištěnými, příp. nečištěnými odpadními vodami.**
- **zhodnocení aktuálního stavu mikrobiální kontaminace toků,**
- **určení kritických míst,**
- **odhad trendů vývoje a**
- **vlivů klimatické změny na výskyt zdravotních rizik.**

Zdroje mikrobiálního znečištění povrchových vod

Čištěné komunální odpadní vody

- 3 166 ČOV
- 80 % obyvatel napojeno na kanalizační síť



Nečištěné komunální odpadní vody

- volné výusti-20 % obyvatel
- odlehčovací komory



Zemědělské zdroje

- statková hnojiva
- pastviny
- chov vodního ptactva...

Havárie, povodně

- nefunkční ČOV
- havárie vodovodních řadů...



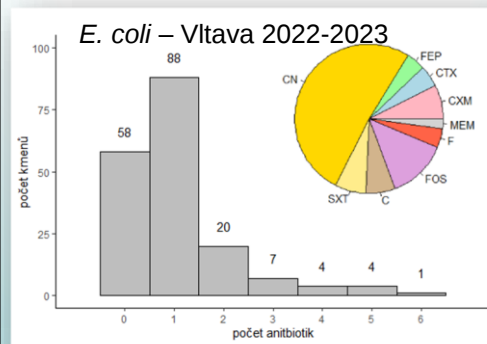
Význam mikrobiálního znečištění povrchových vod

Snížení vodohospodářské využitelnosti vod jejich kontaminací

- omezení využití pro závlahy,
- snížení objemu zdrojů pitné vody (povrchové vody, podzemní vody – mělké zvodně),
- napájecí vody...

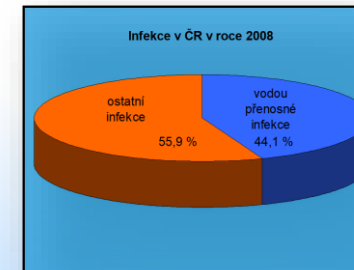
Šíření patogenů, potenciálních patogenů a antibiotické rezistence, epidemiologická rizika

- přenos bakterií/virů/ parazitů vodním prostředím = přenos infekcí,
- horizontální přenos genů rezistence na ATB,



Hygienická rizika při vodní rekreaci

- přírodní i umělá koupaliště,
- vodní prvky...



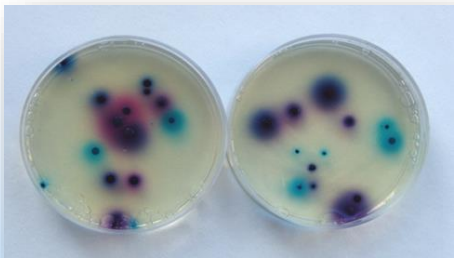
Kontaminace pitné a teplé vody

- domovní studny,
- havárie na vodovodních řadech,
- teplé vody - legionelly

Metody detekce mikrobiálního znečištění ve vodách

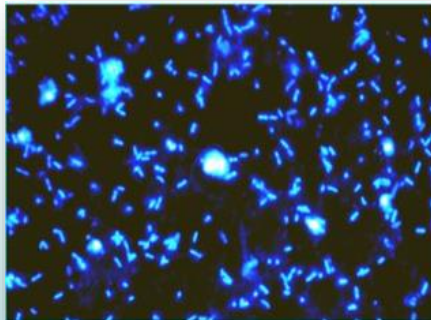
Kultivační

- indikátory fekálního znečištění (koliformní bakterie, termotolerantní (fekální) koliformní bakterie, intestinální enterokoky, *Escherichia coli*)
- kultivace za optimálních podmínek – nárůst počtu buněk na velikost kolonie = KTJ = cca 10^9



Mikroskopické

- velikost bakterie cca $0,2 \mu\text{m}$
- zvětšení 1 000x
- barvení, fluorescence
- pouze tvar, ne vlastnosti



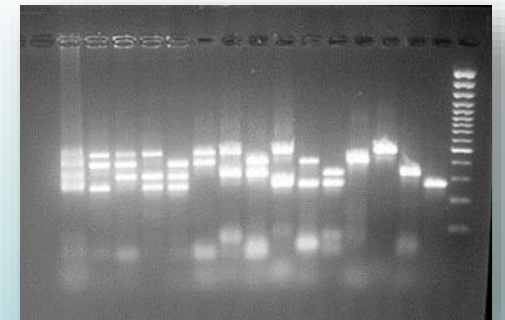
Biochemické a imunologické

- metabolizace substrátů (cukrů, H_2S , $\text{NO}_3 \dots$ = barevné řady)
- vazby antigenů a protilátek (ELISA, apod.)



