

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI / 2023 / 6

4/ Možnosti čištění odpadních vod za pomoci experimentálního zařízení pro fyzikální působení elektrostatickým polem se zaměřením na farmaka

8/ Analýza odpadních vod jako prostředek pro zjištění zneužívání drog ve vzdělávacích zařízeních

38/ Rozhovor s prof. Ing. Pavlem Pechem, CSc., profesorem České zemědělské univerzity v Praze

Psali jsme před 60 lety

Na konci 50. let časopis VTEI zveřejnil příspěvek Josefa Beneše z Ministerstva zemědělství, lesního a vodního hospodářství (MZLVH) s názvem Čistota vody v nových předpisech.

Kritický stav v čistotě vodních toků je u nás všeobecně známý a 3 200 km vodních toků znečištěných na IV. a V. třídu čistoty hovoří v porovnání s 8 000 km celkové délky významnějších vodních toků velmi jasně. Avšak zlepšování situace zatím není vidět a při dosavadním vývoji průmyslu je možno s určitým zlepšením počítat nejdříve koncem třetí pětiletky.

Čelková linie v čistotě vod se opírá o zákonné předpisy a platná vládní usnesení. Je však nutno brát v úvahu poměrně pomalu se měnící názor na nutnost lepšího hospodaření s vodou na mnoha závodech.

Novela zákona o vodním hospodářství z roku 1959 přinesla určité změny v zájmu zlepšení čistoty vody. Např. v § 12 je dnes zcela jasně formulována povinnost uživatelů vod plánovitě odstraňovat dosavadní znečišťování vod nejen výstavbou čistíren odpadních vod a jejich řádným provozem, ale i prováděním potřebných opatření v technologii výroby, kde je mnohdy výhodnější možnost likvidace odpadní vody než v čistírně. Zde je velké pole působnosti pro zlepšovatele a vynálezce. Jen je třeba jejich snahu ze strany závodů vhodně usměrnit. Týž paragraf hovoří také o možnosti ukládání majetkových sankcí znečišťovatelům za porušení jejich povinností plynoucích ze zákona. Bližší směrnice jsou obsaženy ve vládním Usnesení č. 603/58 a 385/60.

V § 24, který hovoří o investiční činnosti, je popsán postup vodohospodářského projednání, včetně výčtu údajů nutných k posouzení investic z hlediska vodního hospodářství. Novinkou je, že již v přípravě investičního úkolu má vodohospodářský orgán právo a povinnost rozhodnout o případném dalším využití investic. Pro čistírny to znamená např. předepsání určitých opatření v tom směru, aby se v jedné

čistírně zneškodnily odpadní vody dvou nebo více závodů, sídlišť, města apod. Takové možnosti je třeba velmi dobře uvážit a vyzkoušet. Zásadně však nesmí spojováním čistíren docházet k oddalování termínu likvidace závažných zdrojů znečištění.

Zákon dává také možnost ukládat poplatky za vypouštění odpadních vod podle stupně znečištění. Zatím této možnosti nebylo využito, ale dosavadní vývoj ukazuje, že tato cesta bude nutná.

Novým opatřením, které má pomoci při zlepšování čistoty vody, je důsledná kontrola. Orgány Státní vodohospodářské inspekce při MZLVH a na krajích čekají v tomto směru velké úkoly. Mohou odbornou radou pomoci na závodech, pomohou vodohospodářským orgánům hlídat znečišťovatele a zajistit, aby nedostatky byly odstraněny a nedbalost potrestána.

Stojí před námi velký úkol – třetí pětiletka. Konkrétní úkoly na úseku čistoty vod vytýčilo vládní usnesení č. 385/60, jež jmenuje 678 zdrojů znečištění, které mají být zlikvidovány v průběhu let 1961–1965. Je to obrovský úkol a ukazuje se již dnes, že jeho splnění se setká s velkými obtížemi. Stejně jako se již dnes rozhoduje o splnění třetí pětiletky, rozhoduje se také o možnosti zvyšování životní úrovně dalším rozšiřováním průmyslové a zemědělské výroby. Jedině společným úsilím všech pracovníků vodohospodářských orgánů a organizací, všech projektantů, stavbařů, strojařů, investorů, provozovatelů a všech pracujících naší republiky se nám podaří splnit linii danou zákonem o třetí pětiletce: dosáhnout zásadního zvratu v čistotě vodních toků.

Z archivu VÚV TGM

Redakce VTEI



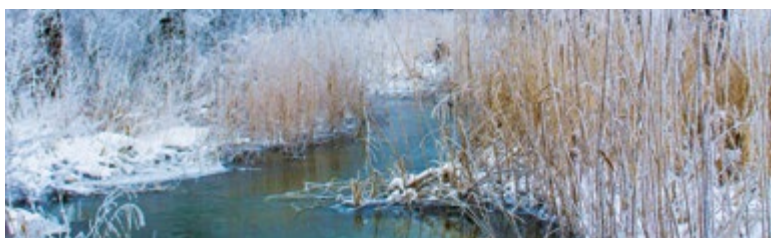
Foto: I. Ibrahimovič

Obsah



3 Úvod

- 4** Možnosti čištění odpadních vod za pomoci experimentálního zařízení pro fyzikální působení elektrostatickým polem se zaměřením na farmaka
Tomáš Sezima, Radmila Kučerová



- 8** Analýza odpadních vod jako prostředek pro zjištění zneužívání drog ve vzdělávacích zařízeních

Věra Očenášková, Danica Pospíchalová, Eva Bohadlová, Diana Marešová

- 14** Způsoby sběru a nakládání s biologickým odpadem ve vybraných státech Evropské unie a aktuální výsledky z měření ztráty vlhkosti

Dagmar Vološinová, Robert Kořínek



- 22** Vývoj využití území a vliv na vodní zdroje hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy

David Honek, Milena Forejtníková, Zdeněk Sedláček, Jitka Novotná

- 28** Využití effect-based metod k hodnocení stavu povrchových vod

Martin Hora, Alena Kristová, Přemysl Soldán

- 38** Rozhovor s prof. Ing. Pavlem Pechem, CSc., profesorem České zemědělské univerzity v Praze

Zuzana Řehořová

- 42** Ohlédnutí za Národním dialogem o vodě 2023

Lucie Jašíková



- 44** Kozmické ptačí louky a jejich význam pro přírodu a krajinu

Jan Unucka, Petr Bláha

PF 2024



Vážení čtenáři,

s blížícím se koncem roku 2023 vám s potěšením představujeme poslední letošní číslo časopisu VTEI. Není sice jako říjnové číslo monotematicky zaměřené, většina článků má však přesto shodou okolností společné téma, a tím jsou odpadní vody, resp. odpady obecně.

Prvním z nich je příspěvek informující o slibných možnostech čištění odpadních vod od specifických organických kontaminantů (EC) působením elektrostatického pole emitovaného upraveným laboratorním zařízením na fyzikální zpracování odpadů. První série experimentálních pokusů byla při tom cílena na eliminaci tolik diskutovaných metabolitů vybraných farmak.

Neméně přínosný a zajímavý je i další článek informující o výsledcích pilotního projektu, týkajícího se zjišťování užívání drog na základních a středních školách prostřednictvím analýzy odpadních vod. Ačkoli byly stanovené postupy aplikovány zatím pouze na čtyřech vybraných školách, ukazuje se, že je možno, s přihlédnutím ke specifickým okolnostem provozu jednotlivých škol i okolností odběrů, celkem spolehlivě detekovat užití jak nelegálních drog (marihuany, metamfetaminu, amfetaminu, kokainu a extáze), tak i nikotinu.

O tématu odpadů pojednává i příspěvek, který v rámci prezentace průběžných výsledků projektu „*Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)*“, přináší stručný nástin postupů a legislativních opatření uplatňovaných při sběru a nakládání s biologicky rozložitelným komunálním odpadem ve vybraných zemích Evropské unie i obecné závěry, jež bude vhodné na základě dobré praxe implementovat i v České republice.

Z oblasti odpadů a odpadních vod v tomto čísle vybočuje článek o vývoji využití území hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála a vlivu tohoto využití na vodní zdroje. Zdůrazňuje se v něm především nutnost pozorně sledovat změny v krajině a budoucí rozvoj tohoto území, jehož vodní zdroje patří k nejkvalitnějším a nejvydatnějším v rámci celé České republiky, a aktivně podporovat změny krajiny s předpokládaným pozitivním dopadem, např. zvýšení retenční schopnosti krajiny budováním menších nádrží, mokřadů, lesních porostů atd.

V pátém odborném příspěvku řeší autoři především stav povrchových vod na vytípaných 11 lokalitách ve třech povodích. V dnešní době prováděný monitoring prioritních a specifických znečišťujících látek nemá

možnost zachytit všechny zdroje znečištění a stejně tak neumožňuje komplexní hodnocení směsí, metabolitů či dalších látek. Proto přináší článek „Využití effect-based metod k hodnocení stavu povrchových vod“ pohled na aplikaci této metody s možností vyhodnocení celkového biologického vlivu látek na kvalitu vod.

V prosincovém čísle máme také tu čest uvést rozhovor s profesorem Pavlem Pechem, význačným pedagogem z České zemědělské univerzity v Praze. Profesor Pech sdílí se čtenáři své odborné znalosti a poznatky z oblasti vodního hospodářství a nabízí cenné pohledy na současnou výzvu ohledně klimatické změny a s ní spojená nezbytná opatření včetně nutnosti výstavby nových vodních nádrží na našem území.

Informativní část je pak mj. věnována uskutečněné konferenci „Národní dialog o vodě“ s podtextem „Komplexní přístup k ochraně zdrojů pitné vody“. Byla vedena cílá diskuze účastníků zastupujících státní správu, samosprávu, ale i soukromý sektor, a tím i mnohdy velice odlišných pohledů, jak se postavit k současnému zatížení vodního prostředí cizorodými látkami. Kolik těchto látek a v jakých koncentracích se v jednotlivých fázích ve vodě nachází? Máme se jich obávat? Můžeme s tím něco udělat a za jakých nákladů? Nebo jsou koncentrace tak nízké, že jsou ze zdravotního hlediska pro spotřebitele neškodné? A co na to legislativa? O výsledcích konference se dočtete v článku „Ohlédnutí za Národním dialogem o vodě 2023“.

V informativní části je rovněž představena největší soukromá přírodní rezervace v České republice o rozloze 70 ha – Kozmické ptačí louky. Nachází se v záplavovém území řeky Opavy v prostoru mezi obcemi Dolní Benešov, Kozmice a Jilešovice a svou výraznou retenční schopností je významným přínosem nejen pro vodní režim, ale i biotop daného území.

Doufáme, že prosincové číslo VTEI vám poskytne cenné poznatky a inspiraci a děkujeme všem autorům i recenzentům, kteří umožnili jeho vznik.

Přejeme vám příjemně strávené chvíle nejen při čtení VTEI, krásné prožití vánočních svátků a v roce 2024 úspěšné zvládnutí všech výzev, jež před nás nový rok postaví.

Redakce VTEI

Možnosti čištění odpadních vod za pomoci experimentálního zařízení pro fyzikální působení elektrostatickým polem se zaměřením na farmaka

TOMÁŠ SEZIMA, RADMILA KUČEROVÁ

Klíčová slova: životní prostředí – odpadní voda – čištění odpadních vod – fyzikální působení – elektrostatické pole – snižování obsahu škodlivin – biotechnologie – farmaka

ABSTRAKT

V důsledku klimatické změny a růstu celkového počtu obyvatel na Zemi se očekávají stále větší problémy spojené se zajištěním dostatku vody. Narůstá potřeba ekotechnologií s nižšími spotřebami vody, s využitím zachycovaných srážkových vod a se znovuvyužitím odpadních vod.

V současnosti jsou známy miliony různých chemických látek a každý den jsou syntetizovány další a další. Chemizace nejrůznějších odvětví průmyslu je příčinou nárůstu masové kontaminace prostředí cizorodými látkami.

Příspěvek prezentuje možnosti experimentálního laboratorního zařízení pro fyzikální zpracování odpadů přestavěného na zařízení umožňující působit elektrostatickým polem na odpadní vody. Zamýšlí se nad možnostmi a perspektivami jeho dalšího využití – a to jak samostatně, tak v kombinaci s dalšími technologickými postupy, např. biotechnologiemi. První série experimentálních pokusů byla cílena na eliminaci vybraných farmak.

ÚVOD

Klasické mechanicko-biologické čistírny odpadních vod (ČOV) fungují ve většině případů dobře u základních ukazatelů znečištění (BSK_5 , $CHSK_{Cr}$, $N-NH_4^+$, $N_{celk.}$, $P_{celk.}$, NL), nicméně nejsou dostatečně účinné pro odstranění specifických organických kontaminantů, tzv. emerging contaminants (EC). Tímto pojmem se v literatuře označují látky, které nebyly či nejsou dostatečně regulovány stávajícími nařízeními. Tyto látky představují značné riziko pro životní prostředí i lidské zdraví a jsou také jedním z důvodů omezení znovuvyužitelnosti vyčištěné odpadní vody. Mezi EC patří též farmaka a další produkty osobní hygieny (PPCP). Odstranění nebo výrazné snížení těchto látek na odtoku z ČOV by mohlo být vyřešeno zařazením dalšího vhodného typu dočištění – většinou označovaného v literatuře jako terciární nebo kvarterní úpravy [1]. Coby vhodné a perspektivní se jeví zejména využití pokročilých oxidačních procesů (AOP), ozonizace, adsorpce nebo jejich kombinace. Proces technologické úpravy musí být dobře zvládnutý, neboť při neúplném, nedostatečném rozkladu organických mikropolutantů mohou vznikat nové produkty, jež mnohdy vykazují i výrazně toxičtější vlastnosti než výchozí látky [2, 3]. Kromě účinnosti procesu v dnešní době významnou roli hraje ekonomika, tedy cena samotné technologie, její provoz, energetická náročnost a doba použitelnosti.

Další možný způsob terciární úpravy námi prezentovaný je působení elektrostatickým polem, prováděný buď samostatně, nebo v kombinaci s jinými technologiemi, např. biotechnologiemi.

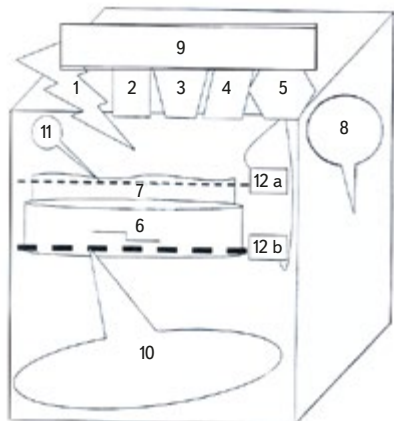
Už kolem roku 1960 byly publikovány první informace ohledně působení různých silových polí (zejména elektromagnetických) na člověka a životní prostředí. V současné době se této problematice věnuje samostatně, či v kombinaci s jinými technologiemi řada pracovišť, významnější publikace jsou uvedeny v přehledu literatury [4–9]. Velmi perspektivní se jeví nové, původní zařízení s názvem CaviPlasma, jež kombinuje hydrodynamickou kavitaci a plazmový výboj. Je výsledkem spolupráce pracovníků z Vysokého učení technického v Brně, Masarykovy univerzity a Botanického ústavu AV ČR, v. v. i.

V letech 2007–2011 byl pracovníky VÚV TGM Praha v rámci projektu MŽP VaV SP/2f2/98/07 „Výzkum v oblasti odpadů jako náhrady primárních surovinných zdrojů“ započat vývoj zařízení na zpracování odpadů fyzikálními postupy. Koncept zařízení byl zapsán jako užitečný vzor – číslo zápisu: Int. 21084, Úřad průmyslového vlastnictví ze dne 2. července 2010 [10]. Zařízení a způsobu fyzikálního zpracování odpadu byl udělen dne 22. srpna 2014 evropský patent EP 2388068 [11]. Zařízení pro fyzikální úpravu materiálů (zejména pevných matric odpadů) koncepčně spočívá v jednotlivém, nebo ve vybraném kombinovaném působení vybraných silových polí (mikrovlnné pole, ultrazvuk, UV záření, jiskrový výboj, elektrostatické pole a popř. i dalších).

Podstata technického řešení původního zařízení

Navržené zařízení pro fyzikální úpravu odpadů je sestaveno z jednotlivých generátorů fyzikálních silových polí umístěných v průhledném boxu s vetkanou uzemněnou Faradayovou klecí s otvíracím vstupním – manipulačním otvorem. Na dně boxu je volně položen podstavec z elektricky nevodivého materiálu, na kterém leží plastová nádoba – vana – pro vložení sledované matrice pro expozici vzorků. Dno nádoby tvoří silná vrstva plastu s velmi vysokým ohmickým odporem. Na dnu nádoby při expozici elektrostatickým polem je volně položena elektricky dobře vodivá kovová mřížka. Nad nádobou je buď vnořená do vzorku, nebo volně zavěšená nad vzorkem druhá kovová mřížka. Obě mřížky jsou napojeny elektrickým vodičem na generátor elektrostatického pole. Unášecí most s posuvem nese generátor UV záření a generátor jiskrového výboje. Posun mostu

je realizován elektrickým pohonem s možností změny rychlosti pohybu ve dvou stupních a s pohybem ve dvou směrech (tam a zpět). Při dojezdu na konec vymezené dráhy pojezdu dochází k automatickému překlopení směru pohybu pomocí koncových dojezdových přepínačů. Délka pojezdu je mechanicky nastavitelná. Expozice elektrickým jiskrovým výbojem je realizována jiskřištěm, jež je také umístěno na unášecím mostě. Generátory silových polí mohou pracovat současně, v různých kombinacích následností, nebo samostatně. Aktuálně nelze zrealizovat společné působení silového elektrostatičkého pole a elektrického jiskrového výboje z důvodu nebezpečí poškození elektroniky jiskrovým výbojem. Schéma konceptu zařízení je znázorněno na obr. 1.

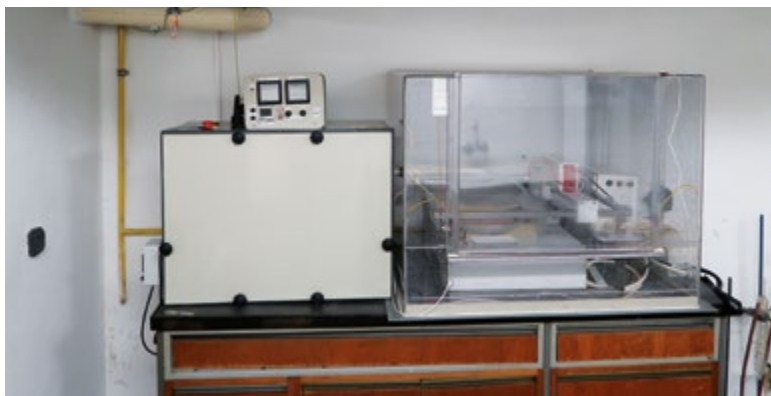


Obr. 1. Schéma zařízení pro fyzikální předúpravu odpadu
Fig. 1. Diagram of device for physical waste pre-treatment

1, 2, 3, 4, 5 – generátory silových polí (jiskrový výboj, mikrovlnné pole, ultrazvuk, UV záření, elektrostatičké pole), 6 – plastová vana (nádobna na vzorek), 7 – zkoumaný vzorek, 8 – Faradayova klec, 9 – posuvný most, 10, 11 – vodivá kovová mřížka, 12a, b – přívodní kabely VN

1, 2, 3, 4, 5 – force field generators (spark discharge, microwave field, ultrasound, UV radiation, electrostatic field), 6 – plastic vessel (container for a sample), 7 – sample investigated, 8 – Faraday cage, 9 – carrier bridge, 10, 11 – conductive metal mesh, 12a,b – HV supply cables

Pro experimentální činnost úpravy odpadních vod se využívá optimalizované zařízení pro fyzikální zpracování odpadů s přepracovaným pracovním prostorem pro působení elektrostatičkým polem. V současnosti je reakční prostor doladován. Experimentální zařízení pro čištění vod za pomoci elektrostatičkého pole je zobrazeno na obr. 2.



Obr. 2. Optimalizované zkušební/experimentální zařízení
Fig. 2. Optimised testing/experimental equipment

Působení na odpadní vody za pomoci výše popsaného zařízení elektrostatičkým polem lze vhodně kombinovat s dalšími chemickými nebo biochemickými technologiemi a postupy. Vhodné se jeví biotechnologie, kdy fyzikální postupy slouží k iniciaci – otevření a zpřístupnění matic pro další působení.

Biodegradace nebezpečných škodlivých látek v životním prostředí představují významné perspektivní metody, kdy jsou složité a ekologicky závadné polutanty působením mikroorganismů rozkládány na látky jednodušší (nezávadné). Principem biodegradacič technologií je optimalizace živinových poměrů (pro podporu růstu vybraných mikroorganismů schopných degradovat cílové kontaminanty) a aplikace vhodně vybraných izolovaných kmenů mikroorganismů s příslušnou degradační schopností [12].

Biologické metody dekontaminace využívají vlastní nebo inokulované mikroorganismy (houby, bakterie a ostatní mikroorganismy) k rozkladu (metabolizaci) organických polutantů obsažených v půdách, odpadech nebo vodách.

Při aplikaci biodegradacič metod je třeba vycházet z faktu, že tento proces je velice komplexní. Úspěšnost či neúspěšnost závisí především na těchto faktorech [13–15]: chemických (druh kontaminantu, pH prostředí, koncentrace makro a mikrobiogenních prvků, obsah vody, chemické složení kontaminovaného materiálu, chemické složení a koncentrace vhodných nutričních roztoků apod.), mikrobiologických (degradační aktivita mikroorganismů) a fyzikálních (teplota, rozpustnost ve vodě, sorpce na pevné částice).

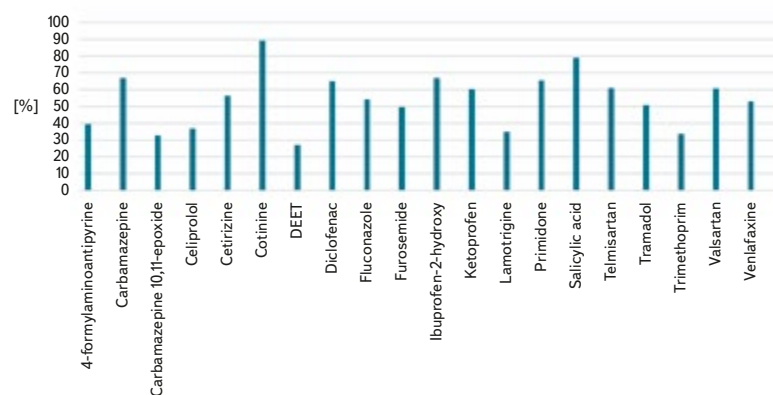
Vzhledem k tomu, že každý z výše uvedených faktorů má vliv na průběh biodegradace, je zřejmé, že při návrhu technologických postupů a jejich aplikaci je třeba tyto faktory vzít v úvahu a v případě potřeby je upravit tak, aby biodegradacič proces byl co nejméně limitován.

Vzorky odpadních vod bez fyzikální předúpravy a s fyzikální předúpravou byly podrobeny laboratorním biodegradacič experimentům v prostorách Katedry environmentálního inženýrství VŠB – Technické univerzity Ostrava. Pro biodegradacič byla použita směs bakterií *Rhodococcus degradans*, *Rhodococcus rhodochrous* a *Rhodococcus erythropolis*, které byly získány z České sbírky mikroorganismů působící při Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně. Česká sbírka mikroorganismů disponuje jejich značným spektrem a k nim je vytvořena podpůrná databáze s jejich degradačními schopnostmi a specifickými vlastnostmi a podmínkami kultivace.

Část vzorků byla biodegradována bez předúpravy a část byla před vlastní biodegradacič podrobena fyzikální předúpravě na zařízení pro fyzikální předúpravu v laboratořích VÚV TGM. Pro předúpravu bylo odzkoušeno působení elektrostatičkým polem s různou dobou expozice, napětí řádově v kV, elektrický proud řádově v mA.

Vlastní biodegradace probíhala po dobu tří týdnů. Poté byly vzorky zfiltróvány a provedeny speciální chemické analýzy. Vzhledem k charakteristice daného vzorku odpadních vod bylo pro chemická stanovení vybráno cca 70 látek ze skupiny PPCP, převážně farmak.

První série experimentů naznačují, že jen za pomoci elektrostatičkého pole u mnohých farmak lze snížit jejich obsah účinných složek (např. carbamazepin, celiprolol, claritromycin, diclofenac, hydrochlorothiazide, iohexol, iomeprol, irbesartan). Kombinovaný technologický postup (fyzikální úprava elektrostatičkým polem a biotechnologie za pomoci vybraných kmenů bakterií) se jeví jako velmi nadějný, neboť dochází ke snížení významné části celého spektra sledovaných látek. Fyzikální předúprava výrazně zvyšuje účinnost následně zařazených biotechnologií řádově o desítky procent. Změna (zvýšení) účinnosti biodegradace vybraných farmak použitím elektrostatičkého pole oproti biodegradacič bez použití elektrostatičkého pole je zobrazena na grafu (obr. 3).



Obr. 3. Změna/zvýšení účinnosti biodegradace vybraných farmak použitím elektrostatického pole oproti biodegradaci bez použití elektrostatického pole [%]

Fig. 3. Change/Increase in biodegradation efficacy of selected pharmaceuticals using electrostatic field versus biodegradation without applying an electrostatic field [%]

Experimentálními činnostmi je ověřeno, že kombinaci fyzikální předúpravy a biodegradace lze provádět postupně nebo ve vhodně zvoleném režimu i v souběhu obou procesů najednou.

Jedná se o prezentaci prvních výsledků experimentálních činností, z nichž zatím nelze učinit konečné závěry. Průběžně jsou u experimentálního zařízení doladovány jednotlivé funkční prvky (např. reakční kazetový prostor, cirkulace vzorku, čerpadlo s řízením chodu). Zařízení pro fyzikální čištění odpadních vod se zdrojem vysokého napětí bylo připraveno na prohlídku revizními techniky. Na experimentální zařízení a zdroj VN jsou vydány revizní zprávy. Je plánováno, že na doladěný reakční prostor zařazený bude podána přihláška pro udělení zápisu užitného vzoru.

Lze konstatovat, že kombinace působení fyzikální předúpravy a biodegradčních postupů se jeví perspektivní z hlediska účinnosti a spektra působení.

V současnosti je pokračováno v experimentálních laboratorních pokusech, ve vylepšování funkčnosti, stanovení podmínek použití zařízení ke snižování vybraných látek (farmak) v reálných vzorcích odpadních vod z komunálních ČOV samostatně, nebo v kombinaci s vybranými biotechnologiemi.

DISKUZE A ZÁVĚR

Aktuálním vodohospodářským tématem dneška je dočišťování odpadních vod od mikropolutantů, které povede ke snížení zatížení přírody z antropogenních aktivit člověka a zároveň k opětovnému využití vody, a proto jsou v dnešní době nové techniky a technologie vítány a ve správném čase i společností podporovány, a to v rámci naplňování cílů trvale udržitelného rozvoje.

Upravené zařízení fyzikálního zpracování odpadu je modifikováno na použití elektrostatického pole za účelem snižování obsahu vybraných persistentních polutantů v odpadních vodách. Aktuálně je zařízení vystavěno jako zkušební laboratorní zařízení, výhledově i jako zařízení průmyslové.

V současné době probíhá spolupráce s dalšími výzkumnými pracovišti, zejména dislokovanými na vysokých školách, a zkušební testování odpadních vod v rámci uživatelské optimalizace zařízení. Dále jsou vedena jednání s výrobcí zkušebních laboratorních a průmyslových technických zařízení (zejména ČOV). Trvale je budována síť profesionálních partnerů. V rámci komercializace je pro další rozvoj, využití a uplatnění zařízení hledán významný a silný strategický partner.

Poděkování

Tento článek vznikl v rámci pracovního balíčku WP 2. A Centra environmentálního výzkumu „Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“ (CEVOOH – S502030008) za finanční podpory Technologické agentury ČR v rámci 2. veřejné soutěže Programu na podporu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti životního prostředí – Prostředí pro život.

Literatura

- [1] COIMBRA, R. N., ESCAPA, C., OTERO, M. (2018). Adsorption separation of analgesic pharmaceuticals from ultrapure and waste water: Batch studies using a polymeric resin and an activated carbon. *Polymers*. 10(9), 958. <https://doi.org/10.3390/polym10090958>
- [2] GOMES, J. F., FRASSON, D., PEREIRA, J. L., GONÇALVES, F. J. M., CASTRO, L. M., QUINTA-FERREIRA, R. M., MARTINS, R. C. (2019). Ecotoxicity variation through parabens degradation by single and catalytic ozonation using volcanic rock. *Chemical Engineering Journal*. 360(September 2018), 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.11.194>
- [3] REKHATE, C. V., SRIVASTAVA, J. K. (2020). Recent advances in ozone-based advanced oxidation processes for treatment of wastewater – A review. *Chemical Engineering Journal Advances*. 3(September), 100031. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.100031>
- [4] BALAKRISHNAN, S. K. *Degradation of organic pollutants in water by non-thermal plasma based advanced oxidation processes = Degradace organických znečišťujících látek ve vodě nízkoteplotního plazmatem na bázi pokročilých oxidačních procesů*. Vodňany: Faculty of Fisheries and Protection of Waters, University of South Bohemia in České Budějovice, 2017. 87 s. ISBN 978-80-7514-058-6.
- [5] BARTUSEK, S., PRYSZCZ, A., OBROUČKA, K. Energy and material recovery process combined reduction and plasma at the new facility of The Institute of Environmental Technology. *Conference on Environment and Mineral Processing*, 2013, 17, s. 325–329. ISBN 978-80-248-3000-1.
- [6] FERIANCOVÁ, A. et al. Spracovanie PVC odpadov z káblov pomocou mikrovlnného žiarenia. *Hutnické listy*, 2015, 68(5), s. 68–71. ISSN 0018-8069. Dostupné také z: <https://www.hutnickelisty.cz/download/674>
- [7] HÁJEK, M. Mikrovlnná recyklace odpadních PET lahví. *Odpady*, 2014, 24(6), s. 25–26. ISSN 1210-4922. Dostupné také z: <https://odpady-online.cz/mikrovlenna-recyklace-odpadnich-pet-lahvi>
- [8] LÁZÁR, M. et al. Refuse-derived fuel energy recovery by plasma technology. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Řada strojíni*, 2014, 60(1), s. 69–76. ISSN 1210-0471. Dostupné také z: <http://transactions.fs.vsb.cz/2014-1/1980.pdf>
- [9] BANU, RAJESH, J. et al. Energetically efficient microwave disintegration of waste activated sludge for biofuel production by zeolite: Quantification of energy and biodegradability modelling. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2018, ISSN: 0360-3199.
- [10] SEZIMA T., SIKORA, E. *Užitný vzor – Zařízení pro fyzikální úpravu odpadů – Osvědčení o zápisu užitného vzoru*, číslo zápisu: Int. 21084, Úřad průmyslového vlastnictví ze dne 2. 7. 2010, v rámci projektu VaV SP/2f2/98/07/Výzkum v oblasti odpadů jako náhrady primárních surovinových zdrojů (2007–2011, MŽP/SP), dostupné z: <https://isdv.upv.cz/webapp/webapp.vestnik.seznam?lan=cs&pdpr=2010> nebo https://isdv.upv.cz/doc/vestnik/2010/vestnik_UPV_201028.pdf
- [11] SEZIMA, T., SIKORA, E. Evropský patent EP 2388068 „Device for physical waste treatment“, datum zápisu 22. srpna 2014, dostupné z: <https://patentimages.storage.googleapis.com/01/b0/66/2f4267549e5b1f/EP2388068B1.pdf>
- [12] PÁČA, J., SUCHÁ, V., MIKŠANOVÁ, M., STIBOROVÁ, M. Enzymy kvasinky *Candida tropicalis* participující na biodegradaci fenolu. *Biodegradace VI*, Seč, 2003, s. 9–13.
- [13] SMITH, J. R. et al. Bioremediation of PCB and PAH – containing sludge, sediments in land treatment units achieve risk – based endpoints. *Hazard. Ind. Wastes*, 28th, 1996, p. 309–318. ISBN 1044-0631.
- [14] HOLDEN, P. A., FIRESTONE, M. K. Soil microorganisms in soil clean up. How can we improve our understanding? *Journal of Environmental Quality*. 26, 1997, s. 32–40.
- [15] HARMS, H., BOSMAN, T. N. P. Mass transfer limitation of microbial growth and pollutant degradation. *Microbiol.* 18, 1997, 97–105.
- [16] MASÁK, J. a kol. *Speciální mikrobiální technologie*. Skripta VŠCHT, 1992.
- [17] FEČKO, P. *Environmentální biotechnologie*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava. 2004. 180 s. ISBN 80-248-0700-9.