Molekulárně biologické a další moderní metody

- PCR polymerázová řetězová reakce)
- FISH (fluorescenční hybridizace)
- sekvenování
- MALDI-TOF (spektrometrie)



České legislativní požadavky na mikrobiální znečištění ve vodách

401/2015 Sb. Nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

- dodržení NEK
- „Neporušená samočistící schopnost toku. Stav bez přítomnosti organismů s potenciálně patogenními vlastnostmi.“

	termotolerantní koliformní bakterie	enterokoky	<i>Escherichia coli</i>
	KTJ/100 ml		
NEK (P90)	4 000	2 000	2 500

ČSN 75 7221 – Klasifikace jakosti povrchových vod (2017)

- 5 tříd podle mezních hodnot kvality vody

	ČSN 75 7221 (C90)	
	termotolerantní koliformní bakterie	enterokoky
	KTJ/100 ml	
I. třída= neznečištěná voda	<2 000	<600
II. třída= mírně znečištěná voda	<10 000	<1 300
III. třída= znečištěná voda	<20 000	<2 500
IV. třída= silně znečištěná voda	<40 000	<4 600
V. třída= velmi silně znečištěná voda	≥40 000	≥4 600

238/2011 Sb. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví, kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch, ve znění pozdějších předpisů (8/ 2024)

- 4 koupací sezóny

	enterokoky	<i>Escherichia coli</i>
	KTJ/100 ml	
výborná jakost	200 (P95)	500 (P95)
dobrá jakost	400 (P95)	1 000 (P95)
příjemná jakost	330 (P90)	900 (P90)
nevyhovující jakost		

ČSN 75 7143 Jakost vod. Jakost vod pro závlahu (1991)

	koliformní bakterie	termotolerantní koliformní bakterie	enterokoky	Salmonely	Kolifágy (PTJ)
	KTJ/100 ml				
I/voda vhodná	10 000	1 000	1 000	negativní v 500 ml	10
II/voda podmíněně vhodná	100 000	10 000	10 000	negativní v 200 ml	1 000
III/voda nevhodná	>100 000	>10 000	>10 000	pozitivní v 200 ml	>1 000

Evropské legislativní požadavky na mikrobiální znečištění ve vodách

2000/60/ES - Rámcová směrnice o vodě – novela 2022 – doplněn bod 13:

- '13. Mikroorganismy, geny nebo genetický materiál odrážející přítomnost mikroorganismů rezistentních vůči antimikrobiálním látkám, zejména mikroorganismů patogenních pro člověka nebo hospodářská zvířata.'

2008/105/ES Směrnice o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky

- Relevantní **geny antimikrobiální rezistence** by měly být rovněž zahrnuty do seznamů sledovaných povrchových a podzemních vod a monitorovány, jakmile budou vyvinuty **vhodné monitorovací metody**.

2006/7/ES ze dne 15. února 2006 o řízení jakosti vod ke koupání

91/271/EHS Směrnice Rady o čištění městských odpadních vod (od 5.11.2024*)

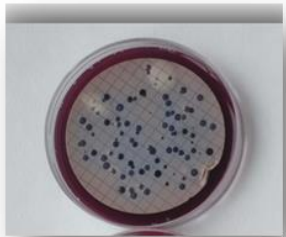
- (23) Unie uznává význam řešení otázky **antimikrobiální rezistence (AMR)** a v roce 2017 přijala evropský akční plán jednotného zdraví proti AMR. Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) jsou **odpadní vody uznávány a zdokumentovány jako hlavní zdroje antimikrobiálních látek a jejich metabolitů, stejně jako bakterií a jejich genů odolných vůči antimikrobiálním látkám.**

- Pro aglomerace >100 000 EO členské státy od 1. 1. 2025 zajistí **sledování antimikrobiální rezistence alespoň dvakrát ročně na vstupech a výstupech městských ČOV**, případně v kanalizačních systémech.
- Členské státy monitorují přítomnost následujících parametrů veřejného zdraví v městských odpadních vodách:
 - a) virus **SARS-CoV-2** a jeho varianty (od min 70 % populace, u aglomerací s 100 000 EO, min 1x týdně);
 - b) **poliovirus**;
 - c) **virus chřipky**;
 - d) **nově se objevující patogeny**;
 - e) kontaminanty vzbuzující nové obavy;
 - f) jakékoli další parametry veřejného zdraví, které příslušné orgány členských států považují za **důležité pro sledování**.