Autoři

Ing. Tomáš Sezima, Ph.D.¹

✉ tomas.sezima@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-0258-6511

doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová²

✉ radmila.kucerova@vsb.cz

ORCID: 0000-0001-7242-5743

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Ostrava

²VŠB-TUO, HGF, Ostrava

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.09.001

POSSIBILITIES OF WASTEWATER TREATMENT USING AN EXPERIMENTAL DEVICE FOR PHYSICAL ACTION BY AN ELECTROSTATIC FIELD WITH A FOCUS ON PHARMACOLOGICAL PREPARATIONS

SEZIMA, T.¹; KUČEROVÁ, R.²

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, Ostrava

²Technical University of Ostrava, Faculty of Mining and Geology, Ostrava

Keywords: environment – waste water – waste water treatment – physical action – electrostatic field – reducing the content of harmful substances – biotechnology – pharmaceuticals

The contribution presents the possibilities of rebuilding experimental, laboratory equipment for the physical processing of waste into equipment for the effect of an electrostatic field on wastewater. He is thinking about the possibilities and perspectives of its further use. This equipment can be used alone or in combination with other technological procedures, e.g. with biotechnologies. The first series of experimental trials was aimed at eliminating selected drugs.



Analýza odpadních vod jako prostředek pro zjištění zneužívání drog ve vzdělávacích zařízeních

VĚRA OČENÁŠKOVÁ, DANICA POSPÍCHALOVÁ, EVA BOHADLOVÁ, DIANA MAREŠOVÁ

Klíčová slova: epidemiologie odpadních vod – nezákonné látky – THC – metamfetamin – amfetamin – MDMA – kokain – benzoylgonin – nikotin – kotinin – *trans*-3-hydroxy-kotinin – efedrin – školská zařízení

ABSTRAKT

Epidemiologický přístup k odpadním vodám (WBE, wastewater based epidemiology) je dlouhodobě využíván pro monitoring spotřeby drog především v městských aglomeracích. V tomto pilotním projektu byl aplikován na zjištění užívání drog ve vybraných školských zařízeních. Testy proběhly jak v základních školách (věk žáků 6–15 let), tak ve školách středních (věk studentů 12–19 let). Pozornost byla zaměřena na nelegální drogy (marihuana, metamfetamin, amfetamin, kokain a extázi), z legálních drog na nikotin a jeho metabolity. Dále byl sledován efedrin. Odebírány byly bodové vzorky v době před začátkem vyučování od 7:30 do 8:05 a v době tzv. velké přestávky, tj. od 9:30 do 10:00, ev. 10:30–11:00. Odběry byly realizovány ve dvou termínech, na začátku června a koncem září nebo začátkem října 2022. Pozitivní nálezy byly zjištěny u tetrahydrokannabinolu (THC), efedrinu, metamfetaminu a metabolitů nikotinu, především *trans*-3-hydroxy-kotininu. Počet monitorovaných škol byl v souladu s možnostmi pilotního projektu velmi malý. Pro objektivní zjištění situace ve vzdělávacích zařízeních by bylo vhodné monitorovat reprezentativnější skupinu, ve které by byla zařazena např. i učiliště. Za zvážení také stojí jiný způsob odběru vzorků odpadní vody, např. několikahodinových slévavých vzorků. Tento způsob odběru však může být v mnoha vzdělávacích zařízeních neproveditelný.

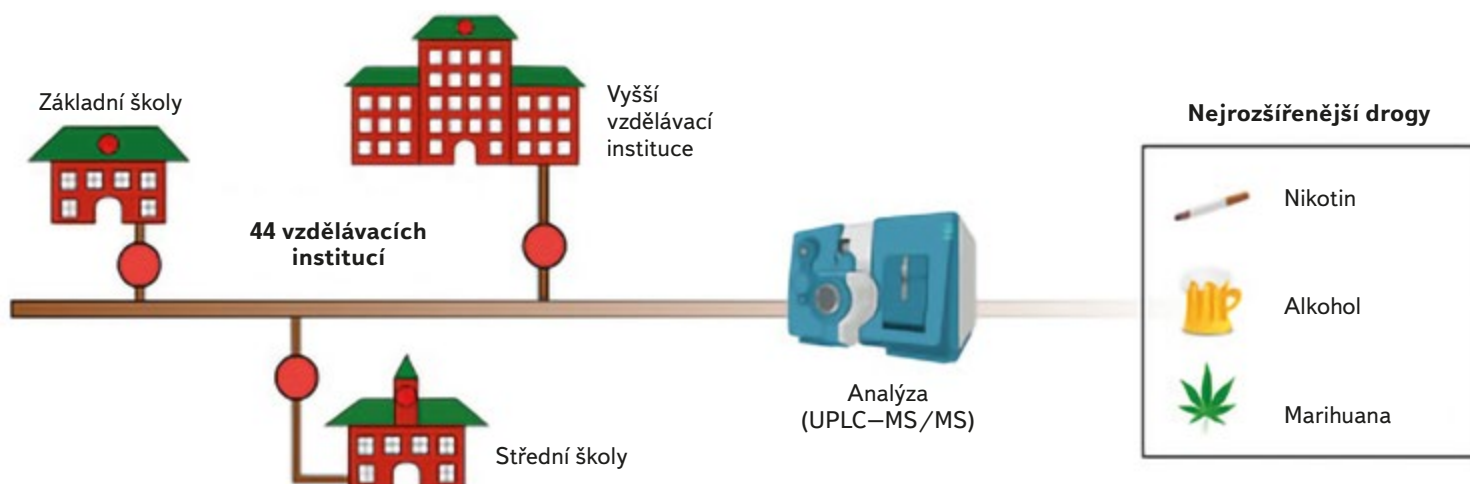
ÚVOD

Multidisciplinární vědní obor epidemiologický přístup k odpadním vodám (WBE – Wastewater Based Epidemiology) se uplatňuje již více než 20 let. Je stabilní součástí zjišťování spotřeby zákonných i nezákonných drog, na které byl od počátku zaměřen [1–3], v populaci. Výsledky mezinárodního monitoringu užívání drog ve sledovaných městských aglomeracích jsou pravidelně publikovány na webových stránkách Evropského monitorovacího centra pro drogy a drogové závislosti (EMCDDA) [4, 5].

Dnes mohou komunální odpadní vody poskytovat komplexní informaci o zdravotním stavu populace, expozici populace environmentálním kontaminantům, o způsobu stravování, výskytu chorob či spotřebě léčiv [6].

Ke zvýraznění významu epidemiologického přístupu k odpadním vodám značně přispěla pandemie nemoci covid-19, neboť virové částice SARS-Cov-2 byly vylučovány infikovanou populací do odpadních vod. Nálezy těchto částic v odpadních vodách a měření jejich koncentrace může sloužit jako nástroj včasného varování před nástupem nemoci, neboť tyto částice jsou vylučovány ještě před typickými příznaky onemocnění [7, 8].

Ve dnešním světě běžného monitoringu spotřeby vybraných legálních i nelegálních drog v městských aglomeracích lze podobným způsobem sledovat jejich



Obr. 1. Grafické znázornění monitoringu ve vzdělávacích zařízeních (Zdroj: [15])

Fig. 1. Graphical representation of monitoring in educational facilities (Source: [15])

užívání i v jednotlivých objektech. Zde je především velmi důležitý etický přístup, neboť by velmi snadno mohlo docházet ke stigmatizaci testovaných zařízení [9, 10]. Užívání drog bylo prostřednictvím analýzy odpadních vod sledováno např. ve vězeňských objektech [11, 12], vzdělávacích zařízeních [13–17] nebo také při jednotlivých akcích (hudební festivaly) [18].

V hydrochemických laboratořích VÚV TGM byly v předchozích letech prováděny odběry a analýzy jak ve vězeňských objektech, tak ve školských zařízeních, a odborný tým má tedy zkušenost i v této oblasti. Výsledky vesměs nebyly publikovány [19], a to již z výše zmíněných etických důvodů, nebo proto, že jde o výstupy komerčních zakázek, k nimž VÚV TGM nemá dispoziční právo. Grafické znázornění monitoringu je na obr. 1, který byl převzat z [15].

METODIKA

K analýze nezákonných drog v odpadních vodách vybraných školských zařízení byla použita akreditovaná metoda stanovení, plně automatizovaná on-line extrakce na pevnou fázi a analýza vysokotlakou kapalinovou chromatografií ve spojení s tandemovou hmotnostní spektrometrií (on-line SPE a LC-MS/MS), podle povahy sledovaných látek pracující v ESI + nebo ESI – módu (ionizace elektrosprejem). Základem metody je postup, který publikovali Postigo a kol. [20]. Ve vytipovaných vzdělávacích zařízeních bylo ve spolupráci s pracovníky těchto institucí provedeno ohledání místa možného odběru vzorků. V jednom případě nebylo možno odběry z bezpečnostních důvodů provádět (velmi obtížně dostupné odběrné místo), proto bylo osloveno jiné zařízení. Ve všech vybraných školách byly odběry provedeny dvakrát v témže roce.

Odběry a analýza odpadních vod

Pro pilotní projekt byly vybrány čtyři školy z Prahy a jejího blízkého okolí – dvě základní školy a dvě gymnázia. Odběry byly realizovány na výtoku splaškových vod ze sledovaného objektu (kanalizační přípojce), v jednom případě byla zvolena dvě odběrová místa z důvodů uspořádání dané školy. Na obr. 2 je ilustrativní záběr odběrového místa. Odběry probíhaly v červnu a v září nebo říjnu roku 2022. Šlo o bodové odběry, které byly prováděny ráno po otevření školy před začátkem vyučování mezi 7:30 a 8:05 a o tzv. velké přestávce, tj. v 9:30–10:00, ev. 10:30–11:00. Vzorky byly bezprostředně po odběru převezeny do laboratoře a uloženy do chladničky při teplotě 4–8 °C; pokud nebylo možno je zpracovat do 48 hodin po odběru, byly až do vlastní analýzy uchovávány zmrazené na teplotu -20 °C.



Obr. 2. Ilustrativní záběr odběrového místa na kanalizační přípojce

(Zdroj: archiv VÚV TGM)

Fig. 2. Example of a sampling point on a sewage connection

(Source: TGM WRI archives)

Podrobný postup stanovení je popsán v [21]. Po případném rozmrazení a kondicionaci na laboratorní teplotu byly ze vzorků filtrační membránové filtry odstraněny pevné nečistoty. Ke zfiltrovanému vzorku byl přidán směsný roztok vnitřních standardů včetně standardů izotopově značených. Dále byly vzorky extrahovány, přečištěny, zakonzentrovány na SPE koloně a analyzovány vysokotlakou kapalinovou chromatografií ve spojení s tandemovou hmotnostní spektrometrií (on-line SPE-LC-MS/MS). Systém pracoval podle typu analýzy v ESI + nebo ESI – módu.

Ve vzorcích byla sledována marihuana prostřednictvím standardně analyzovaného metabolitu THC, 11-nor-9-karboxy-delta-9-THC (THC-COOH), tj. humánního metabolitu a hlavního exkrečního produktu THC, který je účinnou látkou marihuany, jejíž nálezy byly nejspíše předpokládány, dále extáze (MDMA, 3,4-methylen-dioxy-metamfetamin), metamfetamin (pervitin) a jeho metabolit amfetamin, kokain a jeho humánní metabolit a hlavní produkt vylučovaný močí benzoyllecgonin, efedrin a nikotin a jeho metabolity kotinin a *trans*-3-hydroxy-kotinin. V českém prostředí je amfetamin uvažován z pohledu analýzy odpadních vod především jako metabolit metamfetaminu, nikoli jako samostatně užívaná droga. Metodou on-line SPE-LC-MS/MS v ESI – módu byla analyzována THC-COOH, ostatní látky byly analyzovány metodou on-line SPE-LC-MS/MS v ESI + módu. Naměřené výsledky (chromatogramy) byly následně vyhodnoceny odpovídajícím přístrojovým softwarem a ručně zkontrolovány analytikem.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Vzhledem k omezeným možnostem tohoto pilotního projektu byly vzorky odbírány pouze ve čtyřech objektech. V tab. 1 jsou shrnuty všechny naměřené výsledky. Z etických důvodů jsou výsledky uváděny anonymně. Objekty A a C jsou školy střední (věk studentů 12–19 let), objekty B a D školy základní (věk žáků 6–15 let). Počet žáků/studentů ve školách se pohybuje v rozmezí 500–1 000. Výsledky jsou uváděny v koncentracích (ng/l), a nelze je tedy mezi sebou srovnávat. Průtoky odpadní vody v době odběrů nebyly měřeny. Výsledky proto není možno vyjadřovat jako např. ng/den/1 000 obyvatel. Přesto však z nich je možno usuzovat, zda jsou drogy ve sledovaném školském zařízení problémem.

Jako nejběžněji zneužívanou drogu jsme předpokládali marihuanu. Byla analyzována ve všech monitorovaných objektech, ne však ve všech odběrech. V objektu C byly nalezeny nejvyšší koncentrace této drogy, avšak jen v odběru ze dne 3. října 2022. Je možné, že termín prvního odběru, tj. 1. červen 2022, nebyl zvolen vhodně, neboť v tento den (Den dětí) mají některé školy speciální program. V dalších školách byly nalezeny řádově nižší koncentrace, a to vždy pouze v jednom odběru v jednom odběrném místě. Extáze (MDMA) se nevyskytovala v žádném vzorku, stejně jako kokain a jeho hlavní humánní metabolit vylučovaný močí benzoyllecgonin. Metamfetamin (pervitin) byl nalezen celkem ve čtyřech vzorcích z objektů C a D, a to v jednotkách až desítkách ng/l. Amfetamin se také nevyskytoval v žádném z analyzovaných vzorků, což zcela odpovídá tomu, že amfetamin je v České republice (z pohledu analýzy odpadních vod) uvažován jako metabolit metamfetaminu a při nalezených koncentracích metamfetaminu je jeho organismem vyloučené množství pod mezí stanovitelnosti použité metody.

Metabolity legální drogy nikotinu kotinin a především *trans*-3-hydroxy-kotinin byly nalezeny téměř ve všech sledovaných vzorcích. V tomto případě však lze předpokládat, že na jejich vyloučeném množství mají nemalý podíl zaměstnanci školy.

Celkem v pěti vzorcích odpadní vody byl stanoven efedrin. Efedrin je prekurzorem pro výrobu pervitinu, ale je také součástí přípravků proti chřipce a kašli, neboť uvolňuje dýchací cesty a ulevuje příznakům chřipky. V kombinaci s kofeinem je výborným spalovačem tuků. Používá se rovněž jako lék na hubnutí a je součástí přípravků určených k budování svalstva a zlepšení fyzických schopností sportovců [22]. Patří mezi zakázané dopingové látky. V objektu školského zařízení,

Tab. 1. Kompletní výsledky monitoringu vybraných drog ve vzdělávacích zařízeních
 Tab. 1. Complete results of selected drugs monitoring in educational facilities

Objekt	Odběr			Sledovaná sloučenina									
	datum	místo	čas	THC-COOH	extáze (MDMA)	metamfetamin	amfetamin	kokain	benzoyllecgonin	nicotin	cotinin	trans-3-hydroxycotinin	efedrin
A	6/13/2022	kanalizační přípojka	7:45–8:05	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	< 50	1 830	< 2,4
	6/13/2022		10:30–11:00	21,9	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	2 660	7 090	< 2,4
	10/10/2022		7:45–8:05	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	< 50	1 700	< 2,4
	10/10/2022		10:30–11:00	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	4 780	21 700	508
B	6/6/2022	kanalizační přípojka	7:45–8:05	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	794	2 130	< 2,4
	6/6/2022		9:40–10:05	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	2 430	6 360	< 2,4
	9/26/2022		7:40–8:05	46,4	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	< 50	1 210	< 2,4
	9/26/2022		9:40–10:05	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	< 50	< 40	< 2,4
C	6/1/2022	kanalizační přípojka	7:40–8:05	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	859	2 770	< 2,4
	6/1/2022		9:40–10:00	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	3 140	11 900	< 2,4
	10/3/2022		7:40–8:05	8 480	< 3,0	13,5	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	< 50	1 690	25,6
	10/3/2022		9:40–10:05	305	< 3,0	6,1	< 1,1	< 2,5	< 3,5	5 920	5 110	17 800	7 360
D	5/26/2022	přečerpávačka	10:10–10:15	16,2	< 3,0	11,3	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	2 540	8 240	30,8
	5/26/2022	kanalizační přípojka	7:40–8:00	6,2	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	556	5 090	< 2,4
	5/26/2022		9:40–10:05	< 1,3	< 3,0	3,8	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	< 50	< 40	< 2,4
	10/24/2022		7:40–8:05	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	< 50	< 40	< 2,4
	10/24/2022		9:40–10:05	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	< 50	< 40	< 2,4
	10/24/2022	přečerpávačka	9:30–9:35	< 1,3	< 3,0	< 0,9	< 1,1	< 2,5	< 3,5	< 300	1 990	6 780	10,3

v němž byly naměřeny nejvyšší koncentrace této látky, je i fitness centrum otevřené od ranních hodin široké veřejnosti, vysoké koncentrace efedrinu v odpadní vodě proto mohou mít na svědomí především návštěvníci tohoto centra.

Vzhledem k malému počtu vzorků nelze provádět žádná statistická vyhodnocení, ale to nebylo cílem tohoto svým rozsahem velmi malého pilotního projektu.

Při srovnání nálezů získaných v projektu s nálezy v dalších monitorovaných školách v rámci komerčních zakázek realizovaných v předchozích letech lze konstatovat, že s velkou pravděpodobností ve vzdělávacích objektech testovaných v projektu nepředstavuje konzumace drog významný problém. Pouze v objektu označeném v projektu písmenem C by pravděpodobně bylo vhodné se problematice drog více věnovat. Měření by však bylo potřebné opakovat.

Výsledky je obtížné porovnávat i s citovanou literaturou. Zuccato a kol. [13] uvádějí výsledky v mg/den/1 000 obyvatel, další autoři [14, 17] monitorují vysoké školy, Verovšek a kol. [15] se věnují pouze identifikaci drog v odpadních vodách testovaných škol. Jediné porovnání tak nabízí další publikace výše citovaných autorů [16], ve které jsou výsledky z výzkumu zneužívání drog ve 44 školských

zařízeních ve Slovinsku. Např. v základních školách v městských lokalitách se koncentrace THC-COOH pohybuje v intervalu mezi 4,44–1 460 ng/l, v řadě škol byl také stanoven hlavní metabolit kokainu benzoyllecgonin (28,8–1 640 ng/l). Extáze nebyla nalezena v žádné ze základních škol, stejně jako metamfetamin. V případě benzoyllecgoninu a metamfetaminu je rozdíl mezi českými a slovinskými školami. V českých školách se benzoyllecgonin nevyskytoval v žádném případě, v jednom případě byl však objeven metamfetamin.

Pokud by na tento pilotní projekt navázal další, rozsáhlejší projekt, do kterého by bylo možné zapojit i jiné typy edukačních zařízení, např. učňovské a odborné školy i vyšší odborné školy, bylo by vhodné ověřit i jiný způsob vzorkování, např. odběry několikahodinových slévaných vzorků, a zároveň zjišťovat průtoky odpadní vody v době odběrů. Potom by šlo výsledky mezi sebou lépe porovnávat. Také četnost vzorkování v jednotlivých objektech by bylo účelné zvýšit, případně monitorovat jedno odběrové místo např. celý týden.

Mezi sledované látky by bylo zajímavé doplnit mitragynin (aktivní alkaloid kratomu), jemuž je vzhledem ke snadné dostupnosti a rozšířenému užívání mezi mládeží aktuálně věnována velká pozornost adiktologů.

ZÁVĚR

Pilotní projekt splnil svůj účel. Ověřili jsme si celý postup potřebný pro odběry a analýzu odpadních vod ze vzdělávacích zařízení od vytipování objektů, komunikace s jejich vedením, prohlídkou na místě a výběru vhodného odběrového místa na kanalizační přípojce včetně případné konzultace s pracovníky provozujícími stokovou síť. Zejména ve starších objektech není vždy jednoduché odběrové místo najít. Ve všech testovaných školách byly, většinou pouze ojedinelé, drogy nalezeny v měřitelném množství. Dle předpokladu šlo zejména o marihuanu. Metamfetamin byl nalezen ve dvou školách v koncentracích, které byly podobné jako ve většině škol testovaných hydrochemickou laboratoří VÚV TGM v rámci komerčních zakázek.

Legální droga nikotin a/nebo jeho metabolity kotinin a *trans*-3-hydroxy-kotinin byly stanoveny téměř ve všech vzorcích. Porovnání s předchozími analýzami není možné, protože do analytické metody stanovení byl zařazen až později. Stejně tak nemáme možnost porovnat nálezy efedrinu. Efedrin je součástí i volně přístupných léků proti nachlazení, je však rovněž součástí přípravků sloužících k budování svalstva a zvyšování kondice sportovců. Jelikož v objektu jedné z testovaných škol je veřejně přístupné fitness centrum otevřené od ranních hodin a není možné zajistit odběry na kanalizační přípojce tak, aby splašková voda z fitness centra nebyla součástí odebraného vzorku, lze přepokládat, že návštěvníci centra významně přispěli k nálezům vysokých koncentrací efedrinu ve vzorku.

Při výběru školských zařízení pro případný další projekt je tedy třeba věnovat pozornost i tomu, jestli v době vyučování nejsou v objektu zároveň provozovány mimoškolní aktivity určené pro širokou dospělou veřejnost (např. celoživotní vzdělávání, jazykové kurzy, pohybové kurzy atd.), protože jejich přítomnost by mohla významně ovlivnit nálezy testovaných látek v odpadních vodách.

Poděkování

Pilotní projekt byl financován z institucionálních prostředků MŽP v rámci inter-ního grantu VÚV TGM č. 3600.52.22. Děkuje zúčastněným vzdělávacím institucím a jejich vedení za souhlas s prováděním testování a za spolupráci. Z etických důvodů nejsou tyto instituce uváděny jmenovitě. Odběry by nebylo možné realizovat bez zapojení Ing. Josefa Kratiny, Ph.D., Ing. Ondřeje Taufera a p. Vojtěcha Mrázka, kteří provedli odběry.

Literatura

- [1] DAUGHTON, C. G., TERNES, T. A. Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment: Agents of Subtle Change? *Environmental Health Perspectives*. 1999, 107(suppl. 6), s. 907–938. ISSN 0091-6765. Dostupné z: doi: 10.1289/ehp.99107s6907
- [2] DAUGHTON, Ch. G. Illicit Drugs in Municipal Sewage. *Pharmaceuticals and Care Products in the Environment*. Washington, DC: American Chemical Society, 2001, s. 348–364. ACS Symposium Series. ISBN 9780841237391. Dostupné z: doi: 10.1021/bk-2001-0791.ch020
- [3] ZUCCATO, E., CHIABRANDO, Ch., CASTIGLIONI, S., CALAMARI, D., BAGNATI, R., SCHIAREA, S., FANELLI, R. Cocaine in Surface Waters: A New Evidence-Based Tool to Monitor Community Drug Abuse. *Environmental Health*. 2005, 4(1). ISSN 1476-069X. Dostupné z: doi: 10.1186/1476-069X-4-14
- [4] *Assessing Illicit Drugs in Wastewater. Potential and Limitation of a New Monitoring Approach, EMCDDA Insights No 9, Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities*. ISBN 978-92-9168-317-8.
- [5] *Wastewater Analysis and Drugs – A European Multi-City Study*. www.emcdda.europa.eu [on-line] [vid. 10. květen 2023]. Dostupné z: https://www.emcdda.europa.eu/publications/html/pods/waste-water-analysis_en
- [6] KASPRZYK-HORDERN, B., BIJLSMA, L., CASTIGLIONI, S. a kol. Wastewater-Based Epidemiology for Public Health Monitoring. *Water and Sewerage Journal*, 2014, 4, s. 25–26.
- [7] MEDEMA, G., HEIJNEN, L., ELSINGA, G., ITALIAANDER, R., BROUWER, A. Presence of SARS-Coronavirus-2 RNA in Sewage and Correlation with Reported COVID-19 Prevalence in the Early Stage of the Epidemic in The Netherlands. *Environmental Science and Technology Letters*. 2020, 7(7), s. 511–516. ISSN 2328-8930. Dostupné z: doi: 10.1021/acs.estlett.0c00357

- [8] LUNDY, L., FATTA-KASSINOS, D., SLOBODNIK, J. a kol. Making Waves: Collaboration in the Time of SARS-CoV-2 – Rapid Development of an International Co-Operation and Wastewater Surveillance Database to Support Public Health Decision-Making. *Water Research*. 2021, 199. ISSN 00431354. Dostupné z: doi: 10.1016/j.watres.2021.117167
- [9] PRICHARD, J., HALL, W., DE VOOGT, P., ZUCCATO, E. Sewage Epidemiology and Illicit Drug Research: The Development of Ethical Research Guidelines. *Science of The Total Environment*. 2014, 472, s. 550–555. ISSN 00489697. Dostupné z: doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.11.039
- [10] HALL, W., PRICHARD, J., KIRKBRIDE, P. a kol. An Analysis of Ethical Issues in Using Wastewater Analysis to Monitor Illicit Drug Use. *Addiction*. 2012, 107(10), s. 1767–1773 [vid. 10. září 2023]. ISSN 09652140. Dostupné z: doi: 10.1111/j.1360-0443.2012.03887.x
- [11] VAN DYKEN, E., THAI, Ph., LAI, F. Y. a kol. *Monitoring Substance Use in Prisons: Assessing the Potential Value of Wastewater Analysis*. 2014. 54(5), s. 338–345 [vid. 10. září 2023]. ISSN 13550306. Dostupné z: doi: 10.1016/j.scijus.2014.06.006
- [12] VAN DYKEN, E., LAI, F. Y., THAI, Ph. K. a kol. Challenges and Opportunities in Using Wastewater Analysis to Measure Drug Use in a Small Prison Facility. *Drug and Alcohol Review*. 2016, 35(2), s. 138–147 [vid. 10. září 2023]. ISSN 09595236. Dostupné z: doi: 10.1111/dar.12156
- [13] ZUCCATO, E., GRACIA-LOR, E., ROUSIS, N. I., PARABIAGHI, A., SENTA, I., RIVA, F., CASTIGLIONI, S. Illicit Drug Consumption in School Populations Measured by Wastewater Analysis. *Drug and Alcohol Dependence*. 2017, 178, s. 285–290 [vid. 10. září 2023]. ISSN 03768716. Dostupné z: doi: 10.1016/j.drugalcdep.2017.05.030
- [14] NÄSUI, B. A., UNGUR, R. A., TALABA, P. a kol. Is Alcohol Consumption Related to Lifestyle Factors in Romanian University Students? *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021, 18(4) [vid. 10. září 2023]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi: 10.3390/ijerph18041835
- [15] VEROVŠEK, T., KRIZMAN-MATASIC, I., HEATH, D., HEATH, E. Investigation of Drugs of Abuse in Educational Institutions Using Wastewater Analysis. *Science of the Total Environment*. 2021, 799, 150013. ISSN 00489697. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969721050889>
- [16] VEROVŠEK, T., KRIZMAN-MATASIC, I., HEATH, D., HEATH, E. Data in Brief: Dataset of Residues of Drugs of Abuse in Wastewaters from Educational Institutions. *Data in Brief*. 2021, 39, 107614 [vid. 10. září 2023]. ISSN 23523409. Dostupné z: doi: 10.1016/j.dib.2021.107614
- [17] PANAWENNAGE, D., CASTIGLIONI, S., ZUCCATO, E., DAVOLI, E., CHIARELLI, P. Measurement of Illicit Drug Consumption in Small Populations: Prognosis for Noninvasive Drug Testing of Student Populations. In: CASTIGLIONI, S., ZUCCATO, E., FANELLI, R. (eds.). *Illicit Drugs in the Environment: Occurrence, Analysis, and Fate Using Mass Spectrometry*. Hoboken, New Jersey: John Wiley, 2011, s. 321–331. ISBN 978-0-470-52954-6.
- [18] ANDRÉS-COSTA, M. J., ESCRIVÁ, Ú., ANDREU, V., PICÓ, Y. Estimation of Alcohol Consumption During “Fallas” Festivity in the Wastewater of Valencia City (Spain) Using Ethyl Sulfate as a Biomarker. *Science of the Total Environment*. 2016, 541, s. 616–622. ISSN 00489697. Dostupné z: doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.126
- [19] OČENÁŠKOVÁ, V. *GR OK – Analýza odpadních vod ve dvou organizačních jednotkách: Analýza odpadních vod – 24hodinové slévané vzorky*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2018.
- [20] POSTIGO, C., LOPEZ DE ALDA, M. J., BARCELÓ, D. Fully Automated Determination in the Low Nanogram per Liter Level of Different Classes of Drugs of Abuse in Sewage Water by On-Line Solid-Phase Extraction-Liquid Chromatography–Electrospray-Tandem Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*. 2008, 80(9), s. 3 123–3 134. ISSN 0003-2700. Dostupné z: doi: 10.1021/ac702060j
- [21] POSPÍCHALOVÁ, D., MAREŠOVÁ, D., OČENÁŠKOVÁ, V., ŠAFRÁNKOVÁ, T., BOHADLOVÁ, E. Stanovení vybraných drog a jejich metabolitů v odpadních vodách metodou kapalinové chromatografie. *Vodohospodářské a technicko-ekonomické informace*. 2020, 62(2), s. 42–47. ISSN 1805-6555. Dostupné také z: <https://www.vtei.cz/2020/05/stanoveni-vybranych-drog-a-jejich-metabolitu-v-odpadnich-vodach-metodou-kapalinove-chromatografie/>
- [22] BIGELOW, B. C., EDGAR, K. J. The UXL Encyclopedia of Drugs & Addictive Substances. In: *Wikipedia: the Free Encyclopedia*. 2001 [on-line]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [vid. 11. září 2023].

Autoři

Ing. Věra Očenášková

✉ věra.očenášková@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-8692-2417

Ing. Danica Pospíchalová

✉ danica.pospichalova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-5803-3302

Ing. Eva Bohadlová

✉ eva.bohadlova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-0518-4705

RNDr. Diana Marešová, Ph.D.

✉ diana.maresova@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-9047-6747

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.09.004

WASTEWATER ANALYSIS AS A TOOL FOR INVESTIGATION OF DRUG ABUSE IN EDUCATION INSTITUTES

OČENÁŠKOVÁ, V.; POSPÍCHALOVÁ, D.; BOHADLOVÁ, E.; MAREŠOVÁ, D.

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

Keywords: Wastewater based epidemiology – illicit drugs – THC – methamphetamine – amphetamine – MDMA – cocaine – benzoylecgonine – nicotine – cotinine – *trans*-3-hydroxy-cotinine – ephedrine – school institutions

The wastewater based epidemiology (WBE) approach to wastewater has long been used for monitoring drug consumption, especially in urban agglomerations. In this pilot project, it was applied to detect drug use in selected school establishments. The tests took place in both primary (age of students 6–15 yr.) and secondary schools (age of students 12–19 yr.). The focus was on illicit drugs (marijuana, methamphetamine, amphetamine, cocaine and ecstasy), from legal drugs to nicotine and its metabolites. Ephedrine was also monitored. Grab samples were taken before the start of classes between 7:30 and 8:05 and during the so-called big break, i.e. between 9:30 and 10:00, or 10:30–11:00. Sampling was carried out in two terms, at the beginning of June and at the end of September or at the beginning of October 2022. Positive findings were found for THC, ephedrine, methamphetamine and nicotine metabolites, primarily *trans*-3-hydroxy-cotinine. The number of monitored schools was very small, depending on the possibilities of the pilot project. In order objectively determine the situation in educational facilities, it would be appropriate to monitor a more representative group, which would include, for example, vocational schools. It is also worth considering another method of sampling wastewater, e.g. several hours' composite samples. However, this method of sampling may not be feasible in many educational institutions.



Způsoby sběru a nakládání s biologickým odpadem ve vybraných státech Evropské unie a aktuální výsledky z měření ztráty vlhkosti

DAGMAR VOLOŠINOVÁ, ROBERT KOŘÍNEK

Klíčová slova: biologický odpad – potravinový odpad – plýtvání potravinami – sběr – nakládání – vykazování ztráty vlhkosti – oběhové hospodářství

ABSTRAKT

Neustále se zvyšující množství odpadů, včetně bioodpadů, vyvolává vážné problémy v moderní společnosti, např. plnění skládek komunálních odpadů, jež následně produkují skleníkové plyny. Aby se společnost s tímto problémem vypořádala, zavádí legislativa některých členských států Evropské unie (EU) včetně České republiky (ČR) nové povinnosti na podporu předcházení vzniku odpadů, jejich důkladnějšího recyklování a využívání. V roce 2020 vydala Evropská komise akční plán pro oběhové hospodářství, který představuje směrnice pro mnoho zemí týkající se obnovitelných zdrojů a odpadů. V některých případech však současná opatření nestačí. V ČR byl přijat nový zákon o odpadech, jenž konkretizuje povinnost třídění bioodpadů u podnikajících právnických a fyzických osob, které umožňují ve svých provozovnách odkládání komunálního odpadu fyzickým osobám.

Předložený příspěvek přináší aktuální průběžné výsledky řešení výzkumného projektu SS02030008 „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)“. Zabývá se stručným popisem situace sběru biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) v některých zemích EU a ze zjištěných skutečností vyvozuje obecné závěry. Dále se věnuje aktuálním výsledkům měření ztráty vlhkosti biologických odpadů pro splnění povinnosti ČR hlásit množství tohoto odpadu v „čerstvém“ stavu.

ÚVOD

Způsoby sběru a nakládání s biologicky rozložitelnými komunálními odpady (BRKO) mají nejen v EU velký význam z hlediska ochrany životního prostředí a udržitelného hospodaření s odpady. Biologicky rozložitelné odpady (BRO) zahrnují organický odpad, jako jsou potravinové zbytky, zahrádkářský odpad, listí, kávová sedlina a další organické materiály, jež mohou být přirozeně rozloženy mikroorganismy. Předcházení vzniku, efektivní separace a sběr těchto odpadů mají klíčový význam pro snížení množství odpadu, který končí na skládkách, a zároveň představují důležitý krok směrem k udržitelnému odpadovému hospodářství.

Legislativa, která problematiku biologických odpadů v EU a ČR řídí, zahrnuje několik norem, jež představují rámec pro členské státy a stanovují cíle a limity pro sběr a nakládání s odpady.

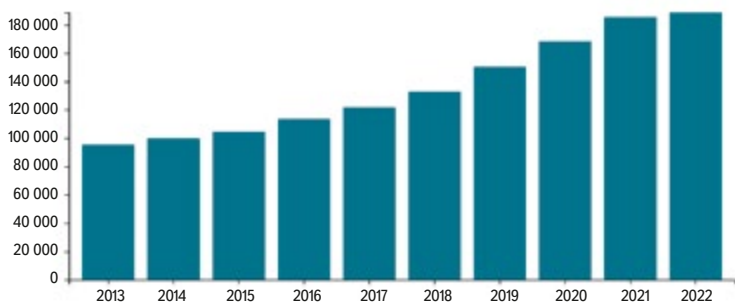
Mezi klíčové patří:

- Směrnice o skládkách odpadů – v článku 5 stanovuje množství BRKO, které mohou členské státy ukládat na skládky v jednotlivých letech (v %). V současnosti platí, že maximální množství BRKO ukládaných na skládky mělo dle směrnice v roce 2020 činit nanejvýš 35 % hmotnosti z celkového množství BRKO vyprodukovaných v roce 1995. Tento cíl má ČR rovněž stanoven v aktuálním Plánu odpadového hospodářství ČR.
- Směrnice o skládkách odpadů – v článku 3a obecně stanovuje povinnost, aby od roku 2030 nebyl přijímán na skládku žádný odpad vhodný k recyklaci nebo jinému využití, zejména komunální odpad, s výjimkou odpadu, u něhož skládkování vede k nejlepšímu výsledku z hlediska životního prostředí v souladu s článkem 4 směrnice 2008/98/ES.
- Směrnice o odpadech – v článku 22 stanovuje povinnost zavést nejpozději do 31. prosince 2023 opatření vedoucí k tomu, aby byl biologický odpad buď tříděn a recyklován u zdroje, nebo aby podléhal tříděnému sběru a nebyl směřován s ostatními druhy odpadů.
- Na národní úrovni je již nyní stanoven zákaz ukládání BRO a výstupů z jeho úpravy nebo zpracování, a to v § 41 odst. 3 písm. b), s výjimkou odpadu s menšinovým podílem biologicky rozložitelné složky, nebo výstupů z úpravy či zpracování BRO, které není možné zpracovat jiným způsobem.
- V bodě D přílohy č. 4 k vyhlášce č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, jsou stanoveny požadavky na BRO s menšinovým podílem biologicky rozložitelné složky a výstupy z jejich úpravy, které je možné ukládat na skládku.

Jednou ze zásadních povinností, jež ovlivní třídění bioodpadů v obcích, je povinnost obcí v následujících letech předávat stále vyšší procento využitelných složek komunálních odpadů k recyklaci (od roku 2025 60 %, od roku 2030 65 % a od roku 2035 70 %). Splnění této povinnosti bude podmíněno také zajištěním vytřídění dostatečného množství bioodpadů.

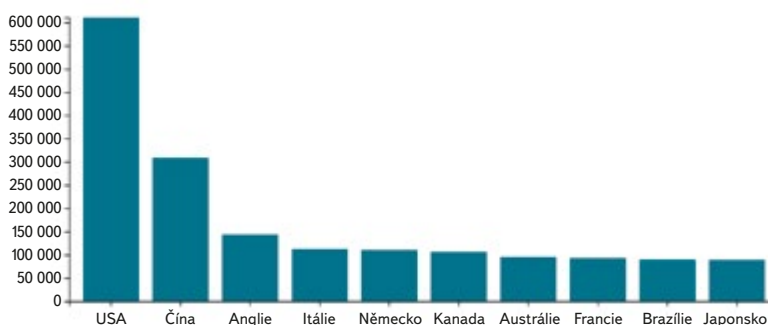
Mezi jednotlivými státy EU v oblasti sběru a nakládání s BRO však existuje značný rozdíl.

Při analýze publikací o způsobech třídění a sběru BRO v obcích bylo nalezeno celkem 199 558 odkazů v databázi Web of Science. Jak je vidět na obr. 1, publikační aktivita se zvyšuje pozvolným tempem v závislosti na blížících se termínech omezení nastaveného přijatou legislativou EU.



Obr. 1. Graf publikační aktivity v databázi Web of Science (Zdroj: databáze Web of Science)
Fig. 1. Graph of publication activity in the Web of Science database (Source: database Web of Science)

Na obr. 2 je vidět rozdělení států s největší publikační aktivitou. Z evropských států jsou to sestupně Anglie, Itálie, Německo a Francie.



Obr. 2. Graf publikační aktivity nejvýznamnějších států v databázi Web of Science (Zdroj: databáze Web of Science)
Fig. 2. Graph of the publication activity of the most important countries in the Web of Science database (Source: database Web of Science)

Z rešerše odborné literatury vyplývá, že mezi země, které se již více než 15 let spoléhají na oddělené systémy sběru a zpracování biologických odpadů, patří např. Rakousko, Švýcarsko, Německo, Nizozemsko, Flandry v Belgii, Švédsko a Norsko. Tyto státy mají dobře vyvinuté infrastruktury a legislativní rámce, jež podporují třídění a kompostování bioodpadů [1].

Přehled způsobů sběru a nakládání s bioodpady ve vybraných státech Evropy

Konkrétní, z našeho hlediska klíčové aspekty úspěšného předcházení vzniku, třídění a zpracování BRO včetně potravinového odpadu, a tím plnění zásad cirkulární ekonomiky se liší v jednotlivých zemích EU (tab. 1).

Následující přehled popisuje některé způsoby sběru a motivace obyvatel k plnění svých povinností ve vybraných evropských státech:

RAKOUSKO

Rakousko má rozvinutý systém sběru bioodpadů s přibližně 70% pokrytím obyvatelstva. Rakušané vyhodí pětinu všech potravin, které si koupí, z čehož ztratí 14,5 %, která činí v přepočtu jednu miliardu eur ročně, se dá částečně nebo zcela vyhnout [2]. Rakouští spotřebitelé jsou zodpovědní za téměř polovinu celkového odpadu, zatímco zemědělská výroba přibližně za 30 % celkového potravinového odpadu. Zemědělci, výrobci, maloobchodníci a provozovatelé stravovacích služeb (např. hotely, restaurace, cateringové společnosti) v Rakousku

buď produkují příliš mnoho potravin, které se nikdy nedostanou ke spotřebitelům, nebo ztráty potravin vznikají v důsledku neefektivního skladování, přepravy či plánování poptávky [3].

Ztráty a plýtvání potravinami nejsou nikdy lokální – výkyvy jsou způsobeny tržními cenami potravin a přispívají ke globálním emisím oxidu uhličitého. Země jako Rakousko s rozvinutou infrastrukturou a dostupnými ekonomickými a sociálními zdroji jsou průkopníky při tvorbě řešení problematiky systematického plýtvání potravinami. V Rakousku je sběr bioodpadů rozvinutý a integrovaný do celkového systému odpadového hospodářství. Občané mají k dispozici speciální sběrné nádoby na bioodpad, které jsou rozmístěny v obcích a na veřejných prostranstvích, pravidelně vyváženy a jejich obsah zpracováván pomocí kompostování. Motivací pro obyvatele je zejména vysoká informovanost a osvěta o důležitosti třídění a recyklace odpadů, což vede k vysoké míře zapojení. Odpady jsou sbírány odděleně od běžného komunálního odpadu a následně zpracovávány metodami, jako je kompostování a anaerobní digesce [4].

ŠVÝCARSKO

Švýcarsko má sice pověst jedné z nejméně zemi na světě, ale s více než 90 miliony tun odpadu (700 kg na osobu) vyprodukovanými ročně patří v celosvětovém měřítku k největším producentům odpadů na světě. Současně však, díky přijaté politice nakládání s odpady, je jednou ze zemí s nejvyšší účinností svého recyklačního programu. Přesněji řečeno, země dosahuje až 50% míry recyklace, kdy se zbývající odpad dále využívá k výrobě energie spalováním. Švýcarsko má dlouholetou tradici třídění odpadu a BRO tvoří důležitou část systému, přičemž kompostování je běžným způsobem zpracování těchto odpadů [5]. Za aspekty vedoucí k takovým výsledkům lze považovat:

1. Prevenci – ovlivňování chování spotřebitelů, kdy jsou spotřebitelé-producenti odpadu informováni nejen o pozitivních aspektech správného způsobu nakupování a včasné spotřeby potravin, ale jsou také obeznámeni s vyšší poplatku, který zaplatí v případě vzniklého odpadu.
2. Intervenci – podporu spotřebitelů v recyklování. Součástí intervenčního plánu je aktivní snaha o (a) zpřístupnění a snadné využívání recyklačních infrastruktur obyvatelstvem a (b) umožnění občanům, při správném třídění, zdarma nakládat s odpady, tj. využívání soukromých/komunitních kompostérů/kompostáren.
3. Edukaci spotřebitelů – přenesení konečné zodpovědnosti na producenta podle principu – „Náklady na likvidaci odpadů nese ten, kdo je produkuje“. Tato zásada je realizována zdaněním množství odpadu vyprodukovaného každým jednotlivcem. K likvidaci a sběru komunálního odpadu lze navíc použít pouze oficiální pytle poskytnuté úřady. Ty jsou dostupné v různých velikostech a ceně za litr obsahu (např. v Bellinzoně 0,033 €/litr).

Úřady jsou zodpovědné za dohled a sankcionování jakéhokoli nezákonného odstraňování odpadu. Totéž platí pro odhazování odpadků nebo ponechání malého množství odpadu na veřejných místech. Tato činnost je úřady zakázána a trestána. Ačkoli má „právní trest“ odstrašující účinek, skutečné změny ve spotřebitelském návyku lze dosáhnout jen správnou výchovou. Zvyšování povědomí je zásadní při řešení sociálního problému, jakým je vyhazování odpadu. Zejména v závislosti na cílovém věku lze implementovat různé strategie, jako je vzdělávání – v rané fázi ve veřejných školách, později prostřednictvím veřejných kampaní [6].

Lze říci, že ačkoli má Švýcarsko pevný základ a zavedlo úspěšnou strategii nakládání s odpady, nepřestává se soustřeďovat na intervenci přímo u zdroje problému, tj. na předcházení vzniku odpadu, jež zůstává klíčovou oblastí, kterou je třeba v budoucnu řešit. Ze zkušeností Švýcarů vyplývá, že informovanější občan automaticky neznamena informovanějšího a angažovanějšího spotřebitele, a proto se tam neustále pořádají vzdělávací kampaně na podporu

Tab. 1. Produkce potravinových odpadů podle odvětví činností, 2020 (tuny čerstvé hmoty; čísla uvedená kurzívou jsou odhady). (Zdroj: <https://1url.cz/ruEEQ>)
 Tab. 1. Food waste production by sector of activities, 2020 (tonnes of fresh mass; numbers in italics are estimates). (Source: <https://1url.cz/ruEEQ>)

Stát	Celková produkce	Prvovýroba	Zpracování a výroba	Maloobchodní prodej a jiné způsoby distribuce potravin	Restaurace a stravovací služby	Domácnosti
Belgie	2 881 897	38 699	1 862 177	73 591	88 333	819 097
Bulharsko	596 844	228 472	156 435	15 708	14 375	181 854
Česká republika	972 445	27 022	100 339	64 394	37 941	742 749
Dánsko	1 286 488	66 452	596 599	99 500	62 544	461 392
Německo	10 922 321	190 203	1 612 505	762 352	1 860 980	6 496 282
Estonsko	166 513	23 612	31 622	19 976	10 739	80 564
Irsko	770 316	70 413	219 453	60 894	178 507	241 048
Řecko	2 048 189	372 204	375 158	150 472	220 032	930 323
Španělsko	4 260 845	845 620	1 419 257	348 219	213 023	1 434 726
Francie	9 000 000	1 059 000	1 926 000	800 000	1 096 000	4 119 000
Chorvatsko	286 379	40 916	9 866	4 180	15 072	216 345
Itálie	8 650 456	1 270 638	510 018	343 535	193 915	6 332 349
Kypr	354 021	43 564	169 706	50 268	27 145	63 338
Lotyšsko	275 304	32 487	36 107	14 765	35 436	156 509
Litva	382 665	81 202	28 057	27 342	4 495	241 570
Lucembursko	92 580	7 384	10 692	8 525	8 739	57 240
Maďarsko	905 068	16 587	187 391	41 952	19 331	639 806
Malta	79 589	759	4 668	3 910	23 016	47 235
Nizozemí	2 811 000	463 045	1 031 407	209 805	83 035	1 023 708
Rakousko	1 211 534	13 879	173 734	84 326	201 956	737 639
Polsko	4 002 099	670 547	544 942	320 396	190 293	2 275 921
Portugalsko	1 890 712	101 384	61 719	214 233	237 486	1 275 891
Rumunsko			data nedostupná			
Slovinsko	143 570	93	10 757	15 290	42 666	74 764
Slovensko	455 587	71 889	4113	15 825	7110	356 650
Finsko	641 258	48 011	162 278	57 555	77 914	295 500
Švédsko	905 000	22 000	53 000	97 000	98 000	635 000
Norsko	769 967	162 158	29 088	61 281	97 547	419 893
Celkem	58 512 559	6 067 377	11 806 452	4 079 709	5 275 265	31 283 755

udržitelné spotřeby. Pro skutečně účinné snahy doporučují zaměřit se na obě strany trhu, tj. na „spotřebitele“ i „výrobce“. Švýcarská vláda se snaží přijmout opatření na regulační úrovni a penalizovat ty, kteří vyrábějí produkty, jež nejvíce přispívají k tvorbě odpadu (např. produkty s obzvláště krátkou životností či nadměrnými obaly) [7].

NĚMECKO

Každý rok se v Německu zpracuje v kompostovacích a fermentačních nebo bioplynových stanicích kolem 15 milionů tun BRO. V podstatě jde o obsah sběrných nádob na organický odpad, BRO ze zahrad a parků, odpad z tržišť a další BRO z různých zdrojů. V některých regionech Německa se uplatňuje přístup

„Gelber Sack“, což je systém, kdy jsou různé druhy odpadů baleny do speciálních žlutých pytlů a pravidelně vyzvedávány (obr. 3). Významnou motivací pro obyvatele je systém refundace poplatků za vracení obalů, což stimuluje správné třídění odpadů. V roce 2020 bylo v Německu odděleně shromážděno prostřednictvím košů na organický odpad zhruba 5 milionů tun organického odpadu a asi 5,7 milionu tun odpadu ze zahrad a parků, což odpovídá 129 kilogramům na obyvatele a rok. Německo je známo svým vyspělým a pečlivě organizovaným systémem třídění odpadu. BRO se zde také sbírají odděleně do zelených či hnědých nádob a jsou následně využívány pro kompostování nebo anaerobní digestaci [8–10].



Obr. 3. Žluté pytle „Gelber Sack“ používané v Německu

(Zdroj: https://de.wikipedia.org/wiki/Gelber_Sack#)

Fig. 3. Yellow bags „Gelber Sack“ used in Germany

(Source: https://de.wikipedia.org/wiki/Gelber_Sack#)

NIZOZEMSKO

Nizozemsko klade velký důraz na recyklaci odpadu. BRO jsou zde sbírány a zpracovávány s cílem minimalizovat jejich dopad na životní prostředí. V roce 2018 např. recyklovalo 56 % veškerého komunálního odpadu a od té doby toto číslo neustále roste [11]. V Nizozemsku se často používá systém „gescheiden afvalinzameling“, což znamená oddělený sběr odpadů. Občané mají k dispozici samostatné sběrné nádoby na bioodpad, které jsou pravidelně vyváženy. Země investuje do kampaní zaměřených na osvětu a edukaci obyvatelstva, což pomáhá zvýšit povědomí a zapojení do třídění odpadů. Jako klíčové zpracování BRO, resp. potravin, vidí kompostování, které probíhá ve většině obcí. Potravinový odpad je tříděn a ukládán v zelených nádobách (groenbak), jež jsou pravidelně sváženy, případně jsou obyvatelé přímo motivováni ke koupi kompostovací nádoby na potraviny a k využívání kompostu i ve městech na balkonech a terasách.

FLANDRY (BELGIE)

Celkové množství potravinového odpadu vyprodukovaného ve všech sektorech potravinového řetězce ve Flandrech dosahuje téměř 1,3 milionu tun ročně, z toho 71 % je shromážděno odděleně a 29 % je součástí směsného odpadu. Nejvyšší produkce potravinového odpadu pochází z potravinářského průmyslu (122 kg/obyvatele), jelikož ten je ve Flandrech důležitý – 55 % potravin vyrobených ve Flandrech je např. určeno na export. Domácnosti produkují 61 kg/obyvatele, což je pod průměrem EU (70 kg/obyvatele) [12–14]. Flandry jsou regionem v Belgii s velmi vyspělým systémem třídění odpadu, kde je oddělený sběr BRO povinný. Občané mají přístup k nádobám na bioodpad, jež jsou pravidelně vyváženy a kompostovány. Důležitou součástí úspěchu je aktivní zapojení místních komunit a obcí, jež propagují třídění a informují o výhodách recyklace. BRO rozložitelné odpady se tu sbírají odděleně a jsou zpracovávány výhradně za účelem výroby kompostu.

ŠVÉDSKO

Přestože se ve Švédsku ročně vyprodukuje v průměru 467 kg odpadu na osobu a téměř 4,4 milionu tun domácího odpadu, klíčem k úspěchu země je vysoké

povědomí veřejnosti o výhodách recyklace a účinný systém sběru. Proces začíná u domácností a firem, které třídí odpad na nebezpečné a recyklovatelné materiály, separují potravinový odpad, obaly z kovů, plastů, papíru a skla, noviny, elektroniku, pneumatiky a baterie. Aby Švédsko povzbudilo každého k zapojení se do tohoto systému, vybuďovalo místa pro sběr odpadu do 300 metrů od všech obytných oblastí. Zatímco část tohoto odpadu je recyklována, téměř polovina vyprodukovaných odpadů – obvykle tvořená směsí energeticky bohatých materiálů, jako je papír, plasty a biomasa – je dovážena do zařízení na energetické využití odpadu, kde se přemění na elektřinu. Podobně se potravinový odpad ve Švédsku mění na klimaticky šetrný bioplyn používaný k provozu autobusů veřejné dopravy a vytápění bytových domů.

Za klíčové aspekty podpory třídění a recyklace jsou ve Švédsku považovány:

1. **Povědomí domácností o důležitosti a přínosech třídění**
V naprosté většině švédských domácností dochází k třídění odpadu u zdroje. Povědomí a obětavost občanů Švédska je klíčovým faktorem úspěchu, který vedl k tomu, že Švédsko je považováno za jednoho z globálních lídrů v oblasti udržitelného nakládání s odpady. Většina domácností ve Švédsku třídí svůj odpad do následujících frakcí: potravinový odpad, obaly z kovů, plastů, papíru a skla, noviny, elektronika, pneumatiky a baterie. V současné době jsou podnikány důležité kroky ke zvýšení opětovného použití a oprav zboží. Rozšířená odpovědnost výrobců vytváří pobídky ke snížení produkce odpadů a zvyšování recyklace materiálů.
2. **Přeměna odpadu na energii**
Velká část odpadu vytvořeného ve Švédsku se spaluje v zařízeních určených pro jeho energetické využití v oblasti dálkového vytápění vodou a také výroby elektřiny. V důsledku všech přijatých opatření se na skládky ukládá méně než jedno procento z celkového množství odpadu vyprodukovaného v zemi. Urbanistické plánování je důležitým nástrojem, když chtějí obce pracovat na nakládání s odpady dle požadované hierarchie.
3. **Odpadové hospodářství ve švédské legislativě**
Právní základ pro švédský systém nakládání s odpady je stanoven švédskou i evropskou legislativou o odpadech. Ve Švédsku je nejméně preferovaným řešením ukládání odpadu na skládky. Preferovanou možností je předcházet vzniku odpadu a znovu používat a opravovat produkty. Pokud odpad přesto vznikne, hlavním cílem je recyklace materiálů. Švédsko patří mezi přední země EU v oblasti nakládání s BRO. Zdejší systémy třídění a sběru podporují recyklaci a výrobu bioplynu [15–17].

NORSKO

Norsko má podobně jako ostatní severské země účinné systémy sběru a zpracování BRO, přičemž kompostování a anaerobní digesce jsou běžnými metodami. Norsko je příkladem využití BRO jako zdroje energie. V zemi existuje řada zařízení na anaerobní fermentaci, která zpracovávají gastroodpady a výsledný bioplyn je využíván jako obnovitelný zdroj energie [18, 19].

ITÁLIE

V Itálii se třídění a sběr BRO řídí regionálně a může se u jednotlivých obcí lišit. Některé mají systém popelnic na bioodpad, zatímco jiné podporují kompostování v domácnostech a na veřejných místech [20, 21].

FRANCIE

V některých částech Francie je sběr BRO dobře organizovaný, zatímco v jiných oblastech je prostor pro zlepšení. Některá města provozují sběr potravinových odpadů pomocí speciálních kontejnerů. Důležitou roli zde hrají aktivity start-upů a občanských sdružení [22–27].

SYNTEZA

Z výše uvedeného vyplývají následující klíčové aspekty nutné k zajištění plnění povinností v třídění BRO. Konkrétně jsou to:

- Informační kampaně: většina zemí organizuje informační kampaně a osvětové aktivity, které vysvětlují důležitost třídění a správného nakládání s BRO.
- Finanční pobídky a sankce: některé země používají finanční motivaci prostřednictvím systému odpadových poplatků. Občané, kteří dobře třídí, mohou mít nižší poplatky. Naopak, pokud je odpad tříděn špatně, mohou být uloženy sankce a pokuty.
- Kvalitní infrastruktura: země s dobrou infrastrukturou, k níž patří dostupné popelnice a sběrné kontejnery, usnadňují občanům správné třídění.
- Podpora kompostování: některé země podporují domácí kompostování a poskytují občanům kompostéry zdarma nebo za zvýhodněné ceny.

Všechny země EU včetně ČR jsou povinny do konce roku 2023 provádět třídění biologicky rozložitelných složek komunálního odpadu. Tato povinnost se týká obcí a měst, jež musejí dosáhnout minimální míry třídění podporující využití odpadů a snížení skládkování.

Produkce jednotlivých složek bioodpadu se liší v závislosti na tom, zda pochází z rodinných domů, nebo sídlišť. Na sídlišťích se zelený odpad vytváří v omezeném množství, zatímco kuchyňský odpad převažuje. Vliv má také sezonnost – produkce zeleného odpadu roste během teplých měsíců, zatímco produkce kuchyňského odpadu zůstává stabilní po celý rok.

V současné době je u nás možné spolu s BRO z údržby zeleně a zahrad sbírat i rostlinné části kuchyňských a potravinových odpadů z domácností. Systémy sběru bioodpadu jsou zaměřeny na všechny rostlinné složky, především však na zelenou složku, která tvoří pouze zhruba třetinu celkového sbíraného bioodpadu. Kuchyňský odpad nemá vlastní sběrový systém, ačkoli Ministerstvo životního prostředí uvádí povinnost sběru alespoň rostlinné složky. Je důležité naplánovat systém sběru tak, aby zahrnoval všechny složky bioodpadu včetně kuchyňského odpadu.

Klíčovým aspektem je čistota bioodpadu, která hraje zásadní roli při jeho zpracování. Bez ohledu na to, zda je odpad určen ke zpracování v kompostárně, nebo do bioplynové stanice, čistota sbíraného materiálu je klíčová. K zajištění čistoty je důležitá prevence vzniku znečištění tříděného bioodpadu prostřednictvím edukace obyvatel a omezený přístup ke kontejnerům pro bioodpad např. formou jejich uzamykání. Technologie na dotřídění existují, ale jsou finančně náročné. V Česku se provádí dotřídění většiny bioodpadů v kompostárnách způsobem, který není příliš sofistikovaný, proto se během vegetačního období může v kompostárnách hromadit velké množství bioodpadu, jež není efektivně dotříděno.

Systémy tříděného sběru jsou klíčové pro prevenci kontaminace biologického odpadu jinými znečišťujícími látkami. Členské státy EU mohou upustit od povinnosti odděleného sběru biologického odpadu v určitých případech, např. ve vnitřních městských oblastech, kde logistika odděleného sběru může být obtížná, nebo v řídké obydlených venkovských oblastech. V těchto případech mohou být podporovány alternativní způsoby zpracování bioodpadu, jako je domácí, místní či komunitní kompostování.

Některé země, včetně Spojeného království, Itálie, Finska, Irska, Slovinska, Estonska a Francie, dosáhly v posledních letech významného pokroku ve vývoji svých systémů sběru a zpracování bioodpadů. Na druhé straně ostatní země včetně ČR stále potřebují zlepšit svou infrastrukturu a implementovat účinná opatření a legislativu, aby splnily požadavky EU ohledně třídění bioodpadů [28–30].

Faktory ovlivňující efektivitu nastaveného systému sběru bioodpadu

Způsob třídění BRO, zahrnujícího odpad z údržby zeleně, zahrad a potravinové zbytky, má klíčový význam pro udržitelné zpracování tohoto odpadu a ochranu životního prostředí. Z výše uvedené rešerše vyplývá, že existuje několik faktorů, které ovlivňují úspěch a efektivitu tříděného sběru BRO.

Tyto faktory zahrnují:

1. Motivování, komunikaci a edukaci obyvatel
Motivace, komunikace a edukace obyvatel jsou klíčové pro úspěšný systém sběru BRO. Mezi způsoby jejich realizace patří:
 - Osobní komunikace, kampaně, workshopy a školení, které jsou organizovány pro občany, aby je informovaly o významu a správném způsobu třídění a sběru bioodpadů.
 - Návody a edukativní materiály, jež občanům pomáhají třídít odpady správně.
 - Finanční pobídky, např. slevy na poplatky za odpad nebo odměny za správné třídění, které by mohly motivovat občany k aktivnímu zapojení.
 - Represe, tj. sankce nebo pokuty pro ty, kteří nedodržují povinnosti týkající se třídění odpadů a mohou sloužit jako další motivace k plnění povinností v této oblasti.
2. Komfort sběru
 - Donášková vzdálenost, pro niž platí zásada – čím blíže domácnostem jsou sběrné nádoby umístěny, tím pravděpodobnější je, že je lidé budou aktivně využívat. Delší vzdálenost může snižovat ochotu účastnit se třídění.
 - Hygiena sběru, tj. zajištění čistoty sběrných nádob a jejich pravidelná údržba, což je důležité pro minimalizaci zápachu a výskytu škodlivých mikroorganismů a dalších škůdců.
 - Čistota sběrných nádob a zabránění šíření zápachu a výskytu plísní – zápach z BRO může být nepříjemný, zejména v letních měsících. Rovněž může způsobit problémy s hmyzem. Vyřešení těchto problémů je důležité pro akceptaci sběru.
 - Vliv teploty, která podmiňuje rychlost rozkladu biologického odpadu. V chladnějších oblastech může být rozklad pomalejší, což může vyžadovat větší pozornost při sběru. Při výběru umístění sběrných nádob by měla být preferována místa zastíněná po většinu dne.
3. Frekvenci vývozu
Častý a pravidelný vývoz sběrných nádob minimalizuje zápach a zabraňuje hromadění odpadu, což vede k pohodlnějšímu třídění pro obyvatele. Pravidelný odvoz BRO je důležitý pro udržení čistoty a hygieny sběrných míst. Nedostatečná frekvence vývozu může vést k přeplněným kontejnerům a problémům s hmyzem. Lidé jsou více motivováni k třídění, mají-li jistotu, že jejich odpad bude pravidelně odvážen.
4. Způsob sběru
Venkovní vs. vnitřní kontejnery: poskytování vnitřních sběrných kontejnerů může zvýšit pohodlí třídění, zejména v nepříznivých povětrnostních podmínkách. V některých případech může být vhodné umístit kontejnery do vnitřních prostor, aby se minimalizovaly problémy se zápachem a estetikou. Vnější kontejnery jsou však obvykle snáze přístupné.
Odvětrávané vs. neodvětrávané kontejnery: odvětrávané nádoby mohou minimalizovat rozvoj nepříjemného zápachu a plísní.
Velikost kontejneru: optimální velikost sběrných nádob zajišťuje dostatečnou kapacitu a současně minimalizuje dlouhodobé hromadění odpadu, které by mohlo vést k problémům.
5. Způsob domácího kompostování
Kompostovací nádoby: nabídka kompostovacích nádob umožňuje obyvatelům vlastní kompostování, což snižuje množství BRO, který by musel být odvezen. Poskytování kompostovacích nádob domácnostem může motivovat lidi k aktivnějšímu třídění BRO. Tyto nádoby umístěné např. v zahradách nebo na balkonech umožňují jednodušší kompostování.