Metodika sledování mikrobiálního (látkového) zatížení vod

Určení mikrobiálního znečištění

- **kultivační stanovení** počtu mikroorganismů v určeném objemu vzorku, např. KTJ/100 ml,
- použití **dat státního a provozního monitoringu** v síti profilů sledování jakosti povrchových vod



Určení mikrobiálního (látkového) zatížení

- stanovení počtu mikroorganismů za časovou jednotku (sec/den/rok),
- počet mikroorganismů se při známém **průtoku** přepočte na určený časový úsek, např. den:

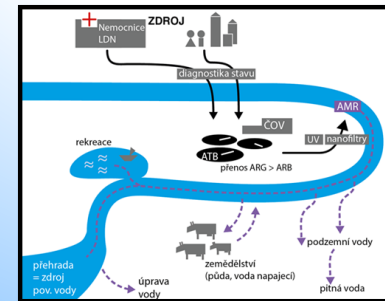
$$\text{počet KTJ/m}^3 \times \text{průtok m}^3/\text{den} = \text{počet KTJ/den},$$

- data z ČHMÚ – vodoměrné stanice nebo přepočty pomocí analogonů,



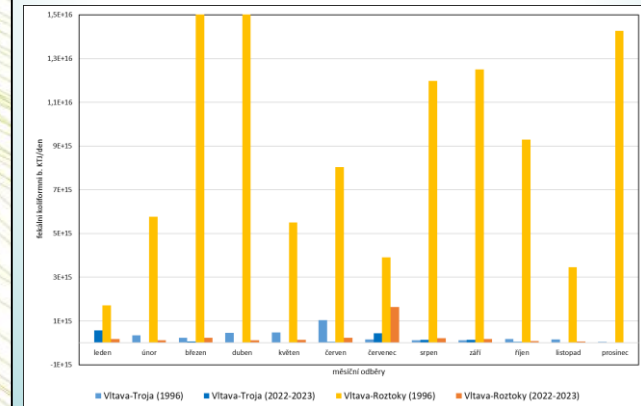
Hodnocení vlivu zdrojů a míry rizik mikrobiálního znečištění podle účelu využití vod

- **vzdálenost** od zdroje mikrobiálního znečištění,
- zohlednění samočistících procesů v tocích,
- určení **kritických úseků** toků,
- dynamika **přežívání** a potenciál **šíření** mikroorganismů ve vodách,
- určení **míry rizika** podle účelu využití vod (rekreace, zdroje pitné vody, závlahy...)



Určení trendu porovnáním dat v čase

- využití historických dat,
- odlišné metody stanovení,
- rozdílný rozsah ukazatelů,
- jiné odběrové profily,
- rozdílné průtoky,

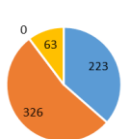


Výsledky

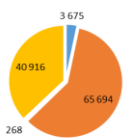
Koncentrace fekálních indikátorů v odpadních vodách na ČOV

- přítoky = až 10^8 KTJ *E. coli*/100 ml; 10^{20} KTJ *E. coli*/den,
- i přes vysokou účinnost čištění se do toků dostává velké množství bakterií (*E. coli*: 75 – 99,98 %); snížení prům. o 2 řády,
- odtoky = až 10^6 KTJ *E. coli*/100 ml; 10^{18} KTJ *E. coli*/den,
- odtok s UV = 10^3 KTJ *E. coli*/100 ml; 10^{17} KTJ *E. coli*/den,
- rozdílné složení odpadních vod (oddílná vs. jednotná kanalizace; poměry komunální, průmyslové, dešťové, zemědělské).