Komunitní kompostéry: Zřízení komunitních kompostérů poskytuje možnost třídění odpadu i těm, kteří nemají dostatek místa pro vlastní kompostování. Tyto kompostéry mohou být umístěny veřejně v různých částech města. Tím se zvyšuje dostupnost pro širší spektrum obyvatel.

Celkově lze konstatovat, že při tříděném sběru BRO je nutné věnovat pozornost i detailům, jako je umístění sběrných nádob, čistota, hygiena a vývoz odpadu. Rovněž je důležité zvážit různé metody sběru, jako jsou venkovní a vnitřní kontejnery, a také podporovat alternativní způsoby, např. komunitní kompostéry, které mohou zvýšit zapojení a motivaci obyvatel k aktivnímu třídění.

Vliv teploty a odvětrávání nádoby na ztrátu vlhkosti biologicky rozložitelného komunálního odpadu

K zajištění plnění povinnosti ČR týkající se oznamování vzniku potravinového odpadu byl stanoven požadavek ohlásit množství tohoto odpadu v jeho „čerstvém“ stavu. Během rešeršního průzkumu, který jsme provedli v rámci projektu SS02030008 „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)“, jsme získali data ze zpráv Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky týkající se sběru BRKO. K ověření jejich využitelnosti i pro ČR byl do našeho projektu začleněn požadavek na určení ztráty vlhkosti při skladování potravinového odpadu v modelových podmínkách, které odpovídají běžné praxi.

Vzhledem k tomu, že se tříděný potravinový odpad běžně sbírá v intervalech jednoho až dvou týdnů, jsme uskutečnili dva cykly experimentů, každý v délce 14 dnů. Experimenty byly provedeny jak s nádobami s otvory, tak bez nich, přičemž složení potravinového odpadu odpovídalo tomu, co jsme zjistili v dosud provedených analýzách směsného komunálního odpadu, BRKO a potravinového odpadu [31]. Konkrétně se směs potravin skládala z: ovoce a zeleniny (39 %); pečiva, těstovin, knedlíků (24 %); masa, vajec včetně skořápek (6 %); mléčných výrobků (9 %); vařených jídel (19 %) a nápojů (3 %).

K simulaci běžného způsobu třídění a sběru a zároveň k minimalizaci množství znehodnocených potravin byly použity 12litrové nádoby uzavíratelné víkem (obr. 4).



Obr. 4. Směs potravin na počátku pokusu a děrovaná nádoba s víkem na pokusném místě (Zdroj: VÚV TGM)

Fig. 4. Food mixture at the beginning of the experiment and a perforated container with a lid at the experimental site (Source: TGM WRI)

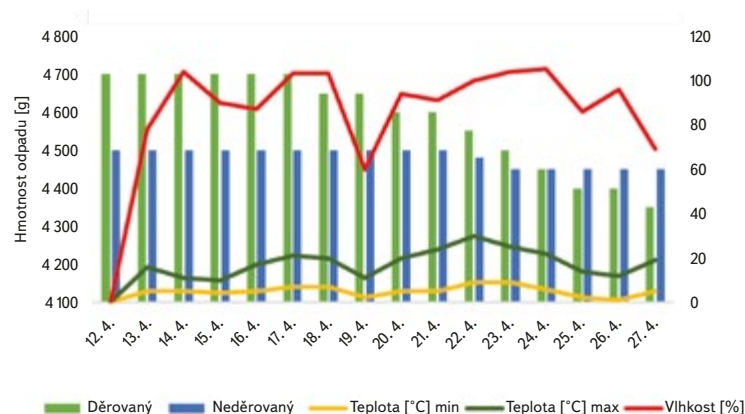
Nádoby byly uloženy na místě částečně chráněném stromy před sluncem a deštěm (obr. 5).



Obr. 5. Umístění pokusných nádob (Zdroj: VÚV TGM)

Fig. 5. Placement of test container (Source: TGM WRI)

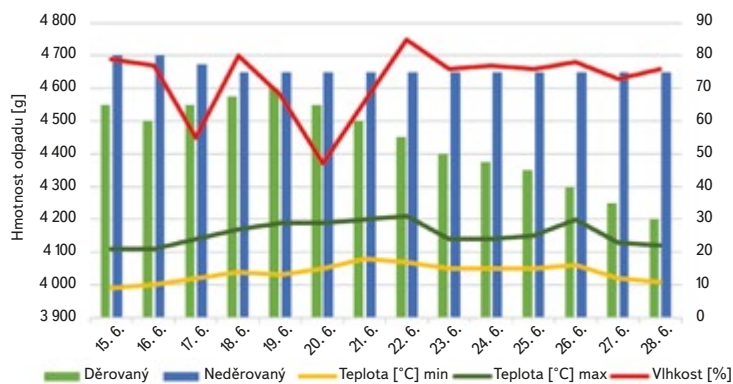
První měření proběhlo v dubnu a druhé v červnu. Obr. 6 ukazuje průběh snižování hmotnosti BRKO za uvedených naměřených minimálních (průměr 5,1 °C) a maximálních (průměr 13 °C) teplot spolu s naměřenou vlhkostí (průměr 73,2 %) vzduchu při dubnovém pokusu. Hmotnost, resp. vlhkost potravinového odpadu v děrované nádobě během 14 dnů poklesla o 350 g, resp. 7,5 % hmotnosti na rozdíl od neděrované nádoby se ztrátou hmotnosti BRKO pouhých 50 g, tedy 1,1 % hmotnosti.



Obr. 6. Graf ztráty vlhkosti, resp. hmotnosti BRKO při dubnovém měření (Zdroj: VÚV TGM)

Fig. 6. Graph of moisture loss or weight of BMW during the April measurement (Source: TGM WRI)

V červnu jsme měření za stejných podmínek zopakovali ke zjištění vlivu teplot na úbytek hmotnosti, resp. vlhkosti. Při červnovém měření, kdy minimální teploty dosahovaly v průměru 13,7 °C a maxima 25,7 °C, došlo k největšímu poklesu hmotnosti (vlhkosti) opět u děrované nádoby, a to o 8,7 % (obr. 7).



Obr. 7. Graf ztráty vlhkosti, resp. hmotnosti BRKO při červnovém měření (Zdroj: VÚV TGM)

Fig. 7. Graph of moisture loss or weight of BMW during the June measurement

(Source: TGM WRI)

Při červnovém měření měli značný vliv na rozklad hmoty, a tím i na ztrátu hmotnosti oproti dubnovému měření plísňe a živočichové (mravenci, slímáci, mouchy). Na obr. 8 uvádíme pro porovnání vzhled měřeného vzorku na konci 14denního měření v dubnu (vlevo) a v červnu (vpravo).



Obr. 8. Vzhled měřených vzorků v děrovaných nádobách na konci měření

v dubnu (vlevo) a v červnu (vpravo) (Zdroj: VÚV TGM)

Fig. 8. Appearance of measured samples in perforated containers at the end

of the measurement in April (left) and June (right) (Source: TGM WRI)

Na základě naměřených údajů o ztrátách vlhkosti byl stanoven jednotný koeficient 0,09, který bude zahrnut do připravované metodiky „Měření množství a analýzy složení potravinových odpadů“ jako korekční faktor pro výpočet celkového množství komunálního potravinového odpadu. Finální verze této metodiky bude po schválení zveřejněna na stránkách projektu [32] na konci letošního roku.

ZÁVĚR

Problematika stanovení produkce a předcházení vzniku potravinových odpadů je aktuálně řešena v rámci projektu SS02030008 „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)“, v jehož rámci a v úzké spolupráci s MŽP připravujeme metodiku pro měření hmotnosti potravinových odpadů. Rozbor přístupů k řešení otázky BRKO a potravinových odpadů ve vybraných státech EU nám ukazuje celou řadu různých přístupů, jež se mohou stát vhodnou inspirací pro řešení problematiky předcházení a efektivního nakládání s tímto druhem odpadu v ČR. Datovou a znalostní základnu problematiky potravinových odpadů aktuálně doplnila analýza ztráty vlhkosti BRKO, která se pohybuje těsně pod 10 % hmotnosti analyzovaného odpadu a bude součástí nově chystané metodiky.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen z projektu SS02030008 „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)“, který je spolufinancován Technologickou agenturou ČR v rámci Programu Prostředí pro život.

Literatura

- [1] Federal Office for the Environment (FOEN). *Food Waste* [on-line] [vid. 24. červenec 2023]. Dostupné z: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/themen/thema-abfall/abfallwegweiser--stichworte-a-z/biogene-abfaelle/abfallarten/lebensmittelabfaelle.html>
- [2] LEBERSORGER, S., SCHNEIDER, F. *Food Waste from Private Households in Austria – Status Quo. Recyclepotech* [on-line]. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmninnkpcjpcglclefindmkaj/http://www.recyclepotech.at/media/17_Lebersorger_1.pdf
- [3] Itai. *Let's Talk Food Waste in Austria. Impact Hub Vienna* [on-line]. 1. červenec 2019 [vid. 27. srpen 2023]. Dostupné z: <https://vienna.impacthub.net/2019/07/01/lets-talk-food-waste-in-austria/>
- [4] Admin. *Against Food Waste: 15 Initiatives in Austria. Austrian News* [on-line]. 9. duben 2021 [vid. 27. srpen 2023]. Dostupné z: <https://austrianpress.com/2021/04/09/against-food-waste-15-initiatives-in-austria/>
- [5] BERETTA, C., HELWEG, S. *Lebensmittelverluste in der Schweiz: Umweltbelastung und Vermeidungspotential*. B. m.: ETH Zurich Institut für Umweltingenieurwissenschaften, Gruppe Ökologisches System-Design, Oktober 2019.
- [6] BERETTA, C., STOESEL, F., BAIER, U., HELWEG, S. *Quantifying Food Losses and the Potential for Reduction in Switzerland. Waste Management* [on-line]. 2013, 33(3), Special Thematic Issue: Urban Mining, s. 764–773. ISSN 0956-053X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.wasman.2012.11.007
- [7] Repubblica e Cantone Ticino, Dipartimento del territorio, Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo, Ufficio dei rifiuti e dei siti inquinati. *Piano di gestione dei rifiuti del Canton Ticino 2019-2023* [on-line]. Dostupné z: <http://www.ti.ch/spaas>
- [8] Quora. *Why Do Germans Have Pfand on Bottles and Gelbe Sack? Surely Pfand Can Be Discontinued Now That There Is Plastic Recycling* [on-line] [vid. 25. červenec 2023]. Dostupné z: <https://www.quora.com/Why-do-Germans-have-Pfand-on-bottles-and-gelbe-sack-Surely-Pfand-can-be-discontinued-now-that-there-is-plastic-recycling>
- [9] Live in Germany. *How Do Germans Dispose and Recycle Trash?* [2023 Guide]. *Live In Germany* [on-line]. 23. leden 2022 [vid. 24. červenec 2023]. Dostupné z: <https://liveingermany.de/trash-and-recycling-guide-in-germany/>
- [10] NASR, J. *The German Organic Waste Campaign Launches Organic Waste Bin Challenge 2023* [on-line]. 30. květen 2023 [vid. 24. červenec 2023]. Dostupné z: <https://www.umweltbundesamt.de/en/press/pressinformation/the-german-organic-waste-campaign-launches-organic>
- [11] EXPATICA Netherlands. *Garbage Collection and Recycling in the Netherlands* [on-line] [vid. 25. červenec 2023]. Dostupné z: <https://www.expatica.com/nl/living/household/recycling-in-the-netherlands-133948/>
- [12] Belgium.be. *Sorting and Recycling Household Waste* [on-line] [vid. 25. červenec 2023]. Dostupné z: https://www.belgium.be/en/environment/sorting_and_recycling_household_waste
- [13] CHIOATTO, E., KHAN, M. A., SOSPIRO, P. *Sustainable Solid Waste Management in the European Union: Four Countries Regional Analysis. Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2023, 33, 101037. ISSN 2352-5541. Dostupné z: doi: 10.1016/j.scp.2023.101037
- [14] European Environment Agency. *Waste Prevention Country Profile Belgium* [on-line] duben 2023. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/waste-prevention/countries/country-profiles-on-waste-prevention>

[15] Avfall Sverige. *Swedish Waste Management* [on-line]. 12. červen 2023 [vid. 25. červenec 2023]. Dostupné z: <https://www.avfallsverige.se/in-english/>

[16] IGINI, M. *How Sweden is Successfully Turning Waste to Energy* [on-line]. 26. květen 2022 [vid. 25. červenec 2023]. Dostupné z: <https://earthorg.mystagingwebsite.com/sweden-waste-to-energy/>

[17] Naturvårdsverket. *Municipal Waste Management in Sweden* [on-line] [vid. 25. červenec 2023]. Dostupné z: <https://www.naturvardsverket.se/en/topics/waste/municipal-waste-management-in-sweden/>

[18] ECONNECT – Oslo: *Další město, kde autobusy jezdí na bioplyn z odpadů* [on-line] [vid. 22. červenec 2023]. Dostupné z: <http://zpravodajstvi.ecn.cz/?x=2571489>

[19] JONES, S. M. Waste Management in Norway. In: JONES, S. M. (ed.). *Advancing a Circular Economy: A Future without Waste?* [on-line]. Cham: Springer International Publishing, 2021 [vid. 25. červenec 2023], s. 111–139. ISBN 978-3-030-66564-7. Dostupné z: doi: 10.1007/978-3-030-66564-7_6

[20] GRANT, F., DI VEROLI, J. N., ROSSI, L. Characterization of Household Food Waste in Italy: Three Year Comparative Assessment and Evaluation of Seasonality Effects. *Waste Management*. 2023, 164, s. 171–180. ISSN 0956-053X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.wasman.2023.04.006

[21] ATLANTE. *The Italy 2023 Case: Food Waste Decreases by 12 %* [on-line]. 24. květen 2023 [vid. 27. srpen 2023]. Dostupné z: <https://www.atlantesrl.it/en/the-italy-2023-case-food-waste-decreases-by-12/>

[22] C40 Knowledge. *Cities100: Paris is Reducing, Reusing and Recovering its Waste* [on-line] [vid. 27. srpen 2023]. Dostupné z: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Cities100-Paris-is-reducing-reusing-and-recovering-its-waste?language=en_US

[23] Let's Food. *Food Waste Collection in Grenoble Alpes Métropole* [on-line] [vid. 27. srpen 2023]. Dostupné z: <https://letsfoodideas.com/en/initiative/la-collecte-des-dechets-alimentaires-sur-grenoble-alpes-metropole/>

[24] CGTN. *France, a Leading Country in Food Sustainability, Has Just Started to Compost* [on-line] [vid. 27. srpen 2023]. Dostupné z: <https://newseu.cgtn.com/news/2019-10-28/Some-French-cities-and-companies-are-re-examining-food-waste--L7d4koDyLe/index.html>

[25] STUTTGART EXPATS. *Gelber Sack Stuttgart* [on-line] [vid. 25. červenec 2023]. Dostupné z: <https://stuttgartexpats.com/gelber-sack-stuttgart/>

[26] EXPATICA France. *Trash and Recycling in France* [on-line] [vid. 27. srpen 2023]. Dostupné z: <https://www.expatica.com/fr/living/household/trash-and-recycling-in-france-536594/>

[27] MARANDI, B. *Why France is Leading Country in Food Waste Reduction* [on-line] [vid. 27. srpen 2023]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/why-france-leading-country-food-waste-reduction-ben-marandi->

[28] LANGLEY, J., YOXALL, A., HEPPELL, G., RODRIGUEZ, E. M., BRADBURY, S., LEWIS, R., LUXMOORE, J., HODZIC, A., ROWSON, J. Food for Thought? – A UK Pilot Study Testing a Methodology for Compositional Domestic Food Waste Analysis. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy* [on-line]. 2010, 28(3), s. 220–227. ISSN 0734-242X, 1096-3669. Dostupné z: doi: 10.1177/0734242X08095348

[29] SPANG, E. S., MORENO, L. C., PACE, S. A., ACHMON, Y., DONIS-GONZALEZ, I., GOSLINER, W. A., JABLONSKI-SHEFFIELD, M. P., MOMIN, M. A., QUESTED, T. E., WINANS, K. S., TOMICH, T. P. Food Loss and Waste: Measurement, Drivers, and Solutions. *Annual Review of Environment and Resources*. 2019, 44(1), s. 117–156. Dostupné z: doi: 10.1146/annurev-environ-101718-033228

[30] CALDEIRA, C., DE LAURENTIIS, V., GHOSE, A., CORRADO, S., SALA, S. Grown and Thrown: Exploring Approaches to Estimate Food Waste in EU Countries. *Resources, Conservation and Recycling*. 2021, 168, 105426. ISSN 09213449. Dostupné z: doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105426

[31] VOLOŠINOVÁ, D., KOŘÍNEK, R., CHERNYSH, Y. Problematika potravinových odpadů ve vztahu k povinnému vykazování jejich produkce pro potřeby směrnice o odpadech. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2022, 64(4), s. 32–39. ISSN 0322-8916. e-ISSN 1805-6555. Dostupné z: doi: 10.46555/VTEI.2022.05.005

[32] <https://turl.cz/TuGqi>

Autoři

Ing. Dagmar Vološínová¹

✉ dagmar.volosinova@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-1195-7046

Ing. Robert Kořínek, Ph.D.²

✉ robert.korinek@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-5849-5606

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

²Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Ostrava

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.09.003

METHODS OF COLLECTION AND MANAGEMENT OF BIODEGRADABLE MUNICIPAL WASTE IN SELECTED COUNTRIES OF THE EUROPEAN UNION AND CURRENT RESULTS FROM MOISTURE LOSS MEASUREMENTS

VOLOŠINOVÁ, D.¹; KOŘÍNEK, R.²

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

²T. G. Masaryk Water Research Institute, Ostrava

Keywords: biological waste – food waste – collection – treatment – moisture loss reporting – circular economy

The increased amount of waste, including food waste, causes serious problems in modern society, such as filling municipal waste landfills, which produces greenhouse gases. For society to deal with this problem, the legislation of some EU member states, including the Czech Republic, introduces new obligations to support the prevention of waste generation and its increased recycling and use. In 2020, the European Commission released the Circular Economy Action Plan, which provides guidelines for many countries on renewables and waste. However, in some cases, more than the current measures are needed. A new law on waste was recently adopted in the Czech Republic, emphasising the issue of food waste, especially biodegradable components of animal origin.

Vývoj využití území a vliv na vodní zdroje hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy

DAVID HONEK, MILENA FOREJTNIKOVÁ, ZDENĚK SEDLÁČEK, JITKA NOVOTNÁ

Klíčová slova: využití území – Ústecká synklinála – podzemní voda

ABSTRAKT

Výzkumné území hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy představuje významnou oblast zdrojů podzemních pitných vod. Zdejší zdroje patří k nejkvalitnějším a nejvydatnějším zdrojům v rámci celé České republiky (ČR). Vývoj využití území je zde úzce spojen s rozvojem sídel a průmyslu (textilního), který svým významem dalece přesahoval hranice regionu. Postupný rozvoj vytvářel tlak na přírodní zdroje, a to zejména na vodu, kdy se zvyšovaly nároky na množství užitkové i pitné vody, ovlivněna však byla také jakost vod průmyslovým i zemědělským znečištěním. I přes viditelný úbytek obyvatel v posledních 20 až 30 letech lze pozorovat rozšiřování sídel, zejména díky nové výstavbě na zemědělské půdě, což je do určité míry kompenzováno rozšiřováním trvalých travních porostů a lesů. Tento nárůst spolu s mírným rozvojem vodních ploch může být brán jako pozitivní jev s ohledem na současné i budoucí změny klimatu.

ÚVOD

Sledování vývoje využití krajiny je důležitým parametrem při hodnocení změn v krajině a hledání odpovědí na změny pozorované v řadě přírodních i sociálně-společenských procesů. Změny v krajině jsou obecně ovlivněny geologickými a klimatickými procesy a působením lidských aktivit [1, 2]. Velké změny zaznamenala krajina během 19. a 20. století, a to napříč celou Evropou. Souvisely zejména s intenzifikací v zemědělství, rozvojem urbánních a suburbánních zón i průmyslové výroby, ale na druhé straně i se zpětným zalesňováním a zatravněním zejména od druhé poloviny 20. století [3]. V posledních letech je změna využití území spojena s řešením dopadů klimatické změny. Z pohledu vodního hospodářství je vyvíjen tlak na realizaci přírodních blízkých opatření a na podporu zadržování vody v krajině, ochranu před povodněmi a suchem atd. [4], díky čemuž se zvyšuje zastoupení travních, lesních a vodních ploch.

V českých zemích jsou změny využití krajiny úzce spojeny s vývojem společnosti, zejména s migrací obyvatelstva, průmyslovým rozvojem řady sídel a regionů a následným zvýšením zemědělské výroby [5]. V posledních 200 letech docházelo nejprve k rozšiřování orné půdy na úkor lesů a travních porostů, ale s nástupem moderních agrotechnických postupů se tento trend postupně zvrátil [5–7]. Úbytek orné půdy je v posledních dekádách silně ovlivněn rozšiřováním sídel do krajiny. Jinak tomu není ani v případě zvoleného výzkumného území hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy. Toto území bylo v minulosti silně ovlivněno rozvojem sídel, která zejména na

přelomu 19. a 20. století zažila průmyslový „boom“ spojený s textilním průmyslem. S tím byla samozřejmě spojena i velká vlna migrace, kdy i z malých vesnic vznikala významná centra se stovkami až tisíci obyvatel [8, 9].

Rozvoj průmyslu, migrace obyvatel a růst sídel měly však za následky přímé změny v krajině struktuře a v řadě přírodních procesů, zejména zde vznikl velký tlak na vodní zdroje. Průmysl obecně a textilní obzvláště byl vždy úzce spojen s vodou (pohon strojů, čištění, louhování atd.). Negativní dopad na vodní zdroje se projevil obrovskou spotřebou vody i zhoršením její kvality. Současně s tím se zvýšily nároky na pitnou vodu kvůli nárůstu počtu obyvatel. Všechny tyto změny měly viditelnou odezvu v krajině, kde postupně došlo ke změně jejího využití, např. k záboru orné půdy pro novou výstavbu, výsadbě lesů pro potřeby těžby stavebního a palivového dříví atd.

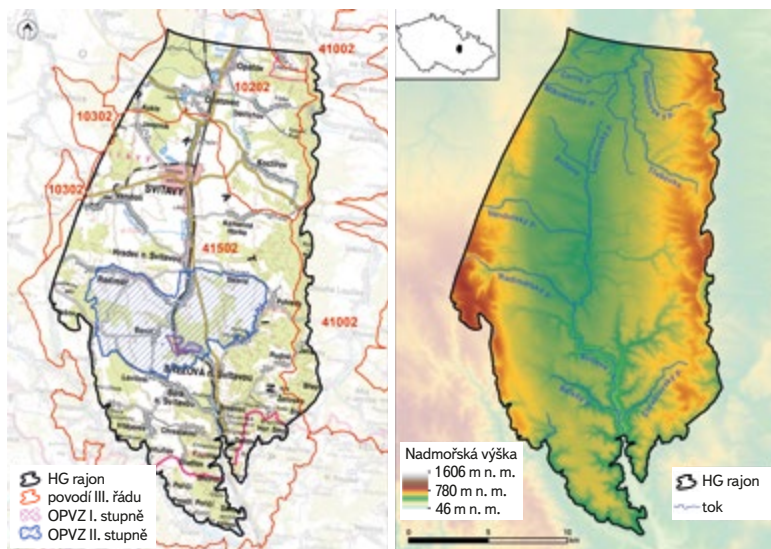
V rámci výzkumného území lze pozorovat mnoho standardních procesů a změn ve využití krajiny, jež jsou obdobné jako na řadě dalších míst. Specifikem území je významný vodní zdroj v Březové nad Svitavou, který neslouží pro zásobování místních obyvatel pitnou vodou, ale byl vybudován pro město Brno a jeho okolí před více než sto lety [9]. I z tohoto důvodu bylo s ohledem na budoucí potřeby území velmi důležité provést analýzu využití území a podhalit skryté zákonitosti působící ve zdejší krajině.

METODIKA

Popis výzkumného území

Výzkumné území (*obr. 1*) je tvořeno hydrogeologickým rajonem 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy (dále jen HG rajon). Nachází se na hranici Pardubického a Jihomoravského kraje v okolí města Svitavy v nadmořské výšce mezi 400 (jižní část) a 650 metry nad mořem (východní a západní okraje). Na území se tvoří významné zdroje podzemních vod využívané zejména pro pitné účely, a to nejen pro sídla v rámci HG rajonu, ale podzemní voda z těchto zdrojů hraje značnou roli v zásobování města Brna a dalších sídel Jihomoravského kraje. Z tohoto důvodu se v jižní části HG rajonu nacházejí rozsáhlá ochranná pásma vodního zdroje v Březové nad Svitavou, kde jsou provozovány dva systémy čerpání podzemních vod, tzv. Březovské vodovody I a II.

Rozloha HG rajonu je 358 km² a má severojižní orientaci. HG rajon představuje východní okraj souvislého výskytu křídových sedimentů v ČR a jeho stavba je dána střídáním propustných hydrogeologických kolektorů (pískovců) a nepropustných hydrogeologických izolátorů (jílovců) [10, 11]. Stratigrafické rozpětí HG rajonu je cenoman a coniak a v rámci progradčních cyklů je zde



Obr. 1. Výzkumné území hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy
Fig. 1. Research area of hydrogeological unit 4232 Ústecká Syncline in the Svitava river basin

vyvinuto i několik kolektorů – bazální A (perucko-korycanské souvrství, vodohospodářsky nevýznamný), kolektory B a C (svrchní část bělohorského a jizerského souvrství s vysokou transmisivitou a intenzivním oběhem podzemní vody, oba vodohospodářsky využívané) a kolektor D (písečítá delta) [10, 12].

Páteřním tokem území je řeka Svitava, jež v severní části HG rajonu pramení, resp. celý HG rajon je zdrojnicí vod pro tuto řeku. V severní části HG rajonu severně od města Svitavy je rozsáhlé „zamokřené“ území, které je celé bráno jako pramenná oblast řeky Svitavy. V posledních suchých letech však bývá vodní tok až k městu Hradec nad Svitavou skoro bez vody, někdy se nadneseně hovoří o „pramenu řeky Svitavy na ČOV Hradec nad Svitavou“, která čistí odpadní vody z města Svitavy. Tím je dána i dlouhodobě problematická jakost vody v řece, zejména v úseku nad Březovou nad Svitavou. Hlavními zdroji vod pro horní tok Svitavy byly v minulosti vždy právě vývěry podzemních vod v oblasti dnešního vodního zdroje v Březové nad Svitavou. Svitava má na horním toku několik pravobřežních přítoků, jež jsou většinou napájeny z pramenů ze stejných vrstev podzemní vody. Levostranné přítoky nejsou v horním úseku vyvinuty, povrchová voda proudí v údolnicích jen při příválových deštích.

Použité metody a vstupní data

Analýza vývoje využití území byla vytvořena pomocí softwaru ArcMap 10.8.1 (©ESRI). Jako vstupní data byly zvoleny mapové podklady druhého (1836–1852)) a třetího (1876–1880) Rakouského vojenského mapování, Topografické mapy Československa (1953–1957), dále databáze Corine Land Cover (©Copernicus Programme) pro období 1990–2018 a databáze ZABAGED (©ČÚZK) pro rok 2023 (současnost).

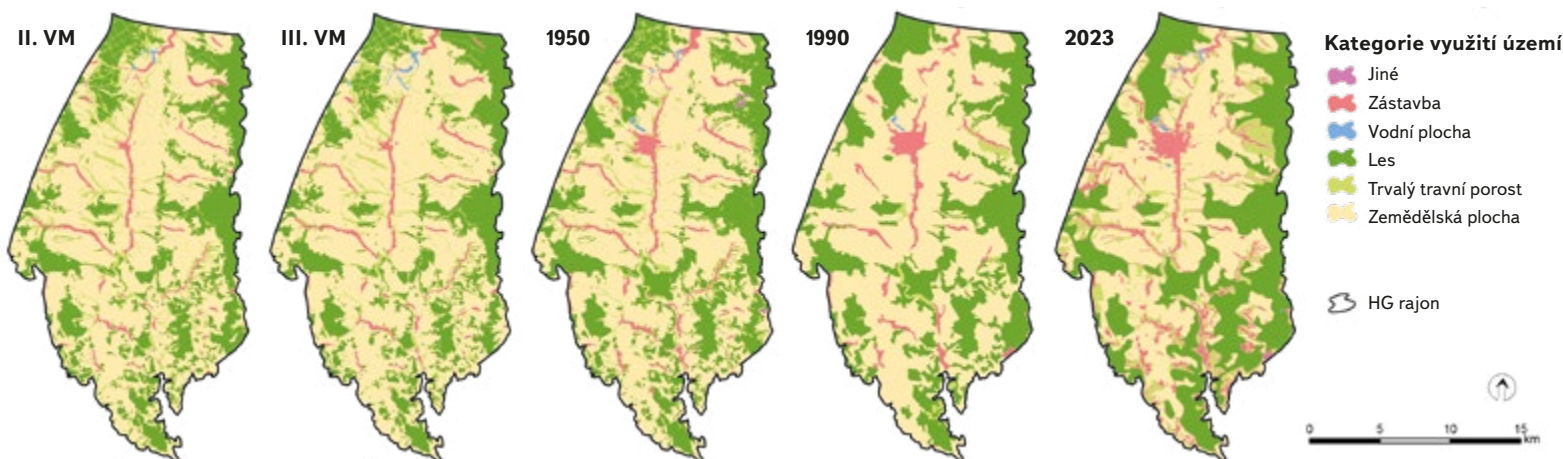
V první fázi byly vytvořeny mapy využití území pro každé období, které byly následně statisticky analyzovány. Bylo stanoveno šest základních kategorií využití území – *zástavba* (budovy a zpevněné plochy), *vodní plocha* (rybníky a nádrže), *les* (veškeré lesní porosty), *trvalý travní porost* (zahrady, louky, pastviny, paseky a mýtiny), *zemědělská plocha* (veškerá orná půda) a *jiné* (plochy, jež nebylo možné zahrnout do předchozích kategorií, např. oblast těžby). Toto členění sice nemusí odpovídat popisu jednotlivých pozemků např. v katastru nemovitostí, ale je zvoleno s ohledem na praktické dopady na vodní režim krajiny. Např. paseky a mýtiny zůstávají administrativně lesní půdou, ačkoli jejich skutečná funkce ve vodním režimu je bližší loukám.

Pomocí nástrojů v ArcMAP 10.8.1 (©ESRI) bylo možno zpracovat a využít historické mapové podklady Rakouského vojenského mapování a Topografických map Československa pro zvolené výzkumné území, a to velmi detailně. Tato mapová díla jsou dnes dostupná v digitální podobě (jako WMS), nicméně mapy využití území bylo potřeba vytvořit manuálně (vektORIZACE historických map; např. dle [13–15]). Spojením nově vzniklých datových sad s databázemi Corine Land Cover a ZABAGED tak vznikla 187 let dlouhá časová řada vývoje využití území v devíti časových řezech, čímž byla získána unikátní datová sada s velkým časovým i prostorovým detailem. To umožnilo analyzovat změny využití v krajině v rozlišení až několika metrů.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Změna využití území za posledních 200 let

Obecně lze konstatovat, že největší zastoupení v průběhu let má kategorie *zemědělská plocha* (40–60 %), která se nachází převážně ve střední části HG rajonu, kde se vyskytují rovinatější plochy a dlouhé, relativně mírné svahy (obr. 2). Druhá významná kategorie je *les* (30 %), resp. lesní porosty, jež se nejčastěji nalézají na okrajích HG rajonu, kde je výraznější geomorfologie nevhodná pro zemědělské hospodaření (obr. 2). *Trvalé travní porosty* a *zástavba* mají



Obr. 2. Využití území v rámci hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy v pěti různých časových obdobích – II. VM (1836–1852), III. VM (1876–1880), 1950, 1990 a 2023
Fig. 2. Land use within hydrogeological unit 4232 Ústecká Syncline in the Svitava river basin in five different time periods – II. MM (1836–1852), III. MM (1876–1880), 1950, 1990 and 2023

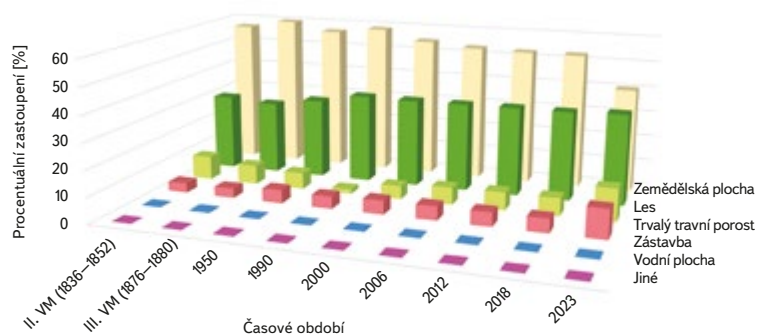
obdobné zastoupení (5–10 %). *Zástavba* je zde výrazně vázána na vodní toky a jejich údolí, sídla bývají velmi protáhlá (i několik kilometrů), výraznějším centrem je město Svitavy (obr. 2). *Trvalé travní porosty* jsou často v okolí zástavby, protože do této kategorie jsou zahrnuty i zahrady a sady. Často se tu setkáme i s travními porosty v rámci lesů, jež slouží jako mýtiny, paseky nebo jako průřezy při těžbě dřeva umožňující lepší pohyb techniky (obr. 2). *Vodních ploch* je zde malé množství (maximálně 0,3 %) a vyskytují se převážně v severní části HG rajonu, kde mírný reliéf umožnil výstavbu rybníků (obr. 2). V kategorii *jiné* jsou zahrnuty zejména těžební oblasti (těžba kamene), a to v podstatě s velmi omezeným výskytem v jižní části HG rajonu (obr. 2).

Obr. 2 přináší pohled na časoprostorové změny ve využití území v rámci HG rajonu. Je zde patrný značný ústup *zemědělské plochy* na úkor *lesa* a *zástavby*. *Lesy* zaznamenaly velký nárůst od poloviny 20. století, a to zejména ve východní části území, kde se zemědělské hospodaření postupně stávalo nevhodným kvůli relativně náročným přírodním podmínkám (výrazný reliéf). Pokud jde o sídla, zcela zásadní je rozvoj města Svitavy, především díky rozvoji průmyslu během 20. století. U ostatních obcí je rozvoj velmi rozkolísaný; v posledních letech je však spojen s rozmachem rekreace a rezidenčního zázemí pro město Svitavy.

Vývoj zastoupení jednotlivých kategorií využití území je jasně zřetelný na obr. 3. Dominantní podíl *orné půdy* přes 50 % území se rapidně mění až v posledních letech, kdy velká část orné půdy je jednak zabrána *zástavbou* (zvětšení sídel hlavně díky průmyslovým zónám), jednak *trvalými travními porosty*, např. zatravnění údolnic jako protierozní a protipovodňová opatření atd. Relativně nejstabilnější kategorií jsou *lesy*, které si udržují zastoupení kolem 30 %; větší změnu lze nalézt v období druhé poloviny 20. století, kdy došlo k zalesnění na úkor *trvalých travních porostů*. Na první pohled nevýrazný vývoj kategorií *jiné* a *vodní plocha* je možno lépe vysvětlit pomocí tab. 1. U kategorie *jiné* lze pozorovat zřetelný nárůst v padesátých letech 20. století (rozvoj těžby kvůli velké potřebě stavebních materiálů). Zajímavý je vývoj zastoupení *vodních ploch*, kdy v druhé polovině 19. století došlo k rozvoji malých vodních nádrží (rybníky, zásoba vody pro průmysl), po němž následoval prudký pokles na konci 20. století (často spojený s ukončením průmyslové činnosti) a v posledních 20 letech postupný růst díky rekreaci a zvýšení retenční schopnosti krajiny z důvodu intenzifikace sucha. Zjištěné vývojové trendy ve sledovaném období odpovídají změnám napříč ČR [2, 7].

Tab. 1. Vývoj podílu jednotlivých kategorií využití území v rámci hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy od poloviny 19. století po současnost
Tab. 1. Development of the share of individual categories of land use within hydrogeological unit 4232 Ústecká Syncline in the Svitava river basin from mid-19th century to the present

Kategorie využití území [%]	Časové období								
	II. VM (1836–1852)	III. VM (1876–1880)	1950	1990	2000	2006	2012	2018	2023
Jiné	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zástavba	3,7	3,8	5,2	4,8	5,4	5,4	5,5	5,5	11,3
Vodní plocha	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
Les	30,0	28,5	31,3	34,6	34,3	34,4	34,6	34,6	35,3
Zemědělská plocha	56,9	60,0	56,7	58,8	54,8	53,2	52,8	52,7	40,4
Trvalý travní porost	9,2	7,4	6,3	1,7	5,1	6,6	6,9	6,9	12,7



Obr. 3. Grafické znázornění vývoje jednotlivých kategorií využití území v rámci hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy od poloviny 19. století po současnost

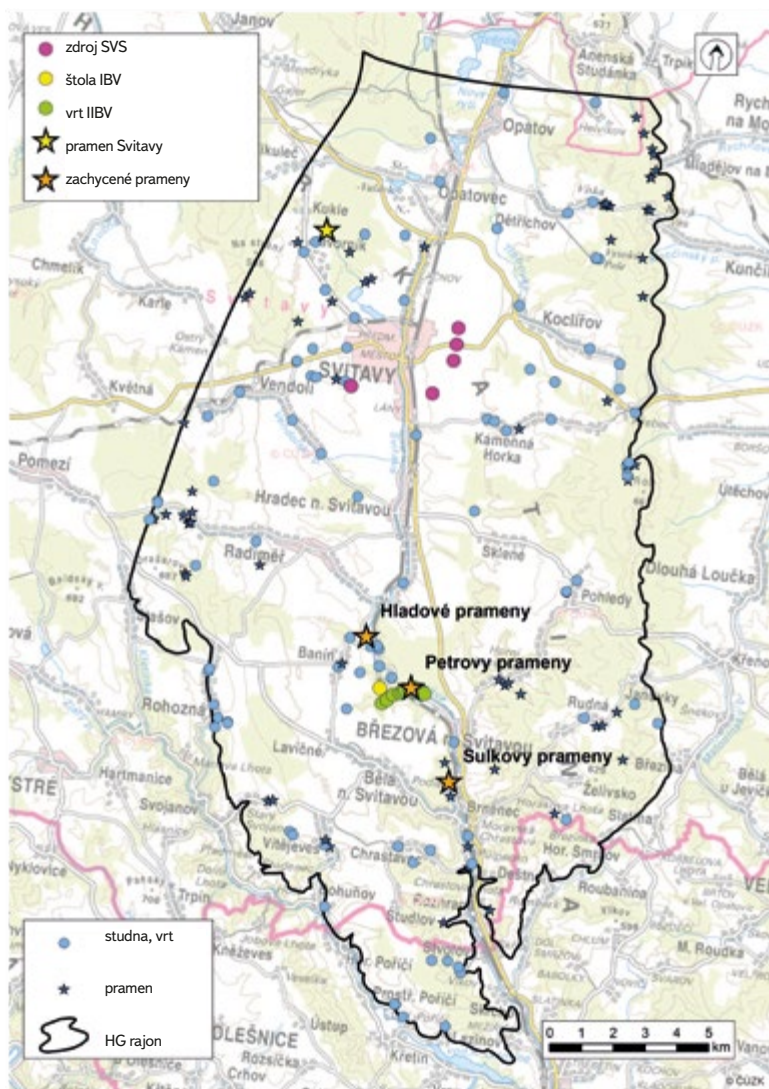
Fig. 3. Diagram of the development of individual categories of land use within hydrogeological unit 4232 Ústecká Syncline in the Svitava river basin from mid-19th century to the present

Vliv na vodní zdroje

Změna využití krajiny se může silně odrazit na stavu přírodních zdrojů, které jsou nejen pro lidskou společnost zásadní. S ohledem na výzkumné území, na němž se nachází významný zdroj pitných vod v rámci ČR, je diskutován možný dopad změn využití krajiny na zdejší zdroje podzemních vod. Území je zcela závislé na podzemní vodě, protože se zde nevyskytují žádné větší nádrže ani sem nepřitékají žádné vodní toky. Území naopak představuje pramennou oblast (např. řeka Svitava) a veškerá voda odtud odtéká. Zdejší přírodní hydrogeologické podmínky umožnily vznik řady přirozených exploatací podzemní vody. Mezi nejvýznamnější zdroje v území patřily tzv. Hladové, Petrovy a Sulkovy prameny (obr. 4), které jsou dnes zachyceny oběma Březovskými vodovody přivádějícími vodu do města Brna [9, 16]. V území se nachází mnoho dalších zdrojů určených pro místní potřebu. Významným odběratelem podzemních vod je také Skupinový vodovod Svitavy, který zásobuje město Svitavy a další obce v okolí.

Lokalizace vodních zdrojů je na obr. 4. Prostorové rozložení je více méně rovnoměrné, nicméně přirozené prameny se nacházejí zejména v okrajových oblastech území a v jižní části, kde je příhodnější reliéf a hydrogeologické podmínky.

Na území se rovněž nachází množství menších vodojemů, jež byly postaveny v návaznosti na rozvoj a modernizaci lidských sídel. Vzhledem k výškovému uspořádání terénu jsou tyto vodojemy převážně zemní, lokalizované až na náhorní plošině nad sídlem (obr. 5). Jejich výstavba je úzce spojena s rozvojem sídel ve 20. století, kdy tu vznikla řada obecních vodovodů [17]. Výstavba zemního vodojemu představuje nejen nový pohledový prvek v krajině, ale také spolu se svým ochranným územím převádí většinou původně ornou půdu na zastavěnou s travními porosty.



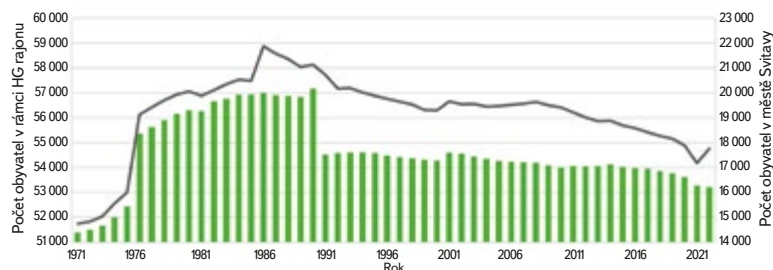
Obr. 4. Zdroje podzemních vod v rámci hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy (SVS – Skupinový vodovod Svitavy, IBV – 1. březovský vodovod, IIBV – 2. březovský vodovod)

Fig. 4. Sources of groundwater within hydrogeological unit 4232 Ústecká Syncline in the Svitava river basin (SVS – Skupinový vodovod Svitavy, IBV – Březovský Water Supply system I, IIBV – Březovský Water Supply system II)



Obr. 5. Příklad zemního vodojemu u města Březová nad Svitavou (Foto: A. Létal, 5. května 2020)

Fig. 5. An example of a ground water reservoir near the town of Březová nad Svitavou (Photo: A. Létal, May 5, 2020)



Obr. 6. Vývoj počtu obyvatel v rámci hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy v letech 1971–2022 (Zdroj: Český statistický úřad)

Fig. 6. Development of the number of inhabitants within hydrogeological unit 4232 Ústecká Syncline in the Svitava river basin, 1971–2022 (Source: Czech Statistical Office)

Dopad změn využití krajiny na vodní zdroje je v HG rajonu Ústecká synklinála v povodí Svitavy od 19. století úzce spojen s rozvojem sídel, jež měla vliv na celou strukturu krajiny. Tak jako na mnoha jiných místech v povodí řeky Svitavy, i zde došlo k rozvoji průmyslu, který využíval zdejší vodní zdroje. Příkladem může být obec Radiměř, kde od 18. století fungoval unikátní systém až 17 vodních mlýnů, které byly mimo jiné využívány jako plátenické valchy [8]. Centrem průmyslu je samozřejmě město Svitava, jež bylo již od 16. století díky své poloze na křižovatce obchodních cest významným sídlem. Velký rozvoj zažilo město od druhé poloviny 19. století díky výstavbě železnice (1849). Ve městě vzniklo více než 100 textilních továren [18]. Postupně se struktura průmyslu měnila, nicméně význam města zůstával nezměněn. Velký rozmach Svitav následoval v období po 2. světové válce. Ovlivněn byl nejprve odsunem hojného německého obyvatelstva a následným přílivem nových obyvatel z celého Československa [18]. Rozvoj města je patrný i na obr. 2. Textilní průmysl a nárůst obyvatel měl velký vliv na zdejší vodní zdroje, a to zvláště během 20. století. Od konce 20. století tento trend stagnuje či klesá v důsledku postupného úbytku obyvatelstva od devadesátých let 20. století (obr. 6), obecného snižování spotřeby vody a především ukončení činnosti mnoha velkých průmyslových podniků ve Svitavách, které mělo velký vliv i na jakost vody v samotné řece Svitavě, viz [9].

Specifikem celého území je vodní zdroj v Březové nad Svitavou, který byl již několikrát zmíněn. Tento vodní zdroj odvádí poměrně velkou část zdejších zásob podzemních vod do cca 60 km vzdáleného Brna a dalších sídel. Byl budován ve dvou fázích (1911–1913 a 1970–1975) pro potřeby rychle rostoucího

města [9, 16]. Vliv tohoto vodního zdroje byl evidentní u řeky Svitavy, u níž se výrazně snížil průtok, ale také se zhoršila kvalita vody, což bylo způsobeno právě menšími průtoky a zároveň intenzivními průmyslovými aktivitami ve městě Svitavy [19]. Samotný vodní zdroj měl vliv i na místní využití krajiny, kdy došlo k přesídlení obyvatel a demolici obce Muzlov, včetně následného zalesnění či zatravnění celého ochranného pásma I. stupně [9].

V posledních dekádách je možno se v krajině setkat s fenoménem zvyšování počtu ploch s trvalým travním porostem, malých vodních nádrží, mokřadů atd. Tento trend je spojen se snahou zlepšit retenční schopnost krajiny, posílit její celkovou odolnost vůči negativním projevům klimatické změny a podpořit její diverzitu s ohledem na ekosystémové služby a biodiverzitu [20, 21]. Tyto změny krajinné struktury jsou spojeny s realizacemi přírodně blízkých opatření [4]. S ohledem na převážně kladnou odezvu těchto opatření v krajině a jejich efektivnost (jak uvádějí např. Dzuráková [22] a Beran [23]) lze počítat s jejich vzrůstajícím počtem, a tudíž i s dalším nárůstem kategorií *trvalý travní porost*, *vodní plocha* i *les* většinou na úkor zemědělských ploch, kde se tato opatření nejčastěji aplikují.

ZÁVĚR

Změny ve využití krajiny mají vždy vliv na přírodní poměry v daném území, ať už pozitivní, či negativní. V rámci výzkumného území hydrogeologického rajonu 4232 Ústecká synklinála v povodí Svitavy došlo k postupným změnám v krajinné skladbě, které jsou zde podmíněny zejména rozvojem společnosti, sídel a průmyslu. I přesto, že v průběhu posledních 200 let došlo k nárůstu zastoupení lesů a trvalých travních porostů, což by se dalo označit za pozitivní změnu, byly zde pozorovány i negativní dopady spojené především s rozvojem průmyslu (vliv na jakost povrchových vod) a růstem sídel, jež obecně vyvíjely tlak na zdejší zdroje vody. Specifikem území je významný zdroj podzemních vod v Březové nad Svitavou, který odvádí obrovské množství vody daleko mimo výzkumné území, a to již více než 100 let. S ohledem na změnu klimatu, jež se projevuje též v rámci výzkumného území, je důležité sledovat změny v krajině i budoucí rozvoj území a podporovat změny krajiny s předpokládaným pozitivním dopadem, jako je např. zvýšení retenční schopnosti krajiny budováním menších nádrží, mokřadů, lesních porostů atd.

Poděkování

Príspevek vznikl v rámci výzkumného projektu SS06010044 „Definování a hodnocení ploch rozhodných pro dotaci strategických zdrojů podzemních vod s ohledem na jejich ochranu a stabilizaci“ programu Prostředí pro život, financovaného Technologickou agenturou ČR.

Literatura

- [1] FARINA, A. *Principles and Methods in Landscape Ecology*. Netherlands: Springer, 2006. 229 s.
- [2] KUPKA, J. *Krajiny kulturní a historické: vliv hodnot kulturní a historické charakteristiky na krajinný ráz naší krajiny*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. 179 s.
- [3] BENDER, O., BOEHMER, H. J., JENS, D., SCHUMACHER, K. P. Using GIS to Analyse Long-Term Cultural Landscape in Southern Germany. *Landscape and Urban Planning*. 2010, 70(1–2), s. 111–125.
- [4] *Katalog přírodně blízkých opatření pro zadržení vody v krajině*. Praha: VÚV TGM, MŽP, 2018. 110 s.
- [5] JELEČEK, L. Land Use Changes in the Czech Republic 1845–1995: Main Trends and Some Broader Consequences. *Geografie*. 1995, 100, s. 276–291.
- [6] LIPSKÝ, Z. *Sledování změn v kulturní krajině*. Kostelec nad Černými lesy: Lesnické práce, 1999. 71 s.
- [7] BIČÍK, I., JELEČEK, L., ŠTĚPÁNEK, V. Land-Use Changes and their Social Driving Forces in Czechia in the 19th and 20th Centuries. *Land Use Policy*. 2001, 18, s. 65–73.

[8] CALETKA, M., HAVLÍČEK, M., HONEK, D., SVITÁK, Z., VYSKOČIL, A. Mlýny v Radiměři. Příklad ojedinělé vodohospodářské soustavy. *Historická geografie*. 2020, 46 (2), s. 239–262.

[9] HONEK, D., FOREJTNIKOVÁ, M., ROZKOŠNÝ, M., VYSKOČIL, A. Historical Water Supply System of the City of Brno – Social-Environmental Consequences. *Water*. 2021, 13, s. 1–22.

[10] ČGS. *Webový portál České geologické služby – Rebilance zásob podzemních vod*. 2022 [on-line] [vid. 20. červenec 2023]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/rebilance>

[11] HERČÍK, F., HERMANN, Z., VALEČKA, J. *Hydrogeologie české křídové pánve*. Praha: Český geologický ústav, 1999. 115 s.

[12] KRÁSA, J. a kol. *Podzemní vody České republiky*. Praha: Česká geologická služba, 2012. 1 114 s.

[13] CAJTHAML, J., KREJČÍ, J. Využití starých map pro výzkum krajiny. In: *Sborník z 15. ročníku mezinárodního sympozia GIS Ostrava 2008*. Ostrava: TANGER spol. s r. o., 2008. ISBN 978-80-254-1340-1.

[14] CHIANG, Y., LEYK, S., KNOBLOCK, C. A. A Survey of Digital Map Processing Techniques. *ACM Computing Surveys*. 2014, 47(1), s. 1–44.

[15] VALENT, P., RONČÁK, R., MALIARIKOVÁ, M., BEHAN, Š. Utilization of Historical Maps in the Land Use Change Impact Studies: A Case Study from Myjava River Basin. *Slovak Journal of Civil Engineering*. 2016, 24(4), s. 15–26.

[16] VIŠČOR, P. 100 let I. březovského vodovodu. *SOVAK*. 2013, 5, s. 129–132.

[17] DZURÁKOVÁ M., VYSKOČIL, A., HAVLÍČEK, M., PAVELKOVÁ, R. *Historické vodohospodářské objekty v povodí Svitavy*. Brno: VÚV TGM, v. v. i., 2020. 95 s.

[18] SVITAVY. *Webový portál Svitavy a vy – Historie*, 2023 [on-line] [vid. 14. červenec 2023]. Dostupné z: <https://www.svitavy.cz/o-meste/informace/historie>

[19] KRČMÁŘ, A., KŘÍŽ, H. Vliv geografických podmínek na využívání podzemní vody v jímacím území u Březové nad Svitavou. *Studia Geographica*. 1987, 89, s. 1–231.

[20] MŽP. *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2015. 130 s.

[21] MŽP. *Politika ochrany klimatu v České republice*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2017. 123 s.

[22] DZURÁKOVÁ, M., ZÁRUBOVÁ, K., UHROVÁ, J., ROZKOŠNÝ, M., SMELÍK, L., NĚMEJCOVÁ, D., ZAHŘÁDKOVÁ, S., ŠTĚPÁNKOVÁ, P., MACKŮ, J. Potenciál aplikace přírodně blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2017, 59(4), s. 25–32.

[23] BERAN, A., NĚMEJCOVÁ, D., STRAKA, M., KRÁSA, J., DAVID, V. *Monitoring na povodí pro vyhodnocení vlivu realizací přírodně blízkých opatření*. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2018, 60(5), s. 46–51. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2018/10/monitoring-na-povodi-pro-vyhodnoceni-vlivu-realizaci-prirode-blizkych-opatreni/>

Autoři

Mgr. David Honek, Ph.D.¹

✉ david.honek@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-6957-051X

Ing. Milena Forejtníková¹

✉ milena.forejtnikova@vuv.cz

Mgr. Zdeněk Sedláček¹

✉ zdenek.sedlacek@vuv.cz

RNDr. Jitka Novotná²

✉ jitka.novotna@geology.cz

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Brno

²Česká geologická služba, Brno

Príspevek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.09.002

DEVELOPMENT OF LAND USE AND IMPACT ON WATER RESOURCES OF THE HYDROGEOLOGICAL UNIT 4232 ÚSTECKÁ SYNCLINE IN THE SVITAVA RIVER BASIN

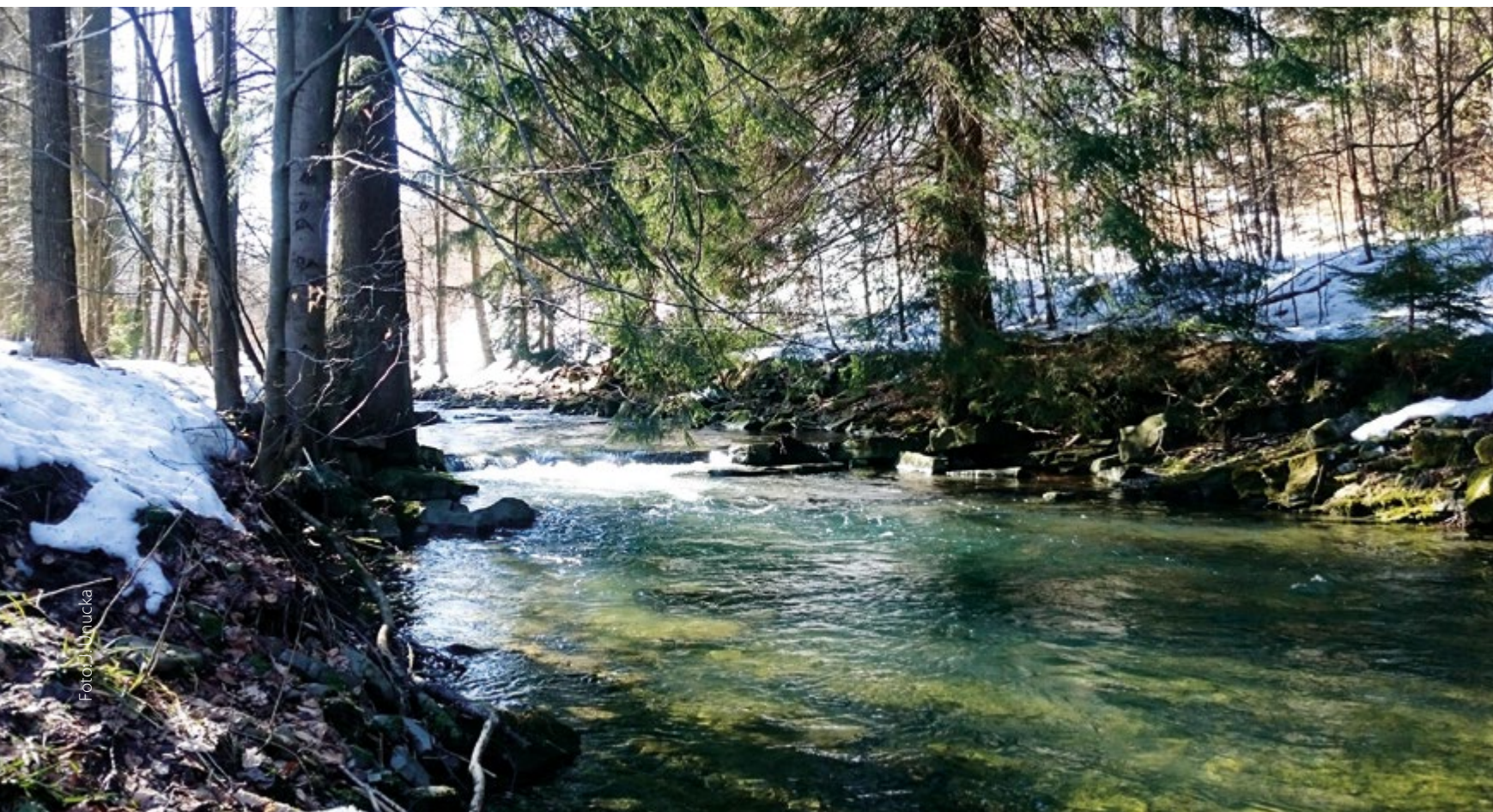
HONEK, D.¹; FOREJTNÍKOVÁ, M.¹; SEDLÁČEK, Z.¹; NOVOTNÁ, J.²

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, Brno

²Czech Geological Survey, Brno

Keywords: land use – Ústecká Syncline in the Svitava river basin – groundwater

The research area of the hydrogeological unit 4232 Ústecká Syncline in the Svitava river basin (Ústecká synklinála v povodí Svitavy) represents an important area of underground drinking water sources. These resources belong to the highest quality and most abundant resources in the entire Czech Republic. The development of land use is closely connected with the development of settlements and industry (textile) in the research area, which in their importance far exceeded the borders of the region. Gradual development created pressure on natural resources, especially on water sources, when the demands on the quantity of useful and drinking water increased, but also the quality of water was affected by industrial and agricultural pollution. Despite the observed decrease in population in the last twenty to thirty years, the expansion of settlements can be observed, mainly due to new construction on agricultural land, which is slightly compensated by the expansion of permanent grasslands and forests. With regard to current and future climate changes, it can be considered as a positive phenomenon even along with a slight increase in water bodies.



Využití effect-based metod k hodnocení stavu povrchových vod

MARTIN HORA, ALENA KRISTOVÁ, PŘEMYSL SOLDÁN

Klíčová slova: effect based metody – povrchové vody – ekotoxikologie

ABSTRAKT

Tento článek se zabývá využitím effect-based metod (EBM) ke kvalitativnímu hodnocení stavu povrchových vod v kontextu směrnice 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky a připravované novely směrnice 2008/105/ES, o normách environmentální kvality. Současně prováděný monitoring prioritních látek a specifických znečišťujících látek nezachytí veškeré zdroje znečištění, které mohou negativně ovlivňovat jakost povrchových vod. Stejně tak nynější praxe neumožňuje komplexní hodnocení směsí, včetně emergentních polutantů, metabolitů a transformačních produktů látek na kvalitu vod. Effect-based metody využitím ekotoxikologického hodnocení znečištění vod mohou zachytit celkový biologický vliv látek v tomto znečištění obsažených (včetně synergických účinků). Poskytují tak důležitou doplňující informaci k výsledkům hodnocení stavu útvarů povrchových vod.

ÚVOD

Rámcová směrnice o vodě 2000/60/EC vyžaduje od členských států Evropské unie (EU) integrovaný přístup k monitoringu a hodnocení kvality povrchových vod. V ČR monitoring probíhá v souladu s požadavkem Vyhlášky 98/2011 [1] ve znění §21 vodního zákona [2] a normami kvality životního prostředí v rámci celé EU. Současný monitoring chemického stavu vod však neumožňuje z technických a ekonomických důvodů analyzovat, detekovat a kvantifikovat všechny látky přítomné ve vodním prostředí [3, 4]. Je předně zaměřen na sledování vybraných regulovaných chemických látek – prioritních, prioritních nebezpečných a dalších látek znečišťujících, u nichž je známo, jaké nebezpečí pro vodní prostředí představují. Tyto informace však nevypovídají nic o jejich skutečných souhrnných účincích ve vodním prostředí. Do monitoringu je navíc nutné zahrnout i působení tzv. emergentních mikropolutantů. Mezi ně řadíme léčiva a kosmetické přípravky, biocidy, polární pesticidy, endokrinní disruptory, jejich metabolity a transformační produkty. Navíc, látky přítomné ve vodním prostředí vytvářejí směsi, jejichž výsledný účinek nelze na základě samotné chemické analýzy předvídat.

Hlavním cílem projektu „Využití effect-based metod k hodnocení stavu povrchových vod v kontextu Rámcové směrnice o vodě“ je vytvoření metodiky pro hodnocení znečištění vod pomocí effect-based metod (EBM), jejichž použití by bylo vhodné začlenit do Rámcové směrnice o vodě (Water Framework Directive, zkratka WFD) 2000/60/ES [5]. Tento typ monitoringu je užitečným ekotoxikologickým nástrojem pro hodnocení znečištění vod sloužícím jako screeningová metoda, dovolující cílené zaměření dalších druhů monitoringu a v návaznosti na to nalezení původu znečištění a nastavení opatření ke zlepšení stavu vod. Touto problematikou se podrobně zabývají např. dokumenty

US EPA [6–8]. Zároveň je nyní na úrovni členských států projednávána novela směrnice 2008/105/ES, která v článku 8a zavádí novou povinnost monitorovat po dobu dvou let přítomnost estrogenních látek ve vodních útvech pomocí EBM, kde budou v případě pozitivních nálezů konvenčními analytickými metodami monitorovány hormony: 7-beta-estradiol (E2), estron (E1) a alfa-etinyl-estradiol (EE2).