Jizera (ČOV Benátky nad Jizerou, Tuřice, Skorkov, Nový Vestec)

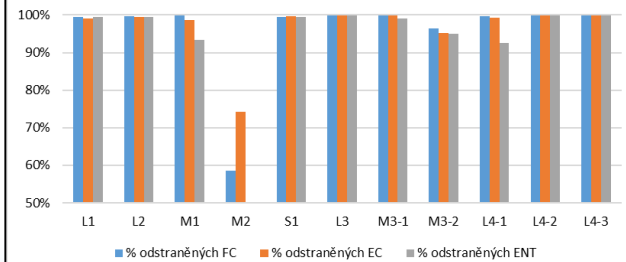


Vltava -(ÚČOV Praha, Rostoky u Prahy)



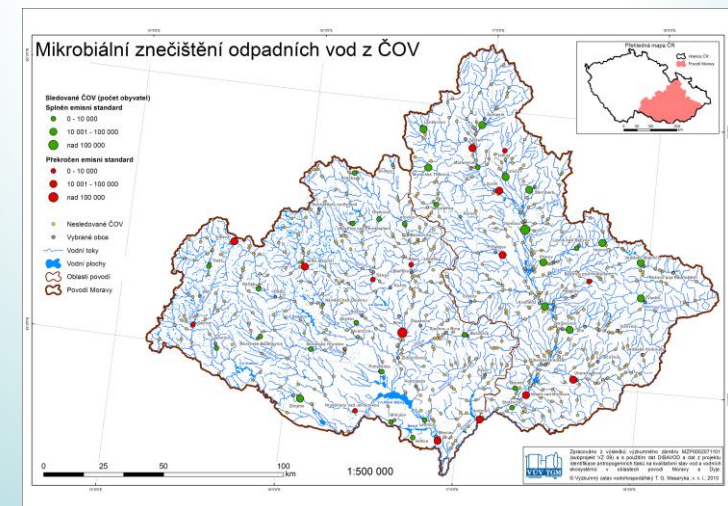
■ průmyslová OV ■ OV z domácností ■ OV ze zemědělství ■ čistěná srážková OV

Účinnost odstranění fekálních indikátorů



Potenciál ohrožení jakosti vod mikrobiálním znečištěním z čištěných odpadních vod

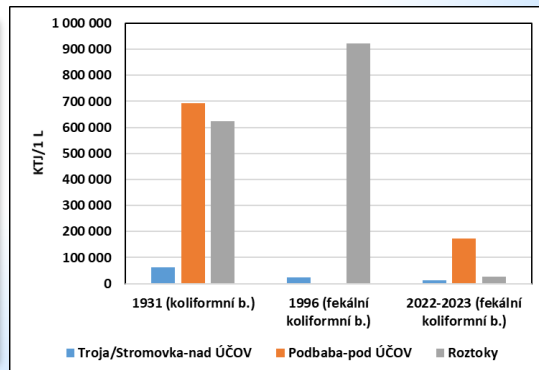
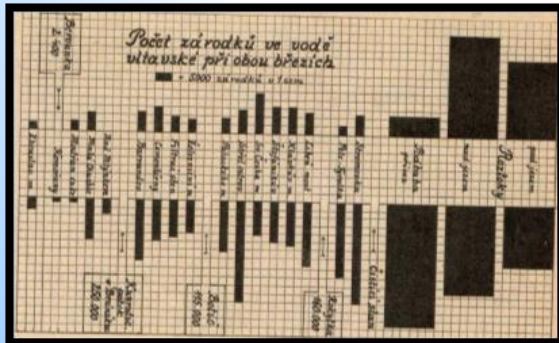
- Studie z roku 2010:
 - Ze 49 ČOV dosahovalo **33 % „nadlimitních hodnot“** mikrobiálních indikátorů fekálního znečištění,
 - hodnoceno podle návrhu emisních standardů mikrobiálních ukazatelů v ČOV dle Baudišové, 2003 (nepublikováno):
 - tj. ČOV >100 000 EO:
 - pro termotolerantní koliformní bakterie **20 000 KTJ/100 ml**,
 - pro enterokoky **10 000 KTJ/100 ml**,
 - 13 toků; v 54 % odpovídalo jejich mikrobiální znečištění pod ústím ČOV **3. - 5. třídě jakosti** dle ČSN 75 7221 (**znečištěná až velmi sině znečištěná voda**).



Výsledky

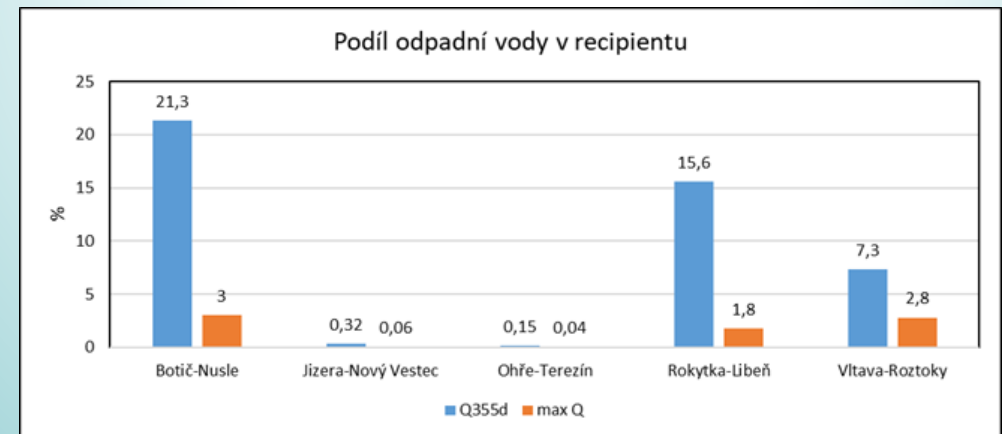
Porovnání mikrobiálního zatížení Vltavy s historickými daty

- porovnání mikrobiálního zatížení Vltavy v období **2022-2023** s údaji z roku **1996** [Baudišová] a z roku **1931** [Kredba, Dvořák, Znečištění Vltavy v Praze – bakteriologická studie],
- nízké fekální znečištění nad ústím ÚČOV Praha (10^2 KTJ/100 ml),
- pod ústím ÚČOV Praha - řádově vyšší,
- porovnání tří období - pozitivní trend snižování mikrobiální kontaminace mezi roky **1931** (10^3 KTJ/100 ml) a **současným stavem** (10^2 KTJ/100 ml), přičemž v roce **1996 byl stav nejhorší** (10^4 KTJ/100 ml).



Volné výusti a odlehčovací komory městských kanalizací

- volné výusti – odpadní vody od 20 % obyvatel ČR,
- odlehčovací komory městských kanalizací – po velkých deštích se do toků dostává **1 000 až 10 000 násobně vyšší koncentrace fekálních bakterií** než za normálního průtoku,
- liší se podle velikosti toku,
- současně dochází k naředění srážkovými vodami – konečný efekt odlehčovacích komor na mikrobiální znečištění recipientu není znám,
- toto znečištění recipientů **není systematicky monitorováno ani zachyceno pravidelným monitoringem.**



Shrnutí

- ❖ Kontaminace povrchových vod mikrobiálním znečištěním z odpadních vod z ČOV není v ČR standardně sledována.
- ❖ Provozovatelé ČOV nemusí tento typ znečištění sledovat.
- ❖ Státní ani provozní monitoring povrchových vod není kapacitně schopen problematiku zdrojů mikrobiální kontaminace systematicky zachytit.
- ❖ Novela Směrnice 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod a 2008/105/ES Směrnice o normách environmentální kvality v oblasti vodní politiky přinese povinnost sledování zdravotně významných agens, zejména antibiotické rezistence na odtocích z ČOV.

Závěry a plány

- ❖ Poznání dynamiky mikrobiálního oživení vodního prostředí je nezbytné pro určení související míry rizik, zejména v kontextu s probíhající klimatickou změnou.
- ❖ V rámci CEVOOH probíhá účelový monitoring zaměřený na mikrobiální zatížení různě vodných toků s odlišným přísunem odpadních vod.
- ❖ V rámci CEVOOH probíhá sběr dat státního monitoringu z let 2019-2023 za účelem stanovení mikrobiálního zatížení toků pod výústěmi ČOV (53 profilů), které bude vyhodnoceno v další etapě projektu.
- ❖ Je plánováno doplnění screeningem výskytu antibiotické rezistence ve vodách.

Děkuji za pozornost

Práce vznikla za podpory projektu SS02030008 Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH) a institucionální podpory MŽP.