EBM jsou analytické metody využívající celkové odpovědi organismu (*in vivo*) nebo buněčné odpovědi (*in vitro*) k detekci a kvantifikaci působení různých skupin chemikálií a k určení relevantních toxikologických endpointů [4]. Začlenění těchto metod do současného monitoringu by tedy umožnilo hodnotit účinky komplexních směsí polutantů vyskytujících se v prostředí podle mechanismu jejich účinku [5, 7–9].

EBM mohou pomoci prioritizovat problematické skupiny látek, což je využitelné pro návrhy cílených opatření ke snížení jejich vnosu a ke zlepšení stavu vod. Dalším důležitým aspektem jejich použití je potenciál snížit zátěž spojenou s monitoringem stále rostoucího seznamu prioritních a znečišťujících látek. EBM jsou vhodné k propojení monitoringu chemického a ekologického stavu vodního prostředí a mohou napomoci ke stanovení příčin nevyhovujícího ekologického stavu vod a k identifikaci dalších látek, jež mohou být hrozbou pro vodní ekosystémy a lidské zdraví. Použití EBM umožňuje cenově efektivní analýzu rizik, kdy absence efektu implikuje absenci toxikologického rizika.

Použité metody byly vybrány s ohledem na pokrytí různých mechanismů účinku toxických látek na základě potřebné citlivosti. Podkladem byla technická zpráva EU [11] a další zdroje [10, 12]. S ohledem na malý objem vzorku po provedení nutné předúpravy byly zvoleny testy ekotoxicity na zástupcích dvou trofických vrstev vodních ekosystémů – na destruentech (bakterie *Aliivibrio fischeri*) a primárních producentech (zelené řasy *Raphidocelis subcapitata*). Mutagenita byla stanovována pomocí Amesova fluktuálního testu [12–15]. V posledních letech se v souvislosti s kvalitou vod pozornost zaměřuje na estrogenu a látky s estrogenním účinkem. Ke stanovení hladiny estrogenu a látek s estrogenním účinkem, která je na úrovni EU doporučována k monitoringu [12], byl použit YES test (Yeast Estrogen Screen) [16, 17].

METODIKA

Výběr profilů a plán vzorkování

K hodnocení stavu povrchových vod pomocí EBM bylo na základě dat ČHMÚ a konzultací se státními podniky Povodí vytipováno 11 lokalit ve třech povodích (povodí Odry, Moravy a Labe). Devět lokalit vykazuje dlouhodobě špatnou jakost vod, která je ve většině případů způsobena nadlimitními koncentracemi fosforu a dusíku, ale i zvýšeným výskytem některých prioritních a dalších znečišťujících látek a kovů (dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. [17]). Dvě lokality byly

vybrány jako referenční s udávanou dlouhodobě dobrou jakostí vod. Zvolené profily jsou uvedeny v tab. 1, mapa lokalit je znázorněna na obr. 1.

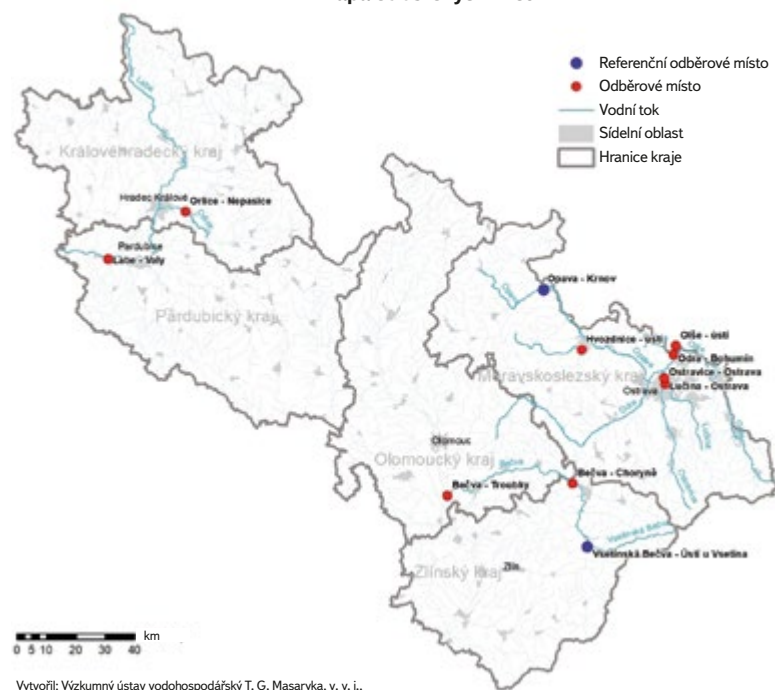
Tab. 1. Přehled profilů

Tab. 1. Water profiles overview

Povodí Odry	Povodí Moravy	Povodí Labe
CHMI_3585 Hvozdnice – ústí	CHMI_3670 Bečva – Troubky	CHMI_0101 Labe – Valy
CHMI_1154 Lučina – Slezská Ostrava	CHMI_1171 Bečva – Choryně	CHMI_1026 Orlice – Nepasice
CHMI_1163 Odra – Bohumín	BPPVB009 Vsetínská Bečva – ústí *	
CHMI_3791 Olše – ústí		
CHMI_1152 Ostravice – Ostrava		
CHMI_1141 Opava – Krnov*		

*Referenční profily s dobrou jakostí vod

Mapa odběrových míst



Obr. 1. Mapa sledovaných lokalit
Fig. 1. Map of monitored locations

V roce 2021 a 2022 proběhlo celkem šest vzorkovacích kampaní (tab. 2).

Tab. 2. Přehled termínů odběrů na vybraných sledovaných profilech

Tab. 2. Overview of abstraction dates in selected monitored profiles

Profil	Odběry 2021		
	1. kampaň	2. kampaň	3. kampaň
Hvozdnice – ústí	30. 06. 2021	31. 08. 2021	05. 10. 2021
Opava – Krnov	15. 07. 2021	19. 08. 2021	07. 10. 2021
Lučina – Slezská Ostrava	29. 07. 2021	31. 08. 2021	14. 10. 2021
Ostravice – Ostrava	01. 07. 2021	31. 08. 2021	14. 10. 2021
Olše – ústí	07. 07. 2021	04. 08. 2021	06. 10. 2021
Odra – Bohumín	07. 07. 2021	04. 08. 2021	06. 10. 2021
Bečva – Choryně	21. 07. 2021	24. 08. 2021	25. 10. 2021
Vsetínská Bečva – ústí	22. 07. 2021	25. 08. 2021	26. 10. 2021
Bečva – Troubky	21. 07. 2021	24. 08. 2021	25. 10. 2021
Orlice – Nepasice	29. 06. 2021	x	04. 10. 2021
Labe – Valy	29. 06. 2021	x	04. 10. 2021

Profil	Odběry 2022		
	1. kampaň	2. kampaň	3. kampaň
Hvozdnice – ústí	04. 04. 2022	27. 06. 2022	25. 10. 2022
Opava – Krnov	13. 04. 2022	18. 07. 2022	13. 10. 2022
Lučina – Slezská Ostrava	29. 03. 2022	29. 06. 2022	03. 10. 2022
Ostravice – Ostrava	29. 03. 2022	29. 06. 2022	03. 10. 2022
Olše – ústí	06. 04. 2022	13. 07. 2022	05. 10. 2022
Odra – Bohumín	06. 04. 2022	13. 07. 2022	05. 10. 2022
Bečva – Choryně	23. 03. 2022	26. 07. 2022	24. 10. 2022
Vsetínská Bečva – ústí	25. 04. 2022	25. 07. 2022	24. 10. 2022
Bečva – Troubky	25. 04. 2022	26. 07. 2022	24. 10. 2022
Orlice – Nepasice	05. 04. 2022	11. 07. 2022	04. 10. 2022
Labe – Valy	05. 04. 2022	08. 08. 2022*	04. 10. 2022

x vzorek nebyl odebrán

*Labe – Valy, znehodnocení červencového odběru vzorku 11. července 2022, odběr zopakován 8. srpna 2022

POUŽITÉ METODY

Předúprava vzorků

Předúprava vzorků spočívá v zakoncentrování znečištění v nich obsaženého. Tento postup je zvolen na základě předpokladu, že zvýšení koncentrace působících látek umožní modelovat jejich možný chronický účinek při výrazně kratší době expozice, tedy pomocí testů akutní toxicity (účinek je ovlivněn nepřímou závislostí koncentrace na době expozice).

Zakoncentrování odebraných vzorků bylo provedeno dle TNV 75 7231 [18]. K 20 litrům vzorku povrchové vody byly přidány XAD pryskyřice a vzorek promíchán po dobu 24 hodin. Poté byly adsorbované látky vymyty rozpouštědlem

a převedeny do vodného 1 000x zakoncentrovaného vzorku. Ten byl následně použit pro hodnocení pomocí vybraných effect-based metod:

- Test toxicity s destruenty: Microtox test s luminiscenční bakterií *Aliivibrio fischeri* dle normy ČSN EN ISO 11348 [15].
- Test toxicity s producenty: miniaturizovaný test inhibice růstu zelených řas dle ČSN EN ISO 8692 [16].
- Endokrinní disrupce – hodnocení estrogeny pomocí komerčního kitu využívající kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* (S-YESMD New Diagnostic).
- Genotoxicita – stanovení přímé mutagenity pomocí Amesova testu s bakteriální kulturou *Salmonella typhimurium* (kmeny TA 98 a TA 100) dle ISO 11350:2012 [21].

Při provádění testů byla v některých případech zaznamenána zvýšená toxicita slepých vzorků. Protože byl vyloučen vliv rozpouštědla, předpokládali jsme vliv zbytkové toxicity po kondicionaci polymerních pryskyřic (XAD rezinů). XAD reziny jsou komerčně dodávány a uchovávány v nádobách vlhké s přísadkou chloridu sodného a uhličitanu sodného, aby bylo zabráněno nežádoucímu mikrobiálnímu nárůstu. Kromě toho mohou být na reziny z procesu výroby nasorbovány další nežádoucí látky, které mohou negativně ovlivnit výsledky samotných testů ekotoxicity. Původní postup pročištění methanolem a následný oplach demineralizovanou vodou byl na základě dat získaných rešerší upraven. Reziny byly pročišťovány a kondicionovány v soxhletových extraktorech po dobu 8 hodin methanolem a následně 8 hodin acetonem [22]. Jde totiž o rozpouštědla, která jsou v dalších krocích testování používána i při samotné extrakci sorbovaných látek a jsou také doporučována výrobcí XAD rezinů (např. Supelco, Sigma Aldrich).

Kromě změny kondicionace XAD pryskyřic byla provedena i změna oproti TNV 75 7231 v provedení extrakce. Zmíněná norma doporučuje k extrakci aceton. Jako druhé činidlo byl přidán methanol, který je polárnějším rozpouštědlem ve srovnání s acetonem a je vhodný např. k extrakci široké řady pesticidů a farmak, kdy by mělo dojít k rozšíření extrahovaných látek o zmíněné látky s vyšší polaritou. Změny v extrakčních postupech zahrnovaly promíchávání rezinů se sorbovanými látkami v koloně po dobu 30 minut s methanolem. Methanolvý extrakt byl z kolon slit do předpřipravených nádob. Poté byl k rezinům do kolon přidán postupně, ve dvou následujících krocích, na dobu dvakrát 15 minut aceton. První acetonový extrakt obsahoval i malé množství methanolu z prvního kroku extrakce, proto byly po 15 minutách sorbované látky na rezinech extrahovány opětovně čistým acetonem. Spojením dvou acetonových extraktů byl vytvořen výsledný acetonový extrakt.

Takto vzniklé methanolvé a acetonové extrakty byly nejprve zahuštěny do objemu 5 ml na vakuové rotační odparce Heidolph (při teplotě vodní lázně 50 °C, při tlaku 300 mbar pro methanolvý extrakt a 550 mbar pro acetonový extrakt) [22–25]. Do konečného objemu 100 µl byly extrakty dofoukány dusíkem. Zahuštěný acetonový i methanolvý extrakt byl doplněn do objemu 10 ml demineralizovanou vodou. V posledním kroku byly tyto vzorky smíchány dohromady a vznikl 1 000x zakoncentrovaný vodný vzorek o objemu 20 ml určený pro effect-based analýzy.

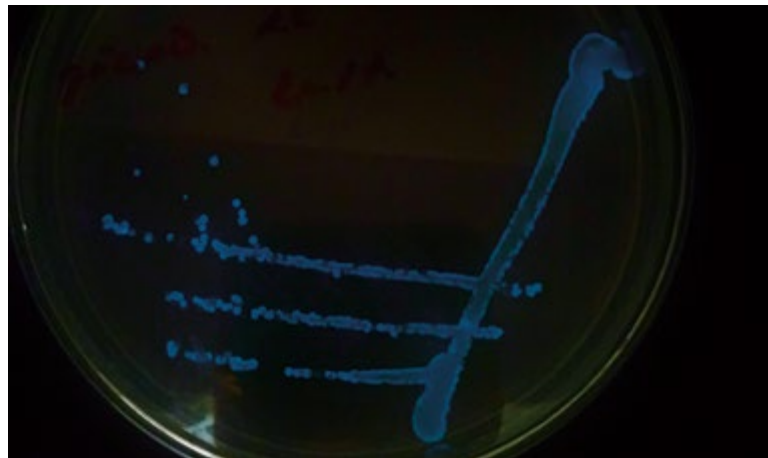
Stanovení estrogenů

Stanovení vybraných estrogenů (E2 – 17β-estradiol, EE2 – 17α-ethinylestradiol, E1 – estron) metodou LC/MS bylo provedeno u 15 vybraných vzorků zakoncentrovaných povrchových vod z roku 2021 na kapalinovém chromatografu v laboratořích pražského oddělení hydrochemie VÚV TGM.

Test toxicity – luminiscenční test s *A. fischeri*

Stanovení inhibičního účinku vzorků na světelnou emisi mořských luminiscenčních bakterií *Aliivibrio fischeri* bylo provedeno dle normy ČSN EN ISO 11348-2. Jde o mořské aerobní, heterotrofní, gram-negativní bakterie schopné bioluminiscence. Emitace světla vzniká katalytickými účinky enzymu luciferázy na nízkomolekulární substrát luciferin. Vlivem toxických látek obsažených v testovaném

vzorku dochází ke snížení luminiscence emitované těmito bakteriemi. Tato snížená hodnota je zaznamenávána a porovnána s kontrolou (obr. 2 a 3). Výsledky analýz bioluminiscenčního testu jsou obsaženy v tab. 2 v hodnotách EC₅₀ (ml/l). Tyto hodnoty vyjadřují koncentraci, u níž došlo k 50% poklesu luminiscence oproti kontrole.



Obr. 2. Ilustrativní fotografie luminiscenčních bakterií *A. fischeri* kultivovaných na Petriho misce

Fig. 2. Example of luminescent bacteria *A. fischeri* cultured on a Petri dish

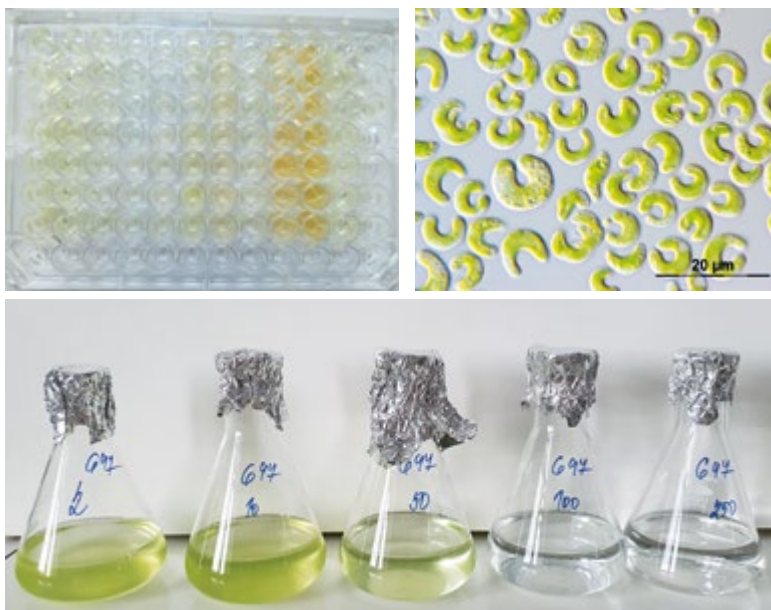


Obr. 3. Průběh měření změn intenzity luminiscence během testu

Fig. 3. Measurement of luminescence intensity changes during the test

Test toxicity – miniaturizovaný řasový test s *R. subcapitata*

Test inhibice růstu sladkovodních zelených řas vychází z normy ČSN EN ISO 8692 (obr. 4). Z důvodu omezeného množství získaných zakoncentrovaných vzorků byla použita miniaturizovaná metoda řasového testu. Miniaturizovaná verze testu neprobíhá v Erlenmeyerových baňkách, ale na 96jamkových mikrotitračních destičkách. Základní roztoky a podmínky provedení testů zůstávají shodné s již zmíněnou normou. Podstata zkoušky spočívá v kultivaci řasové kultury *R. subcapitata* ve vzorcích s přidavkem živného média, nezbytného pro růst řas. Kultivace probíhá v testovací místnosti se stálou teplotou 22 °C, při intenzitě světla pohybující se nad 6 000 lx. Po uplynutí 72 hodin je porovnána specifická růstová rychlost zkoumaných vzorků s kontrolním vzorkem. Výsledné hodnoty analyzovaných vzorků jsou vyjádřeny v % inhibice (popř. stimulace) růstu řas ve srovnání s kontrolním vzorkem.

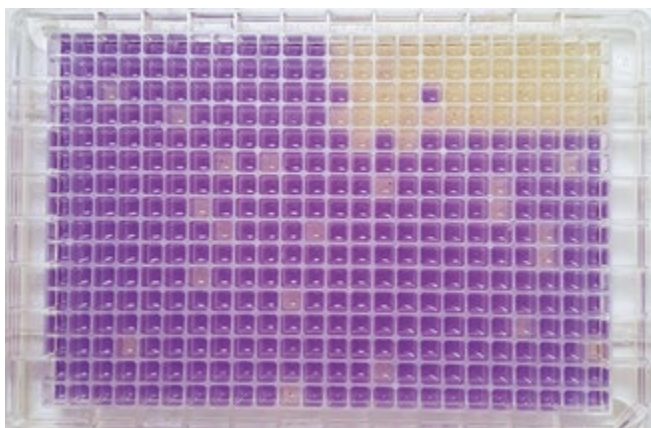


Obr. 4. Ukázka miniaturizovaného řasového testu (vlevo); mikrořasa *R. subcapitata* (vpravo); dole standardní verze řasového testu probíhající v Erlenmeyerových baňkách
Fig. 4. Example of miniaturized algal test (left); microalgae *R. subcapitata* (right); standard version of the algal test running in Erlenmeyer flasks (bottom)

Test genotoxicity – Amesův fluktuální test

Amesův fluktuální test (ISO 11350) byl použit pro detekci přítomnosti látek s mutagenním účinkem. Tento test prostřednictvím dvou geneticky modifikovaných bakteriálních kmenů *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serotyp *Typhimurium* TA 98 a TA 100 sleduje výskyt přímých a nepřímých mutagenů ve vodném prostředí. Použitím obou zmíněných kmenů TA 98 a TA 100 je umožněno ve vzorcích detekovat látky, které indukují bodové mutace (substituce bází a posunové mutace) v genech kódujících enzymy, které se účastní biosyntézy aminokyseliny histidinu. Dvojnásobné zvýšení počtu revertant je považováno za signifikantní (obr. 5).

U Amesova testu bývá doporučováno i hodnocení cytotoxických účinků vzorků na bakteriální kmeny salmonel, založené na hodnocení růstové rychlosti bakteriálních kmenů v porovnání s kontrolními vzorky. Zjišťování cytotoxicity je doporučováno normou ISO 11350 pouze pro kmen salmonel TA 98. U kmene TA 100 může z důvodu nižší růstové rychlosti dojít ke zkreslení výsledků. V důsledku výrazného zabarvení některých analyzovaných vzorků, které zkreslovaly vyhodnocení cytotoxicity, bude potřeba provést optimalizaci vyhodnocení.



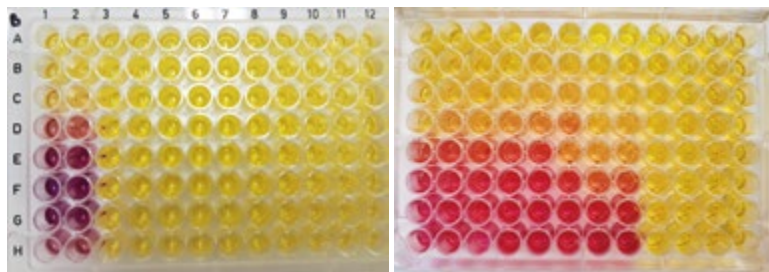
Obr. 5. Amesův fluktuální test na mikrotitrační destičce
Fig. 5. Ames fluctuation test on a microtitre plate

Amesův test s metabolickou aktivací (S9+)

V roce 2022 bylo přistoupeno k otestování vzorků i ve variantě Amesova testu s metabolickou aktivací S9⁺, sledující nepřímé mutageny, které vyžadují metabolickou aktivaci jaterními enzymy, aby se projevil jejich mutagenní účinek. V této variantě testu byly testovány vzorky o koncentraci 500 ml/l.

Test na stanovení estrogenního potenciálu – Yeast Estrogen Screen (YES test)

Metoda YES testu je zaměřena na stanovení estrogenního potenciálu vodných vzorků. Postup vychází z normy ISO 19040-1:2018 [26]. Tento kolorimetrický YES test využívá rekombinantních kvasinkových buněk *Saccharomyces cerevisiae* geneticky upravených tak, aby byly schopny exprese lidského estrogenního receptoru alfa (hER). V závislosti na přítomnosti estrogenních látek ve vzorku dochází ke změně barvy indikátoru (CPRG) tak, že se látka naváže na estrogenní receptor. Tím iniciuje expresi reportérového genu a syntézu β -galaktosidázy, která je buňkou uvolněna do média, v níž katalyzuje přeměnu žlutého substrátu CPRG na červený (obr. 6). Intenzita červené barvy souvisí s mírou estrogenní aktivity vzorku a vyhodnocuje se spektrofotometricky při OD₅₇₀ nm. Naměřená optická hustota (OD) přímo koreluje s množstvím vyloučené β -galaktosidázy, a tudíž aktivity testované látky, která se navázala na receptor.



Obr. 6. YES test

Fig. 6. YES test

VÝSLEDKY

Stanovení estrogenů

Měření probíhalo na vzorcích odebraných během tří kampaní v roce 2021 ve zvolených profilech. Ve vzorcích se nepodařilo stanovit žádný z estrogenů, jejich hodnoty se pohybovaly pod mezí stanovitelnosti.

Test toxicity – luminiscenční test s *A. fischeri*

Z výsledků v tab. 3a a 3b je patrné, že nejnižší hodnoty EC₅₀ byly v obou letech 2021 a 2022 zaznamenány během 1. vzorkovací kampaně, kdy se pohybovaly v rozmezí 15–119 ml/l. Vzorky odebrané v 2. vzorkovací kampani měly rozptýlené hodnoty EC₅₀ 40–378 ml/l, přičemž hodnoty v roce 2021 byly oproti roku 2022 mírně zvýšené. Ve 3. vzorkovací kampani se hodnoty EC₅₀ pohybovaly od 43 až po 434 ml/l, přičemž hodnoty v roce 2021 byly oproti roku 2022 opět mírně zvýšené.

Obecně lze konstatovat, že téměř všechny vzorky během 1. vzorkovací kampaně měly větší vliv na inhibici luminiscence oproti vzorkům z 2. a 3. vzorkovací kampaně. Žádná ze zjištěných hodnot EC₅₀ nebyla nižší než 10 ml/l, tj. než je hodnota poukazující na významnou toxicitu vzorků.

Zjištěné hodnoty EC₅₀ se u vzorků z některých profilů v jednotlivých kampaních výrazně lišily. Např. hodnota EC₅₀ vzorku z profilu Opava – Krnov v roce 2022 z 1. kampaně patřila mezi nejnižší s hodnotou EC₅₀ 18 ml/l. Oproti tomu vzorky odebrané z tohoto profilu během letní a podzimní kampaně patřily mezi nejméně toxické. Naopak nejmenší rozptýlené hodnoty EC₅₀ byl zjištěn u vzorků odebraných v roce 2022 na profilu Labe – Valy. Vzorky z tohoto profilu vykazovaly téměř totožné hodnoty EC₅₀ ve všech třech kampaních.

Tab. 3a. Výsledky luminiscenčního testu s *A. fischeri*, hodnoty EC₅₀ po 30 min v ml/l (rok 2021)

Tab. 3a. Results of the luminescent test with *A. fischeri*, EC₅₀ values after 30 min in ml/l (2021)

Profil	EC ₅₀ [ml/l]		
	1. kampaň	2. kampaň	3. kampaň
Hvozdnice – ústí	25 CHT	115	125
Opava – Krnov	63 CHT	91	279
Lučina – Slezská Ostrava	119	59 CHT	88
Ostravice – Ostrava	23 CHT	84	119
Olše – ústí	51 CHT	40 CHT	60 CHT
Odra – Bohumín	59 CHT	48 CHT	86
Bečva – Choryně	40 CHT	108	306
Vsetínská Bečva – Ústí	55 CHT	378	434
Bečva – Troubky	42 CHT	263	344
Orlice – Nepasice	17 CHT	x	73
Labe – Valy	17 CHT	x	64

x vzorek nebyl odebrán
CHT – chronická toxicita

Tab. 3b. Výsledky luminiscenčního testu s *A. fischeri*, hodnoty EC₅₀ po 30 min v ml/l (rok 2022)

Tab. 3b. Results of the luminescent test with *A. fischeri*, EC₅₀ values after 30 min in ml/l (2022)

Profil	EC ₅₀ [ml/l]		
	1. kampaň	2. kampaň	3. kampaň
Hvozdnice – ústí	24 CHT	144	55 CHT
Opava – Krnov	18 CHT	160	224
Lučina – Slezská Ostrava	52 CHT	34 CHT	72
Ostravice – Ostrava	32 CHT	61 CHT	60 CHT
Olše – ústí	15 CHT	114	183
Odra – Bohumín	27 CHT	154	137
Bečva – Choryně	*	88	50 CHT
Vsetínská Bečva – Ústí	54 CHT	341	43 CHT
Bečva – Troubky	15 CHT	96	91
Orlice – Nepasice	64	82	162
Labe – Valy	65	71	70

* vzorek zpracován odlišně od ostatních vzorků
(odlišný způsob kondicionace rezinů). Hodnota EC₅₀ zjištěna 200 ml/l.
CHT – chronická toxicita

Test toxicity – miniaturizovaný řasový test s *R. subcapitata*

V tab. 4a a 4b jsou patrné výsledky analyzovaných vzorků povrchových vod odebraných v letech 2021 a 2022. Je zřejmé, že 4násobné ředění (c 250 ml/l) vzorků v některých případech působilo 100% inhibici růstu řas. S dalším ředěním toxicita postupně klesala. Při 100násobném zředění, tj. koncentraci 10 ml/l, vzorky působily toxicky jen výjimečně.

V 1. vzorkovací kampani roku 2021 vykazoval zvýšenou toxicitu vzorek v profilu Hvozdnice – ústí, ve 2. pak vzorek v profilu Odra – Bohumín. Ve 3. vzorkovací kampani nebyl zaznamenán významný toxický vliv žádného ze vzorků. Obdobně v 1. vzorkovací kampani roku 2022 vykazoval zvýšenou toxicitu ve výše uvedené koncentraci pouze vzorek z profilu Odra – Bohumín. Ve 2. vzorkovací kampani byla v této koncentraci zjištěna vysoká toxicita u vzorku z profilu Bečva – Troubky. Ve 3. vzorkovací kampani nebyl zaznamenán významný toxický vliv žádného ze vzorků. V letní a podzimní kampani také docházelo v některých zkoumaných vzorcích ke stimulaci růstu řas vlivem látek v nich obsažených.

Přestože se v některých koncentracích jeví účinek inhibice řas významný, je potřeba si uvědomit, že byly analyzovány 1 000x zkoncentrované vzorky povrchových vod. Tyto vzorky byly následně v testech ředěny, aby bylo možné zjistit, které koncentrace mají ještě významný inhibiční vliv na řasový růst a které naopak minimální.

Tab. 4a. Výsledky řasového testu s *R. subcapitata* vyjádřené v EC₅₀ v ml/l (rok 2021)

Tab. 4a. Algae test results with *R. subcapitata*, EC₅₀ in ml/l (2021)

Profil	Výsledky 2021 – řasy		
	EC ₅₀ [ml/l]		
	1. kampaň	2. kampaň	3. kampaň
Hvozdnice – ústí	30,33 HU	50,1 HU	c ₅₀₀ 28,83 %
Opava – Krnov	c ₅₀₀ 24,68 %	204,3	c ₅₀₀ 43,25 %
Lučina – Slezská Ostrava	c ₅₀₀ 20,77 %	94,8	c ₅₀₀ 1,66 %
Ostravice – Ostrava	470,1	199,2	c ₅₀₀ 3,33 %
Olše – ústí	186,9	49,0 HU	306,9
Odra – Bohumín	132,1	26,5 HU	163,0
Bečva – Choryně	144,9	88,6	478,2
Vsetínská Bečva – ústí	c ₅₀₀ 36,48 %	c ₅₀₀ 14,77 %	c ₅₀₀ 11,59 %
Bečva – Troubky	113,6	469,2	c ₅₀₀ 19,53 %
Orlice – Nepasice	371,4	x	234,4
Labe – Valy	69,3	x	116,9

x vzorek nebyl odebrán
HU – herbicidní účinek
C₅₀₀ – účinek při koncentrátu v množství 500 ml/l

Tab. 4b. Výsledky řasového testu s *R. subcapitata* vyjádřené v EC_{50} v ml/l (rok 2022)
 Tab. 4b. Algae test results with *R. subcapitata*, EC_{50} in ml/l (2022)

Výsledky 2022 – řasy			
Profil	EC_{50} [ml/l]		
	1. kampaň	2. kampaň	3. kampaň
Hvozdnice – ústí	76,2	28,5 HU	101,8
Opava – Krnov	c_{500} 46,8 %	c_{500} 10,3 %	c_{500} 29,86 %
Lučina – Slezská Ostrava	108,1	54,3 HU	174,0
Ostravice – Ostrava	c_{500} 48,08 %	216,9	111,5
Olše – ústí	104,3	184,6	418,4
Odra – Bohumín	31,9 HU	123,7	322,4
Bečva – Choryně	c_{500} 11,6 %	235,4	192,8
Vsetínská Bečva – ústí	242,3	c_{500} 48,42 %	468,3
Bečva – Troubky	20,3 HU	57,6 HU	161,1
Orlice – Nepasice	c_{500} 33,35 %	443,2	c_{500} 26,53 %
Labe – Valy	157,8	116,6	107,7
HU – herbicidní účinek			

Tab. 5. Výsledky Amesova fluktučního testu ve variantě bez metabolické aktivace S9-
 Tab. 5. Results of Ames fluctuation test in the variant without metabolic activation S9-

Profil	Ames test varianta S9-					
	1. kampaň		2. kampaň		3. kampaň	
	TA98	TA100	TA98	TA100	TA98	TA100
Hvozdnice – ústí	+	-	+	-	+	-
Opava – Krnov	+	+	-	-	-	-
Lučina – Slezská Ostrava	-	+	+	-	-	-
Ostravice – Ostrava	+	-	-	+	-	-
Olše – ústí	-	-	+	+	+	-
Odra – Bohumín	-	-	+	-	-	-
Bečva – Choryně	-	-	-	-	-	-
Vsetínská Bečva – ústí	-	-	-	-	-	-
Bečva – Troubky	-	-	-	-	-	-
Orlice – Nepasice	-	-	x	x	-	-
Labe – Valy	-	-	x	x	+	-

+ ve vzorcích došlo k signifikantnímu zvýšení počtu revertant (2021)
 – ve vzorcích nedošlo k signifikantnímu zvýšení počtu revertant (2021)
 x vzorek nebyl odebrán

Tab. 6. Porovnání výsledků Amesova fluktučního testu ve variantě bez metabolické aktivace S9- a variantě s metabolickou aktivací S9+

Tab. 6. Comparison of Ames fluctuation test results in the variant without metabolic activation S9- and the variant with metabolic activation S9+

Profil	Ames test varianta S9-i S9+					
	1. kampaň		2. kampaň		3. kampaň	
	S9-	S9+	S9-	S9+	S9-	S9+
Hvozdnice – ústí	-	-	-	-	-	-
Opava – Krnov	-	-	-	-	-	-
Lučina – Slezská Ostrava	+	-	-	-	-	-
Ostravice – Ostrava	-	-	-	-	-	-
Olše – ústí	-	-	-	-	+	+
Odra – Bohumín	-	-	+	-	+	-
Bečva – Choryně	-	+	+	-	-	-
Vsetínská Bečva – ústí	-	-	-	-	+	+
Bečva – Troubky	-	-	+	-	+	-
Orlice – Nepasice	-	-	-	-	+	-
Labe – Valy	+	+	+	+	-	-

+ ve vzorcích došlo k signifikantnímu zvýšení počtu revertant (2022)
 – ve vzorcích nedošlo k signifikantnímu zvýšení počtu revertant (2022)

Test genotoxicity – Amesův fluktuční test s metabolickou aktivací (S9+) a bez metabolické aktivace (S9-)

V roce 2021 byly získány výsledky Amesova fluktučního testu ve variantě bez metabolické aktivace S9- (tab. 5), kdy byly sledovány pouze přímé mutagenní látky. V první kampani byly mutagenní látky detekovány na profilech Hvozdnice – ústí, Opava – Krnov, Lučina – Slezská Ostrava a Ostravice – Ostrava. V letní kampani pak v profilech Hvozdnice – ústí, Lučina – Slezská Ostrava, Ostravice – Ostrava, Olše – ústí a Odra – Bohumín. V podzimní kampani byly pozitivně testovány profily Hvozdnice – ústí, Olše – ústí a Labe – Valy.

V tab. 6 je znázorněno porovnání výsledku Amesova fluktučního testu ve variantě bez metabolické aktivace S9- a variantě s metabolickou aktivací S9+ ve vzorcích povrchových vod odebraných v roce 2022. Pokud ve variantě testu S9+ nebo S9- bylo alespoň u jednoho z kmenů salmonel zjištěno signifikantní zvýšení revertant vůči kontrole, je vzorek označen jako pozitivní na přítomnost mutagenních látek ve vzorku.

V jarní kampani byla detekována přítomnost přímých nebo nepřímých mutagenních látek ve vzorku odebraném v profilech Lučina – Slezská Ostrava, Bečva – Choryně a Labe – Valy. Vzorek z Labe byl pozitivní na přítomnost mutagenních látek i ve 2. kampani. V této kampani byla přítomnost mutagenních látek dále detekována ve vzorcích z profilu Odra – Bohumín, Bečva – Choryně a Bečva – Troubky. Ve 3. kampani vykazovaly pozitivitu vzorky z Olše, Odr, Bečvy i Orlice. V roce 2022 byly přímé mutageny opakovaně zjištěny ve vzorcích z profilů Labe – Valy, Odra – Bohumín, Bečva – Choryně a Bečva – Troubky.

Test na stanovení estrogenního potenciálu – Yeast Estrogen Screen (YES test)

U vzorků odebraných v letech 2021 a 2022 nebyl YES testem významně zaznamenán indukční poměr (IR) β -galaktosidázy \geq IR10 (kde IR10 = 10 % (IRmax standardu – IR

negativní kontroly)) (tab. 7a a 7b). YES testem nebyly prokázány výsledky svědčící o přítomnosti látek, které by způsobovaly expresi reportérového genu a následnou produkci β -galaktosidázy v takové míře, že by mohl být vzorek signifikantně označen za pozitivní na přítomnost estrogenů nebo látek s estrogeními účinky na hER receptor. U šesti vzorků v roce 2021 se hodnota IR pohybovala nad 6 % maximální indukce β -galaktosidázy (tab. 7a, zvýrazněno). V tab. 7b jsou výrazně označeny dvě hodnoty ve 3. kampaň (vzorek z profilů Bečva – Troubky a Labe – Valy), u nichž se hodnota IRmax pohybovala nad 9 %. Pokud by byla hodnota těchto vzorků ≥ 10 %, šlo by již o vzorky s prokázáním agonistickým estrogením efektem. Pro ověření získaných výsledků budou vzorky, u kterých hodnota maximální indukce β -galaktosidázy překračovala 6 %, opětovně analyzovány YES testem.

Tab. 7a. Výsledky estrogení aktivity vzorků v kvasinkových testech estrogenity (YES test) (rok 2021)

Tab. 7a. Results of estrogenic activity of samples in yeast estrogen tests (YES test) (2021)

Profil	% indukce IRmax		
	1. kampaň	2. kampaň	3. kampaň
Hvozdnice – ústí	*	< 4 % max. indukce	8,2 % max. indukce
Opava – Krnov	< 4 % max. indukce	10,5 % indukce	< 4 % max. indukce
Lučina – Slezská Ostrava	< 4 % max. indukce	< 4 % max. indukce	< 4 % max. indukce
Ostravice – Ostrava	< 4 % max. indukce	*	< 4 % max. indukce
Olše – ústí	< 4 % max. indukce	10,9 % indukce	< 4 % max. indukce
Odra – Bohumín	*	*	< 4 % max. indukce
Bečva – Choryně	7,1 % max. indukce	10,7 % indukce	8,4 % max. indukce
Vsetínská Bečva – ústí	< 4 % max. indukce	< 4 % max. indukce	< 4 % max. indukce
Bečva – Troubky	< 4 % max. indukce	< 4 % max. indukce	< 4 % max. indukce
Orlice – Nepasice	< 4 % max. indukce	x	< 4 % max. indukce
Labe – Valy	< 4 % max. indukce	x	7 % max. indukce

*zaznamenána cytotoxicita vzorků
x vzorek nebyl odebrán

DISKUZE A ZÁVĚR

Naše měření ukázala, že i na referenčních profilech, u nichž rutinní monitoring vybraných parametrů, prováděný podniky Povodí, vykazoval dlouhodobě dobrou jakost vod, byly u vzorků z některých kampaní stanoveny chronické účinky znečištění či jejich genotoxicita. Tento fakt ukazuje, že rutinní monitoring zřejmě nezachytil látky nebo jejich směsi, jež dané účinky mohly způsobovat, a finanční prostředky vynaložené na jeho provádění tedy nepřinesly požadované výsledky pro hodnocení ekologického stavu vod, který je významně ovlivňován právě vlivem znečištění stanovovaným pomocí EBM. V situaci, kdy stále roste seznam prioritních a emergentních znečišťujících látek, jež mají být ve vodách sledovány, má EBM potenciál chemický monitoring účelově zaměřit, a tím i zefektivnit náklady spojené s touto činností.

Tab. 7b. Výsledky estrogení aktivity vzorků v kvasinkových testech estrogenity (YES test) (2022)

Tab. 7b. Results of estrogenic activity of samples in yeast estrogen tests (YES test) (2022)

Profil	% indukce IRmax		
	1. kampaň	2. kampaň	3. kampaň
Hvozdnice – ústí	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce
Opava – Krnov	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce
Lučina – Slezská Ostrava	6,6 % max. indukce	*	< 6 % max. indukce
Ostravice – Ostrava	7,2 % max. indukce	*	< 6 % max. indukce
Olše – ústí	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce
Odra – Bohumín	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce	6,2 % max. indukce
Bečva – Choryně	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce
Vsetínská Bečva – ústí	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce
Bečva – Troubky	< 6 % max. indukce	8,2 % max. indukce	9,0 % max. indukce
Orlice – Nepasice	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce
Labe – Valy	< 6 % max. indukce	< 6 % max. indukce	9,3 % max. indukce

*zaznamenána cytotoxicita vzorků

Dle Rámcové směrnice o vodě se hodnocení chemického stavu a ekologického stavu/potenciálu povrchových vod provádí monitoringem prioritních látek a specifických znečišťujících látek definovaných na národní úrovni (v ČR dle Nařízení vlády 401/2015 Sb. a normy ČSN 75 7221). Nicméně tyto rizikové látky tvoří pouze zlomek celkové toxicity vod. Chemická analýza není schopna pokrýt všechny polutanty přítomné ve vodách, tudíž na environmentální dopad neregulovaných látek, stejně jako na účinky směsí, není brán zřetel.

Rámcová směrnice 2000/60/ES vyžaduje, aby členské státy stanovily pro každý vodní útvar environmentální cíle. Nebude-li tento cíl naplněn, musejí být identifikovány příčiny, aby mohla být přijata účinná opatření. K tomuto účelu je třeba mít vhodný systém diagnostiky, často však takový nástroj není dostupný. Většina biologických metod používaných dle Rámcové směrnice mnohdy nemusí adekvátně reagovat na přítomnost toxických látek a jejich směsí ve vodách ani na jiné typy stresorů. EBM mohou poskytovat celkovou informaci o ekotoxikologických účincích znečištění povrchových vod, a pomoci tak při hodnocení možných příčin nevyhovujícího stavu vod.

Na základě naší získaných zkušeností a výsledků provedených zkoušek lze tedy konstatovat, že náš projekt prokázal použitelnost navržených EBM v rutinní praxi a plně podporuje jejich zavedení nejen u nás, ale i na evropské úrovni.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen projektem Technologické agentury ČR SS03010140 „Využití effect-based metod k hodnocení stavu povrchových vod v kontextu Rámcové směrnice o vodě“.

Literatura

- [1] Vyhláška č. 98/2011 Sb., o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod, ve znění pozdějších předpisů.
- [2] Zákon č. 254/2001 Sb., O vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- [3] BRACK, W. a kol. Effect-Based Methods Are Key. The European Collaborative Project SOLUTIONS Recommends Integrating Effect-Based Methods for Diagnosis and Monitoring of Water Quality. *Environmental Sciences Europe*. 2019. 31(1), s. 4–9. Dostupné z: doi:10.1186/s12302-019-0192-2
- [4] BUSCH, W., SCHMIDT, S., KÜHNE, R., SCHULZE, T., KRAUSS, M., ALTENBURGER, R. Micropollutants in European Rivers: A Mode of Action Survey to Support the Development of Effect-Based Tools for Water Monitoring. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2016, 35(8), s. 1 887–1 899. Dostupné z: doi:10.1002/etc.3460
- [5] European Union. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. *Official Journal of the European Union*. 2000, L327, s. 1–73.
- [6] US EPA. *Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations, Phase I. Toxicity Characterization Procedures*. Second Edition, United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, EPA/600/6-9/003, 1991, 87 s. Dostupné z: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/300011NYTX?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1991+Thru+1994&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C91thru94%5Ctxt%5C00000001%5C300011NY.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyURL>
- [7] US EPA. *Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations, Phase II. Toxicity Characterization Procedures for Samples, Exhibiting Acute and Chronic Toxicity*. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, EPA/600/R-92/080, 1993, 71 s. Dostupné z: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/owm0343.pdf>
- [8] US EPA. *Methods for Aquatic Toxicity Identification Evaluations, Phase III. Toxicity Confirmation Procedures for Samples, Exhibiting Acute and Chronic Toxicity*. United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, EPA/600/R-92/081, 1993, 32 s. Dostupné z: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/owm0341.pdf>
- [9] WENERSSON, S., MAGGI, C., CARERE, M. *Technical Report on Aquatic Effect-Based Monitoring Tools. Technical Report*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2014. Dostupné z: doi:10.2779/7260
- [10] DE BAAT, M. L., KRAAK, M. H. S., VAN DER OOST, R., DE VOOGT, P., VERDONSCHOT, P. F. M. Effect-Based Nationwide Surface Water Quality Assessment to Identify Ecotoxicological Risks. *Water Research*. 2019, 159, s. 434–443. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2019.05.040
- [11] WENERSSON, A. S. a kol. The European Technical Report on Aquatic Effect-Based Monitoring Tools under the Water Framework Directive. *Environmental Sciences Europe*. 2015, 27(1), 7, s. 1–11. Dostupné z: doi:10.1186/s12302-015-0039-4
- [12] CONNON, R. E., GEIST, J., WERNER, I. Effect-Based Tools for Monitoring and Predicting the Ecotoxicological Effects of Chemicals in the Aquatic Environment. *Sensors (Switzerland)*. 2012, 12(9), s. 12 741–12 771. Dostupné z: doi:10.3390/s120912741
- [13] AMES, B. N., MCCAN, J., YAMASAKI, E. Methods for Detecting Carcinogens and Mutagens with the Salmocella/Mammalian-Microsome Mutagenicity Test. *Mutation Research*. 1975, 31(6), s. 347–364. Dostupné z: doi:10.1016/0165-1161(75)90046-1
- [14] REIFFERSCHIED, G., MAES, H. M., ALLNER, B., BADUROVA, J., BELKIN, S., BLUHM, K. International Round-Robin Study on the Ames Fluctuation Test. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 2012, 53(3), s. 185–197. Dostupné z: doi:10.1002/em.21677
- [15] KUNZ, P. Y. a kol. Effect-Based Tools for Monitoring Estrogenic Mixtures: Evaluation of Five in Vitro Bioassays. *Water Research*. 2017, 110, s. 378–388. Dostupné z: doi:10.1016/j.watres.2016.10.062
- [16] LU, Y., LYU, X. M., XIAO, S. H., YANG, Y. Z., TANG, F. Mutagenic and Estrogenic Effects of Organic Compounds in Water Treated by Different Processes: A Pilot Study. *Biomedical Environmental Sciences*. 2015, 28(8), s. 571–581. Dostupné z: doi:10.3967/bes2015.081.
- [17] Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., 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.
- [18] TNV 75 7231 (757231). *Jakost vod – Metoda stanovení toxického rizika povrchových vod*.
- [19] ČSN EN ISO 11348-2 (757734). *Jakost vod. Stanovení inhibičního účinku vzorků vod na světelnou emisi Vibrio fischeri (Zkouška na luminiscenčních bakteriích), Část 2: Metoda se sušenými bakteriemi, květen 2009*.
- [20] ČSN EN ISO 8692 (757740). *Kvalita vod – Zkouška inhibice růstu sladkovodních zelených řas, srpen 2012*.
- [21] ISO 11350. *Water Quality – Determination of the Genotoxicity of Water and Waste Water — Salmonella/ Microsome Fluctuation Test (Ames Fluctuation Test)*, 2012.
- [22] KANNO, A., NISHI, I., KISHI, T., KAWAKAMI, T., TAKAHASHI, Y., ONODERA, S. Mutagenic Potentials of Amberlite XAD-2 Resin Extracts Obtained from River and Drinking Waters in the Northwest District of Chiba, Japan. *Journal of Toxicological Sciences*. 2010, 35(6), s. 817–826. Dostupné z: doi:10.2131/jts.35.817

[23] CHU, T. M., OSAWA, Y., REYNOSO, G. Simple Assay for Urinary Estrogens in Nonpregnancy. *Clinical Chemistry*. 1971, 17(5), s. 438–439. Dostupné z: doi:10.1093/clinchem/17.5.438

[24] WILCOX, P., WILLIAMSON, S. Mutagenic Activity of Concentrated Drinking Water Samples. *Environmental Health Perspectives*. 1986, 69, s. 141–149. Dostupné z: doi:10.1289/ehp.8669141

[25] UZUN, A., SOYLAK, M., ELÇI, L. Preconcentration and Separation with Amberlite XAD-4 Resin; Determination of Cu, Fe, Pb, Ni, Cd and Bi at Trace Levels in Waste Water Samples by Flame Atomic Absorption Spectrometry. *Talanta*. 2001, 54(1), s. 197–202. Dostupné z: doi:10.1016/S0039-9140(00)00669-X

[26] ISO 19040-1. *Water quality — Determination of the Estrogenic Potential of Water and Waste Water — Part 1: Yeast Estrogen Screen (Saccharomyces cerevisiae)*, 2018.

Autoři

Mgr. Martin Hora

✉ martin.hora@vuv.cz

ORCID: 0009-0000-3376-1103

Ing. Alena Kristová

✉ alena.kristova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-7247-1640

RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D.

✉ premysl.soldan@vuv.cz

ORCID: 000-002-8892-5117

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Ostrava

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2023.09.005

USE OF EFFECT-BASED METHODS TO ASSESS SURFACE WATER STATUS

HORA, M.; KRISTOVÁ, A.; SOLDÁN, P.

T. G. Masaryk Water Research Institute, Ostrava

Keywords: Effect based methods – surface waters – ecotoxicology

This article deals with the use of effect-based methods for the qualitative assessment of the state of surface waters in the context of Directive 2000/60/EC establishing the framework for Community activity in the field of water policy and the upcoming amendment to Directive 2008/105/EC on environmental quality standards. The implemented monitoring of priority substances and specific pollutants is not able to capture all sources of pollution that negatively affect surface water quality. Likewise, current practice does not allow a comprehensive assessment of mixtures, including emergent pollutants, metabolites and transformation products of substances on water quality. Effect-based methods are a suitable tool for ecotoxicological evaluation of pollution, which takes into account all substances contained in the sample and possible effects of mixtures (synergistic effects). They thus provide important additional information to the results of the assessment of the state of surface water bodies.



Autoři VTEI

Mgr. David Honek, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Brno
✉ david.honek@vuv.cz
www.vuv.cz



Mgr. David Honek, Ph.D., absolvoval studium geografie na Přírodovědecké fakultě Masarykovy univerzity v Brně a v roce 2020 mu byl udělen doktorský titul z fyzické geografie. V rámci svého studia se zaměřil na modelování erozních a sedimentačních procesů v malých povodích v Česku a na Slovensku. Od roku 2018 pracuje ve VÚV TGM, v. v. i. Zde se zaměřuje na celou řadu oblastí vodního hospodářství. Mezi hlavní řešená témata patří mapování a hodnocení historických vodohospodářských objektů, environmentální studie a modelování srážkoodtokových procesů, ekosystémové služby a jejich vazby na vodní hospodářství v krajině a další. Součástí pracovní náplně je také prezentace hlavních výsledků práce v odborných periodících, tvorba aplikačních výstupů (soubory map, metodiky, výstavy) a prezentace práce široké veřejnosti a na vysokých školách.

Mgr. Martin Hora

VÚV TGM, v. v. i., Ostrava
✉ martin.hora@vuv.cz
www.vuv.cz



Mgr. Martin Hora je výzkumným pracovníkem VÚV TGM, v. v. i., oddělení hydrobiologie, od roku 2023. Vystudoval na Ostravské univerzitě Přírodovědeckou fakultu, a to na katedře biologie a ekologie obory Systematická biologie a ekologie a Aplikovaná ekologie.

Ing. Věra Očenášková

VÚV TGM, v. v. i., Praha
✉ vera.ocenaskova@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Věra Očenášková je dlouholetým zaměstnancem VÚV TGM, v. v. i. Absolvovala Vysokou školu chemicko-technologickou v Praze, Fakultu potravinářských a biochemických technologií. V letech 2008–2013 byla vedoucí Odboru Referenční laboratoř složek životního prostředí a odpadů, dnes Odboru analýz a hodnocení složek životního prostředí, v jehož hydrochemické laboratoři dále pracuje. Zastupovala Českou republiku v pracovní skupině CMPE (Chemical Monitoring and Emerging Polutants) spadající pod Common Implementation Strategy WFD. Spolupracuje s mezinárodní asociací NORMAN a SCORE Network. Věnuje se především sledování kontaminantů životního prostředí, zejména složek hydrosféry. Je řešitelkou několika projektů a autorkou řady publikací. V posledních letech se zabývá problematikou epidemiologického přístupu k odpadním vodám (WBE – Wastewater based epidemiology).

Ing. Tomáš Sezima, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Ostrava
✉ tomas.sezima@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Tomáš Sezima, Ph.D., je zaměstnancem oddělení hospodaření s vodou a odpady ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 1997. V roce 1989 ukončil inženýrský obor Úprava nerostných surovin se zaměřením na problematiku vodního hospodářství, a to na Hornicko-geologické fakultě Vysoké školy báňské v Ostravě. V roce 2003 na téže vysoké škole obhájil doktorskou práci na téma biodegradace vybraných druhů škodlivin ve vodách a půdách. Podílel se na řešení řady projektů, jako je např. „Projekt Odra II“, „Projekt Odra III“, „Vodohospodářské plány povodí nové generace“, „Termické odstraňování odpadů VZ O2“, „Výzkum v oblasti ČOV kalů“, „Výzkum v oblasti odpadů jako náhrady primárních surovinových zdrojů“, „Poznej tajemství vědy“ nebo „Analýza nákladů a efektivity“ v rámci Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice Sucho. Také je spolupořadatelem dvou mezinárodních workshopů na téma „Výzkum v oblasti odpadů jako náhrady primárních surovinových zdrojů“ a spoluautorem užitého vzoru Zařízení pro fyzikální úpravu odpadů a spoluvynálezce Evropského patentu Device for physical waste treatment – EP 2388068. Doplňkově se věnuje i pedagogické a přednáškové činnosti.

Ing. Dagmar Vološínová

VÚV TGM, v. v. i., Praha
✉ dagmar.volosinova@vuv.cz
www.vuv.cz



Ing. Dagmar Vološínová je zaměstnancem VÚV TGM, v. v. i., v Praze od roku 2002. Absolvovala Fakultu agronomickou České zemědělské univerzity v Praze. V rámci působení v Centru pro hospodaření s odpady (CeHO) se zabývá problematikou odpadové stopy, odpadového a oběhového hospodářství. V současnosti se jako hlavní řešitelka nebo spoluřešitelka podílí na řešení projektů nakládání s odpady, a to zejména potravinovými, komunálními a stavebně demoličními v České republice i zahraničí.

Rozhovor s prof. Ing. Pavlem Pechem, CSc., profesorem České zemědělské univerzity v Praze

Budou světové konflikty v budoucnosti spíše o vodu než o ropu a území? Proč se více bojí genů než klimatické změny? A je lepší budovat přehrady a velké vodní nádrže, nebo zakládat rybníky, mokřady a tůňe? Co si myslí o umělé inteligenci? Nejen na tato témata se rozprávěl prof. Ing. Pavel Pech, CSc., dlouholetý šéf Katedry vodního hospodářství a environmentálního modelování na České zemědělské univerzitě. „Jsem z Hnojárny,“ říká o sobě s úsměvem a z jeho úst to vůbec nevyznívá pejorativně. Jak by ne. Vždyť je to zakladatel Fakulty životního prostředí na ČZU v Praze.

Pane profesore, na naší nedávné schůzce jste mi říkal, že na ČZU učíte už 33 let. Sám jste však vystudoval ČVUT. Jak vnímáte vztahy mezi těmito dvěma institucemi? Konkuruji si, nebo dnes spíše spolupracují?

Vzhledem k tomu, že jsem vystudoval na Fakultě stavební obor Vodní stavby a vodní hospodářství, mé nastavení je technického rázu. V roce 2004 jsme na Katedře vodního hospodářství a environmentálního modelování akreditovali studijní program Environmentální modelování, který mohl být brán jako potenciální konkurence Fakulty stavební ČVUT. Její zástupci však nyní v tomto programu také vyučují. Po vzniku Fakulty životního prostředí a následné akreditaci doktorského, habilitačního a profesorského programu Environmentální modelování se členy oborové rady stali zástupci vodohospodářského směru z ČVUT. Osobně jsem byl následně delší dobu na Fakultě stavební členem oborové rady Inženýrství životního prostředí. V současné době pokračuje v členství v této oborové radě i nynější vedoucí katedry profesor Martin Hanel, jenž dále prohlubuje spolupráci s Fakultou stavební, například pořádáním společných konferencí a podobně. Pedagogové z Fakulty stavební se pravidelně zúčastňují obhajob bakalářských, magisterských i doktorských prací jako předsedové a členové státnicových komisí. Jak z předchozího vyplývá, dle mého názoru je spolupráce s Fakultou stavební ve vodohospodářské oblasti pozitivní a korektní.

Mluvil jste o vzniku Fakulty životního prostředí, u jejíhož zrodu jste stál. Kdy to bylo a co vše jejím založení předcházelo?

V roce 2003, kdy jsem vykonával funkci proděkana pro pedagogiku na Lesnické fakultě, jsem se za část krajinářsko-ekologickou podílel na přejmenování fakulty na Fakultu lesnickou a environmentální. Později se na univerzitě začalo přemýšlet o jejím větším angažování v oblasti životního prostředí vytvořením institutu nebo nové fakulty. Výsledkem bylo, že v dubnu roku 2007 mě pověřil rektor ČZU profesor Jan Hron garantem zřízení nové Fakulty životního prostředí a tehdejšího děkana Fakulty lesnické a environmentální profesora Viléma Podrázského zřízením Fakulty lesnické a dřevařské. Po cca dvouměsíční intenzivní práci se podařilo s pomocí Katedry vodního hospodářství a environmentálního modelování připravit veškeré podklady pro zřízení nové fakulty. Zde bych rád vyzdvihl alespoň jedno jméno, a to doktora Jiřího Pavláška, který velmi vydatně pomáhal a později, po založení fakulty, se podílel na konsolidaci pedagogické části, včetně následné přípravy akreditace bakalářského oboru Vodní hospodářství. Na výjezdním zasedání Akreditační komise v Pavlově 18. až 20. června 2007 bylo schváleno rozdělení Fakulty lesnické a environmentální

a zřízení Fakulty lesnické a dřevařské a Fakulty životního prostředí s účinností od 1. července 2007. Na nově vzniklou fakultu přešli z původní fakulty pracovníci krajinářsko-ekologických kateder; Akreditační komise MŠMT souhlasila i s převodem tří bakalářských, čtyř magisterských, čtyř doktorských oborů a jednoho habilitačního a tří habilitačních a profesorských oborů. Následně mě pan rektor jmenoval do funkce „Osoba pověřená vedením Fakulty životního prostředí“ až do řádných voleb děkana, které proběhly v prosinci 2007. Během období od 1. července do 6. prosince 2007 jsem s pověřeným vedením zařizoval funkční mechanismy obvyklé pro fungování fakulty. Zajímavostí bylo, že od rozhodnutí po schválení zřízení fakulty uběhly necelé dva měsíce.

Na magisterském a doktorském cyklu nabízíte přes deset odborných předmětů, a to včetně studií v angličtině. Máte na univerzitě hodně zahraničních studentů?

V současné době garantuji jedenáct předmětů – pět v bakalářském, čtyři v magisterském a dva v doktorském programu, z nichž tři předměty jsou vyučovány v anglickém jazyce. Během akademického roku se výuky v anglických předmětech zúčastní cca 20 až 25 studentů. Na celé ČZU ročně studuje kolem 1500 zahraničních studentů.

Mohl byste, prosím, porovnat podmínky pro výstavbu přehrad ve světě a v naší zemi? Kde vidíte v těchto podmínkách rozdíly například při srovnání s Rakouskem či Polskem?

Výstavba přehrad v naší republice byla v minulém století – ve srovnání s evropskými státy – na srovnatelné úrovni. Nejsm odborník na navrhování ani výstavbu přehrad, nicméně v současné době vnímám, že situace v naší republice v této oblasti není dobrá. Dovolte mi uvést jeden příklad, který ilustruje naši dnešní situaci. Po povodních na Moravě a v Polsku v roce 1997 začaly oba státy řešit daný stav zvažováním výstavby přehrad. U nás šlo o přehradu Nové Heřmínovy a v Polsku o Ratiboř. Obě přehrady měly sloužit k protipovodňové ochraně – na polské straně se na dobu pěti let mělo jednat o suchý poldr, který měl být převeden na klasičtější vodní přehradu zadržující 180 mil. m³ vody, a na české straně v nové přehradě mělo být zachyceno cca 14 mil. m³ vody, z nichž 3,5 mil. m³ mělo sloužit k využití i pro pitné účely. Na české straně bylo v červnu 2023 schváleno územní rozhodnutí pro stavbu přehrad, jež by se měla začít stavět v roce 2027 a dokončena by měla být v roce 2032. Přestože úvahy o stavbách obou přehrad byly započaty ve stejné době, polská strana vodní dílo, mimochodem určené k zadržení desetkrát většího množství vody, otevřela již v roce 2020.

Z výše uvedeného případu je jasný rozdílný přístup k plánování, schvalování a stavbě přehrad. Malá poznámka – pro rychlé a úspěšné řešení vodohospodářských problémů souvisejících s klimatickou změnou by v naší republice vodohospodářská problematika měla být zahrnuta v gesci jednoho ministerstva, nebo by si vzhledem k důležitosti problematiky zasloužila vlastní ministerstvo. V současné době je vodohospodářská problematika včleněna do agendy dvou ministerstev, jež ze své podstaty mají v této oblasti odlišné priority.



Foto: archiv P. Pečín

Umožňují podle vás české přírodní podmínky výstavbu takových nádrží? A kdyby ke vzniku nové přehrady přece jen došlo, bude možné získat pro její napuštění dostatek vody?

Přírodní podmínky určitě umožňují výstavbu dalších potřebných přehrad, což dokazují záměry převážně vycházející z Ministerstva zemědělství. Dle mého názoru si klimatická změna vynutí vybudování některých přehrad. Z předchozí odpovědi vyplývá můj spíše pesimistický pohled na jejich realizaci v naší republice. Nedávno proběhlo v tisku srovnání délky získání stavebního povolení v různých zemích a Česká republika je na cca 160. místě na světě, dokonce i za státy, jako je Kongo nebo Rwanda. Aby byl v blízké budoucnosti zajištěn dostatek nejen pitné vody, ale i vody pro zemědělství a pro udržení dostatečných průtoků v řekách, bude nezbytné rozhodování a realizaci výrazně urychlit a zefektivnit. Ke schválení a stavbě přehrad na některých českých řekách bude muset dojít, pokud to půjde, co nejdříve, protože stavba přehrad se nezajistí za rok nebo pět let a klimatická změna nebude čekat. A k vaší otázce ohledně dostateku vody pro jejich napuštění. Podle odborníků v oblasti hydrologie se celkový objem srážek v průběhu let – i v době klimatické změny – výrazně nemění,

ale mění se jejich intenzita a časové rozložení v průběhu roku. Ohledně získání dostateku vody pro naplnění nové přehrady jeden příklad. Vezmete-li si z celkového průtoku na řece jen průtok $0,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, tak na naplnění přehrady Nové Heřmínovy by bylo potřeba zhruba pět měsíců.

Je podle vás lepší zaměřit se na výstavbu velkých vodních nádrží, nebo spíše budovat či obnovovat rybníky, tůňe, mokřady a podobně?

Osobně bych nedával přednost žádným z vyjmenovaných opatření. Ale bude nezbytné se soustředit na vybudování daných opatření souběžně – každé z nich má svůj význam. Z různých studií vyplývá, že přírodě blízká opatření pomáhají s vodní bilancí jen zhruba osmi až deseti procenty, a tak bude nutné přikročit jak k budování menších, tak i veřejnosti často nesprávně negativně vnímaných větších přehrad. Co se týče například rybníků a mokřadů, ty svými využitelnými objemy vodní bilanci moc nepomáhají. Kvůli zvyšujícímu se výparu mohou mít samy v blízké budoucnosti problémy. Neřekl bych, že je lepší se zaměřit na stavbu větších přehrad, ale pro udržení „vodního komfortu“ to bude nezbytné. Již nyní jsou místa v České republice mající v suchých obdobích

velké potíže se zajištěním dostatku vody. Zatím se „zapomíná“, že využití podzemních vod je v době klimatické změny neoddelitelnou součástí strategie zajištění dostatku vody. U podzemních vod je výhodou, že ztráty evapotranspirací nejsou. Z bilance využívaných pitných vod vyplývá, že v České republice 50 procent z nich jsou právě vody podzemní, což postupně vede ke snižování jejich zásob. Proto by mělo dojít i na realizaci umělých infiltrací, jež v období sucha mohou být vhodným zdrojem vody. Umělá infiltrace se začala využívat k obohacování zásob podzemních vod na počátku 20. století. Zde začíná i historie vodárny v Káraném, vybudované v roce 1919 dle projektu jednoho z klasiků oboru podzemních vod Adolfa Thiema. Od roku 1968 v Káraném funguje systém umělé infiltrace, avšak její další využití je u nás velmi sporadické. Danou problematiku řešila a řeší řada vědců v rámci grantů, včetně praktických aplikací. Osobně jsem se v projektech týkajících se podzemních vod spíše soustřeďoval na efektivní využívání tzv. „reálných vrtů“, neboť v mnoha případech jsou vybudované sítě podzemních vrtů využívány vodárenskými společnostmi, dokud lze z vrtů čerpat dostatečné množství vody k úpravě, avšak tyto společnosti se vůbec nezajímají o jejich stav. Zanášení (stárnutí) vrtů a znatelný pokles vydatnosti pak vede až k jejich úplnému znehodnocení, přitom včasným zásahem lze vydatnost vrtu udržet na dostatečné úrovni i po řadu desetiletí.

Přijde mi, že mnoho informací, které na nás média ohledně klimatické změny takřka denně chrlí, se už blíží šíření poplašné zprávy. Domníváte se, že současný stav je již skutečně nevratný?

Mnoho informací z médií o klimatické změně je v současné době spíše jednostranně zaměřených a je podáváno pesimisticky až depresivně. Pokud se k lidem dostávají takto formulované informace z médií, může to u mnoha z nich vyvolávat určitý druh apatie, deprese a z nich plynoucí psychické problémy, což známe i z nedávné doby covidové pandemie. Tuto masivní a často jednostrannou informační „masáž“ lze brát jako „mediokracii“, tedy vládu médií, s obrovským vlivem na lidské smýšlení a jednání lidské společnosti. Bylo by asi rozumnější snažit se v tisku informovat pokud možno pravdivě a s přihlédnutím k různým názorům na danou věc, uvádět i nejistoty a obavy v souvislosti s klimatickou změnou a upozorňovat, že z této kritické situace jsou reálná východiska a možnosti, jak se přizpůsobit dané situaci. V současné době je jasné, že dochází ke klimatické změně, ale je nutné brát při jejím objasňování v úvahu i ostatní názory, například že může teoreticky dojít k opačnému procesu, než je nyní, to jest k ochlazení. Tyto teorie jsou prezentovány i vědci z důvěryhodných zdrojů, například v poslední době jsou to zprávy z amerického Národního úřadu pro letectví a vesmír NASA. Vezmeme-li v úvahu, že teorie oteplování funguje, ve vodohospodářské oblasti existuje řada možností, jak na tuto změnu účinně reagovat – ať už jsou to přírodní blízká opatření, stavby nádrží, propojování vodohospodářských (vodovodních) soustav a podobně, ale je nutné tato řešení realizovat v dohledné době, a ne jak bylo prezentováno v případě přehrady Nové Heřmínovy.

Při našem setkání mě velice zaujala vaše zmínka o tom, že více než klimatické změny se vybojíte manipulací s geny. Mohl byste to čtenářům vysvětlit, prosím?

Dovolte, abych to upřesnil. Pokud bude klimatická změna pokračovat, mám rovněž obavy z následků, zejména z hlediska dosažitelnosti dostatku vody v různých částech světa. Tam, kde nastane katastrofická situace s vodními zdroji, se masy lidí vydají směrem do míst, kde je vody ještě dostatek. Nepůjde o přesun jednotek milionů lidí, ale do pohybu se dají desítky až stovky milionů. Tyto přesuny způsobí strmý pád vyspělých civilizací.

A teď se vrátím k obavě z genů. Zaprvé jde o geneticky upravené plodiny, u nichž je změněn dědičný materiál DNA pomocí genových technologií, a přestože většina vědců ujišťuje o bezpečnosti uvedených postupů, řada jiných má opatrnější názory v hodnocení neškodnosti uvedených genových manipulací.

Dle nich se eventuální negativní účinky na člověka mohou projevit až po desítkách let nebo i v následujících generacích. Zadruhé, a to je ještě závažnější, je přímý zásah do genomu pomocí moderních DNA technologií zahrnující zavádění cizích genů do organismu. Například v roce 2018 v Číně použili nové revoluční genetické metody úpravy lidského embrya. Po tomto zásahu se narodila dvojčata, jež měla dědičně změněnou DNA. Při současné úrovni znalostí nelze důvěryhodně prokázat, jak mohou genové manipulace zasáhnout do života člověka a jak budou dále ovlivňovat životy jeho potomků.

Mluvili jsme spolu o přetechnizované době a také o velmi rychlém rozvoji umělé inteligence. Jaký na ni máte názor a jak ji vnímají vaši studenti?

Rychlý rozvoj a aplikace umělé inteligence s sebou přináší velká očekávání, ale i obavy. Je zřejmé, že umělá inteligence (AI) je již nyní prospěšná v řadě oblastí a v různých oborech. Jako starší člověk si dobře pamatuji na sci-fi film Terminátor, který by se postupně mohl stát realitou. V tomto filmu je ukázán pesimistický scénář s využitím umělé inteligence, která v jistém okamžiku zjišťuje, že ke své existenci už člověka nepotřebuje – dokáže se učit, rozhodovat, obměňovat, přizpůsobovat a podobně. Zajistit u ní splnitelnost tří známých zákonů robotiky Isaaca Asimova – za slovo „robot“ si lze dosadit AI – „1) Robot nesmí zranit člověka nebo nečinností umožnit člověku ublížit; 2) Robot musí poslouchat rozkazy, které mu dávají lidé, kromě případů, kdy by takové rozkazy byly v rozporu s prvním zákonem; 3) Robot musí chránit svou vlastní existenci, pokud taková ochrana není v rozporu s prvním nebo druhým zákonem“ – se stává nerealizovatelné, vzhledem k její podstatě a vzniku. Z občasných debat se studenty spíše vyplývá, že s využitím AI problém nemají a většina z ní nemá do budoucna obavy. Od kolegy na fakultě jsem se dozvěděl, že jeden ze studentů využil AI k sepsání bakalářské práce, ale za současného stavu úrovně AI to bylo lehce identifikovatelné a student s prací neuspěl. Nicméně AI je v počátcích svého vývoje a ten jde velice rychle kupředu. Je nezbytné se na její vlivy v budoucnu dobře připravit.

Hrozí podle vás v budoucnosti vedle ostatních světových konfliktů i riziko války o vodu?

Vzpomínám si, že před lety bývalý náčelník generálního štábu Armády ČR v rozhovoru řekl, že se předpokládají příští vojenské konflikty ne o ropu, ale o vodu a její zdroje. Tato problematika je moc hezky zpracována v třídílném norském dokumentu „Budoucnost vody“ a zájemcům o vodohospodářské problémy doporučuji jeho zhlédnutí. Autorem dokumentu je profesor Terje Tvedt z univerzity v Bergenu a Oslu. Procestoval všechny světadíly a vytvořil vynikající dokument o vodě a problémech s ní a nastínil i možná řešení. Jednotlivé díly dokumentu mají výstižné názvy: „Vládci vody“, „Nová nejistota“, „Věk vody“. Boj o zdroje vody v minulosti je v dokumentu ukázán na příkladu Jihoafrické republiky. Ta podepsala v roce 1986 s Lesothem dohodu o dodávkách vody a podílela se na stavbě velké přehrady. V roce 1998 v Lesothu hrozil převrat a odmítnutí dodávek vody do Jihoafrické republiky. Její tehdejší prezident Nelson Mandela vydal rozkaz k přímému leteckému zásahu, čímž došlo k vyřešení problému s dodávkami vody z Lesotha. Další potenciální boje o zdroje vody hrozí Africe, například boje o vodu Nilu. Súdán a Etiopie si s pomocí Číny postavily obrovské přehrady, a tím narušují stabilitu systému dodávek vody z Nilu například v Egyptě. S pokračující klimatickou změnou se situace vyhorčuje a hrozí výbušný konflikt zemí závislých na vodě Nilu. Dalším příkladem bojů o vodu jsou válečné konflikty v Asii. V Himálaji ve výškách kolem 6 000 m n. m. probíhá více než dvacet let utajovaná válka o zdroje vody z himálajských ledovců nazývaná „Bitva na nebesích“. Tento konflikt mezi Indií a Pákistánem je o to nebezpečnější, že jde o jaderné mocnosti a při jeho eskalaci hrozí nedejme-li za oběť následky.

A to je jen malá ukázka probíhajících válek o vodní zdroje. Bude-li pokračovat klimatická změna tempem, které můžeme nyní sledovat, je dle mého

názoru nutné se připravit na hrozící nebezpečí výrazně větších vojenských střetů o zdroje vody.

Co se týče nedostatku vody, jak byste řešil velmi suché oblasti například na jižní Moravě či na Rakovnicku? Při srovnání s okolním světem jste mi vyprávěl, že třeba Číňané jsou schopni vést vodu otevřenými kanály a podzemím až do velmi vzdálených míst, řádově stovky až tisíce kilometrů.

Nejprve poznámka k Číně a jejím vodohospodářským problémům. Jih Číny má dostatek sladké vody, ale její severní část má k dispozici pouze dvacet procent sladké vody dostupné v celé zemi, ač jsou zde dvě třetiny orné půdy Číny. Tento problém Čína řeší od padesátých let minulého století. Celková délka tunelů a otevřených kanálů, které se v současné době budují nebo plánují vybudovat pro převod vody z jihu na sever, bude po dokončení dosahovat délky 20 000 kilometrů. Například již v roce 2014 Čína otevřela kanál na převod 54 miliard m³ vody. Zprovoznění kanálu přineslo v některých místech i neočekávaný efekt výrazného zvýšení hladiny podzemních vod. Zároveň Čína staví i nejdelší vodní tunel světa pro převod vody od Tří soutěsek až do Pekingu. Celá síť transportu měří 1400 kilometrů, což je gigantická až megalomanská stavba, již samozřejmě ani v našem malém měřítku nemůžeme konkurovat.

A teď k první části vaší otázky. Projevující se nedostatek vody na jižní Moravě, Rakovnicku, v Polabí a v podhůří Krušných hor musí naše společnost řešit, a to v co možná nejkratším čase. Jednotlivé podniky povodí již mají připravená nebo připravují řešení zahrnující vybudování nezbytných přehrad a zároveň je připraveno či se plánuje propojení vodovodních soustav. Z minulosti máme velmi dobrý příklad, že vybudování takových staveb je možné. Například v roce 1972 byl dokončen 51 kilometrů dlouhý tunel, mimochodem nejdelší tunel pro převod vody ve střední Evropě, vedoucí z nádrže Želivka až k Praze. Voda ze Želivky zásobuje pitnou vodou nejen Prahu, ale i Beroun, okolí Kladna a částečně i kraj Vysočina. Vráťím se k situaci v naší republice. „Mediokracie“ by měla ubrat s klimatickým přestrašováním lidí a soustředit se na životně důležitou vodní problematiku a její řešení v období klimatické změny, aby místo rozhleden, cyklopruhů, elektromobility a mnoha dalších „nezbytných“ věcí tlačila na veřejné mínění a hlavně na politickou reprezentaci. Musí dojít k urychlenému strategickému rozhodování a realizaci nezbytných vodohospodářských staveb a opatření, neboť všichni víme, že bez vody není života. A dodám, že větší vodohospodářské stavby se u nás nepostaví za pět, deset nebo i dvacet let, i když při dostatečné vůli to jde v podstatě kratších termínech.

Nakonec bych se ještě vrátila k vašim studentům, pane profesore. Učíte 33 let, máte tedy jistě možnost porovnat úroveň a znalosti těch současných oproti časům před třemi dekadami. Uvedl jste, že počet studentů vodního hospodářství i environmentálního modelování se stále zmenšuje. Čím si to vysvětlujete?

Pokud srovnám své studium a dnešní výuku, tak je zde poměrně velký rozdíl, nikoli v obsahu třeba mnou učené hydrauliky, ale v tom, co jsou dnešní studenti schopni, ale také ochotni se naučit. Dovolte mi malou vsuvku, která objasňuje i mou zkušenost z více než 30leté výuky a v současnosti pozorovatelný a logický pokles kvality výuky. Před zhruba 20 roky jsem se jako proděkan pro pedagogickou činnost zúčastnil semináře konaného v souvislosti s přípravou státních maturit. Na tomto semináři měl přednášku neuropatolog primář František Koukolík. Z jeho vynikajícího podaného výkladu vyplynulo, že v průběhu generací má 12 až 14 procent studentů z populačního ročníku předpoklady k úspěšnému dokončení vysokoškolských studií, avšak na vysokou školu jich odchází studovat obvykle 60 až 70 procent. Konstatoval tehdy, že tato kvantita studujících má vliv nejen na úroveň znalostí studentů, ale zákonitě se odráží i v kvalitě výukového procesu (omlouvám se za možné nepřesnosti v citaci z této přednášky). Nyní k mé

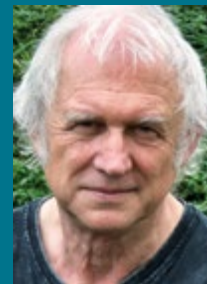
zkušenosti konkrétní příklad. Na dotaz o znalosti Archimedova zákona ho řada studentů – a není to malý počet – není schopna správně interpretovat, dokonce ani po absolvování předmětu hydraulika. Zkusil jsem se při jedné návštěvě maminky mé ženy (je jí více než 80 let, pochází ze statku a po absolvování základní školy celý život pracovala v lese) v legraci zeptat, zda zná Archimedův zákon. A výsledek – nejenže mi ho celý správně řekla, ba dokonce ho i vysvětlila. A na závěr k poslední části otázky. Po akreditaci programu Environmentální modelování v něm ročně studovalo mezi osmi až čtrnácti studenty z různých oborů naší fakulty, ale i z vedlejších fakult, a dokonce i z Karlovy univerzity. Úroveň těchto absolventů byla výborná. Dokladem je jejich uplatnění v praxi, na fakultě, v ústavech Akademie věd (Ústav pro hydrodynamiku, Ústav termomechaniky), ve firmě DHI, a. s., ale i ve vašem VÚVTGM. Absolventi se uplatnili i v zahraničí – v Německu, Velké Británii a podobně. Následně postupně docházelo ke snižování zájmu o tento obor a klesá i zájem studentů na bakalářském oboru Vodní hospodářství a magisterském oboru Voda v krajině. Vysvětluji si to tím, že jakmile studenti zjistí, že by měli studovat technický obor a s tím matematiku, fyziku, hydrauliku, hydrologii a další technické předměty, raději volí snazší cestu k získání vysokoškolského vzdělání. A tak na závěr rozhovoru ještě doplním jedno konstatování – v České republice bude již v blízké budoucnosti chybět dostatek vysokoškolsky vzdělaných vodohospodářů.

Pane profesore, velice vám děkuji za milé setkání i za čas, který jste věnoval našemu rozhovoru.

Mgr. Zuzana Řehořová

Prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Prof. Ing. Pavel Pech, CSc., narozen 31. ledna 1955 v Berouně, vystudoval obor Vodní stavby a vodní hospodářství na Fakultě stavební ČVUT. Po absolutoriu v roce 1979 nastoupil do podniku Vodní zdroje, s. p., kde se věnoval problematice související s hydraulikou studní. Tematikou hydrodynamických zkoušek na vrtech, vznikem a vyhodnocováním dodatečných odporů ve vrtu a jeho nejbližším okolí se zabýval i ve své kandidátské (doktorské) práci na Katedře zdravotního inženýrství ČVUT. Kandidátskou práci obhájil v roce 1985. Poté přešel do Ústavu pro hydrodynamiku – tehdy ČSAV – a věnoval se řešení oscilačního proudění v srdečně-cévním systému v oddělení biomechaniky a později numerickému modelování proudění v nádržích v oddělení hydrologie. V roce 1990 změnil zaměstnání a přešel na VŠZ, později ČZU v Praze. V roce 1995 se habilitoval v oboru Hydroinformatika a roku 2005 byl jmenován profesorem v oboru Zemědělská a lesnická hydrologie. Na ČZU začal s výukou cvičení z Hydrauliky a Malých vodních toků. V současné době přednáší předměty Hydraulika, Hydraulika povrchových a podzemních vod, Hydraulika podzemních vod, Hydraulics a Groudwater hydraulics. Podílel se na řešení a později vedl řadu prakticky zaměřených grantů vypsaných Ministerstvem zemědělství, Ministerstvem vnitra a Technologickou agenturou ČR (TA ČR). V poslední době je hlavním řešitelem grantů TA ČR zaměřených na udržitelné využívání zásob podzemních vod v České republice a zavádění nových technologií čištění vrtů, kdy například v rámci projektu TA ČR ve spolupráci s německou firmou SONIC Technologies GmbH bylo vyvinuto zařízení čištění vrtů pomocí ultrazvuku, které je nyní úspěšně využíváno firmou VODNÍ ZDROJE, a. s.



Ohlédnutí za Národním dialogem o vodě 2023

Tradiční akce Národní dialog o vodě proběhla po čtyřleté pauze způsobené covidovou pandemií tentokrát v hotelu Skalský Dvůr na Vysočině ve dnech 25. a 26. října 2023. Akce byla pořádána Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. Masaryka, v. v. i. (dále jen VÚV TGM) ve spolupráci s Českou vědecko-technickou vodohospodářskou společností, z. s. Hlavním tématem akce byl komplexní přístup k ochraně zdrojů pitné vody. Toto téma oslovilo velké množství odborníků z oblasti vodního hospodářství (118 účastníků), ať už šlo o zástupce Ministerstva životního prostředí (MŽP), Ministerstva zemědělství (MZe), Ministerstva zdravotnictví, státních podniků Povodí, Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), vodoprávních úřadů, provozovatelů vodovodů a kanalizací (VaK), starostů, soukromých firem, hydrogeologů a dalších.

Akce byla tento rok více zaměřena na diskuzi mezi panelisty, moderátorem a přítomnými účastníky. Dialog byl tematicky rozdělen do čtyř bloků. První blok byl věnován problematice ochrany vodních zdrojů v povodí. Moderátorem byl ředitel VÚV TGM, Ing. Tomáš Fojtík, jenž zároveň všechny přítomné na úvod vřele přivítal a vytvořil uvolněnou a přátelskou atmosféru. Každý blok začínal krátkou desetiminutovou prezentací. První blok uvedla Mgr. Lucie Jašíková, Ph.D., z VÚV TGM. Zaměřila se hlavně na problematiku rizikové analýzy částí povodí, která představuje novou výzvu ve splnění požadavků EU směrnice 2020/2184 o jakosti pitné vody. Protože tuto analýzu budou zpracovávat státní podniky Povodí, nechyběly mezi panelisty jejich dvě zástupkyně, Ing. Lenka Bartošová ze státního podniku Povodí Ohře a Mgr. Lenka Procházková ze státního podniku Povodí Moravy. Jako další panelisté byli pozváni Ing. Radka Hušková zastupující Sdružení oborů vodovodů a kanalizací ČR, z. s. (SOVAK ČR), a Mgr. Ladislav Faigl z MZe.

Z prvního bloku byly formulovány následující závěry:

1. Referenční rok pro identifikaci odběrů surové vody bude rok 2023, případně 2024.
2. Do databáze Surová voda (spravované ČHMÚ) bude nutné doplnit informaci o útvaru podzemní vody, ze kterého je odebírána surová voda.
3. Je nutné apelovat na provozovatele VaK, aby řádně dodržovali legislativní požadavky vyhlášky 428/2001 Sb. v platném znění a doplňovali informace o odběru a jakosti surové vody do databáze Surová voda (spravované ČHMÚ). Provozovatelé, kteří jsou členy SOVAK ČR, budou upozorněni prostřednictvím SOVAK ČR, ostatní provozovatelé VaK budou upozorněni prostřednictvím MZe.
4. Je žádoucí, aby povodí odběru tvořila jedna vrstva zpracovaná jedním zpracovatelem na základě jedné metodiky, a to pro celou ČR.
5. Za SOVAK ČR bylo potvrzeno, že provozovatelé VaK budou monitorovat relevantní ukazatele surové vody na základě doporučení, jež vyplynou z rizikové analýzy částí povodí.
6. V následné večerní diskuzi bylo navrženo, aby s rizikovou analýzou částí povodí pro odběry podzemní vody byly podnikům Povodí nápomocny VÚV TGM a ČHMÚ.

Druhý blok moderoval a zároveň uvedl svou prezentaci RNDr. Josef Vojtěch Datel, Ph.D., z VÚV TGM. Představil téma ochranných pásem vodních zdrojů (OPVZ), jejich aktuální legislativní rámec a evidenci. Mezi přednášejícími byli odborníci ze státní správy (Dr. Ing. Marcela Burešová, MPA, z Krajského úřadu

Středočeského kraje a Mgr. Martin Pták z odboru ochrany vod MŽP), zástupci státních podniků Povodí (Mgr. Petr Ferbar z Povodí Labe, státní podnik, RNDr. Jindřich Duras, Ph.D., a prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc., oba z Povodí Vltavy, státní podnik) a i zástupci hydrogeologů ze soukromých firem (Ing. Jakub Průša ze Severočeských vodovodů a kanalizací, a. s., a RNDr. Svatopluk Šeda z FINGEO, s. r. o.).

Hlavní závěry tohoto bloku:

1. Institut OPVZ je nezbytné i nadále udržet, nicméně výrazně upravit (modernizovat).
2. Jelikož současné možnosti i dílčích revizí OPVZ jsou omezené, je nutné dosáhnout „pružné aktualizovatelnosti“ opatření (na základě výsledků rizikové analýzy).
3. Je nezbytná změna kontrolních mechanismů a nástrojů motivačního a restriktivního charakteru.
4. Komplexní ochrana jakosti a množství vod musí být vždy funkčně propojena.
5. K řešení předchozích bodů je třeba zajistit odpovídající metodické nástroje. Nicméně problematiky ochrany vodních zdrojů podzemních a povrchových vod je třeba řešit metodicky odděleně.
6. Efektivní komplexní řešení znamená: snížení a zpomalení povrchového a podpovrchového odtoku. Zvýšení důrazu na infiltraci vody v antropogenně nezatíženém prostředí a ochrana území, kde k infiltraci dochází. Opatření jsou tvořena kombinací přírodně blízkých postupů a technických prvků propojených do funkčního celku (jak v krajině, tak pro urbanizované lokality).
7. Kombinovaný přístup k vodním nádržím by měl zahrnovat také možnost vodárenského využití nádrží, které neplní funkci pro vodárenské účely.
8. Je potřeba zřídit mezioborovou pracovní skupinu pro rozpracování výše uvedených tezí.

Třetí blok zahájil prezentací doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc., z VÚV TGM. Jeho tématem byla jakost pitných vod se zaměřením na „nové látky“, jako jsou léčiva, pesticidy, per- a polyfluoroalkylované látky (PFAS) a další. Diskuzi v tomto bloku řídil Mgr. Vít Kodeš, Ph.D., z ČHMÚ. Mezi panelisty nechyběli MUDr. František Kožíšek, CSc., ze Státního zdravotního ústavu, Mgr. Milan Koželuh z Povodí Vltavy, státní podnik, Mgr. Marek Skalický z Vodárny Káraný, a. s., a Ing. Radka Hušková zastupující SOVAK ČR.

Z tohoto bloku vyplynuly následující závěry:

1. Legislativa pro pitné vody v současné době dostatečně ošetřuje výskyt látek, které nejsou v legislativě konkrétně vyjmenované.
2. Analytika je nastavena na látky, o nichž máme povědomí – výběr sledovaných zástupců jednotlivých skupin látek se řeší podle množství a četnosti používání (léčiva), známé polutanty se sledují v závislosti na průmyslu, specifické polutanty podle rizika výskytu.



Foto: T. Pojeta

3. PFAS – probíhá monitoring jejich výskytu v pitné vodě i monitoring zdrojů PFAS, zatím se nejvíce jeví jako plošný problém. Je nutné řešit opatření u zdroje výskytu PFAS včetně restrikce jejich používání.
4. U léčiv je otázkou, jak uchopit princip „znečišťovatel platí“, zda lze a má smysl řešit opatření u zdroje. O koloběhu léčiv ve vodním prostředí víme velmi málo. Řešíme koncentrace, ale málo bilance. Je žádoucí napřít výzkum na prohloubení znalostí.
5. S ohledem na ekonomické dopady žádoucího odstraňování léčiv a ostatních mikropolutantů je nutný nový přístup k cenotvorbě. Byla formulována výzva směrem k MZe a MŽP na ustanovení pracovní skupiny k řešení této problematiky.

Poslední shrnující blok moderoval Ing. Karel Drbal, Ph.D., z VÚV TGM. Hlavní závěry z prvního až třetího bloku byly diskutovány jak mezi panelisty tohoto bloku (Ing. Tomáš Fojtík z VÚV TGM, Mgr. Jiří Paul, MBA, z Vodovody a kanalizace Beroun, a. s., RNDr. Pavel Punčochář, CSc., z MZe, Mgr. Mark Rieder z ČHMÚ, Dr. Ing. Antonín Tůma z Povodí Moravy, s. p., a Mgr. Lukáš Záruba z MŽP), tak i mezi účastníky v sále. Všichni účastníci Národního dialogu se shodli na tom, že ochrana vody a především vodních zdrojů je klíčová a že by měla být jednoznačnou prioritou všech občanů České republiky. Tato ochrana však musí být

komplexní a musí být dosaženo optimalizace témat legislativních, ekonomických, ale i vzdělávacích. Zároveň je velmi důležité, aby byla větší povědomost o problematice ochrany vodních zdrojů i mezi širokou veřejností. Nicméně základem pro tuto ochranu by měly být dlouhodobé koncepce a vize, o něž by se odborníci ze všech oborů vodního hospodářství mohli opřít. Národní dialog o vodě 2023 se pokusil právě některé tyto vize nastínit.

Hlavní závěry z Národního dialogu si můžete stáhnout zde [1].

Literatura

[1] https://www.vuv.cz/wp-content/uploads/2023/10/Seminar_NDoV_IV_20231027.pdf

Autorka

✉ **Mgr. Lucie Jašíková, Ph.D.**
lucie.jasikova@vuv.cz
 ORCID: 0000-0001-5209-406X

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha
 Informativní článek, který nepodléhá recenznímu řízení.

Kozmické ptačí louky a jejich význam pro přírodu a krajinu

ÚVOD

Aluviální mokřady a nivní (v literatuře často označované jako mokré) louky jsou jedním z typů biotopů, jež s postupným rozvojem kulturní krajiny postihla největší transformace a často úplný zánik. Na území České republiky ta nejvýznamnější transformace převodem na polní kultury spolu s melioracemi vyvrcholila zhruba v sedmdesátých letech minulého století. Diskuze o významu mokřadů však v různých obdobích oživaly, přičemž faktory, které tyto diskuze spouští, jsou především povodně a sucha, na což jednoznačně poukazuje sucho započaté v roce 2015. Aluviální mokřady a nivní louky už svým názvem naznačují, že jsou situovány v říční krajině a jsou v periodickém či stálém kontaktu s povrchovou vodou větších řek a podzemní vodou včetně hyporeálu. Je tedy nasnadě, že tyto krajinné prvky mají minimálně lokálně význam pro koloběh vody a látek říční krajiny. Tyto hydrologické efekty jsou už dnes v literatuře poměrně dobře popsány, v tomto ohledu lze zmínit zásadní práce Benstead, Drake a kol. [1], Štěrba a kol. [2], Cílek, Just a kol. [3] nebo Čížková, Vlasáková a kol. [4]. Důležitostí mokřadů s ohledem na jejich historický výskyt v krajině Polabí se zabývá i Richter [5]. Hydrologický význam aluviálních luk je tedy neoddiskutovatelný, je proto žádoucí akcentovat i význam pro biodiverzitu rostlin a živočichů. Navíc tyto biotopy představují v krajině přirozený a vzájemně provázaný přechod mezi terestrickými a akvatickými stanovišti a systémy.

Popis lokality a její historie

Kozmické ptačí louky jsou největší soukromou rezervací firmy Semix Pluso, s. r. o., se současnou výměrou přesahující 70 ha. Nacházejí se v záplavovém území řeky Opavy v prostoru mezi obcemi Dolní Benešov, Kozmice a Jilešovice. Jde v současnosti o souvislý biotop psárkových a ostřicových luk, který vznikl na meliorovaných polních pozemcích. Zajímavostí je, že v 19. století se na tomto území nacházely rybníky a mlýnské náhony a zbytek rybníční hráze s porosty dubu a dalších lužních dřevin je dosud zachován. Z mlýnu se dochoval pouze Kolečkův mlýn postavený v roce 1845, ale vyskytovaly se zde i starší objekty, např. mlýn Na Osikovci, poprvé zmiňovaný v roce 1446, nebo ještě starší Jilešovický



Obr. 1. Stav lokality v roce 2000 s převahou zemědělské půdy a polí (Zdroj: WMS ČÚZK)

mlýn, o němž existují záznamy už z roku 1377 (Solnický, [6]). Koneckonců vodní náhony, jako jsou Mlýnská strouha s derivací na jezu ve Smolkově, protékající oblastí bývalých rybníků soustavy Dolního Benešova a Kozmic, nebo Opusta a Přehyně, tuto mlýnskou a rybníční historii lokality připomínají.

Etapy

V první etapě vznikla rezervace o výměře 13 ha v rámci adaptačního projektu MŽP „Kozmické ptačí louky – obnovená příroda“. Hlavním záměrem tohoto projektu bylo dosáhnout těchto cílů (upraveno podle Semix Pluso, s. r. o.):

- obnovy základních funkcí říční krajiny (aluvia údolní nivy řeky Opavy spolu s potoky Juliánka a Přehyně a optimalizace vodního režimu v krajině),
- podpory retenční schopnosti území,
- vzniku nových tůň (11 objektů o celkové ploše 3,27 ha),
- náhrady napřímeného toku potoka Přehyně novým meandrujícím korytem s proměnlivou šířkou se dvěma bočními tůňmi a délkou toku 735 m,
- vybudování tří valů sloužících jako zimoviště pro obojživelníky,
- obnovy aluviálních luk a šetrného hospodaření (vhodné načasování sečí s ohledem na hnízdění ptáků a vývojový cyklus motýlů),
- výsadby dřevin a keřů (doplňení stávajících soliterních dřevin a vytvoření pásu keřů podél cyklostezky s cílem odclonění díla a zajištění potřebného klidu),
- propagace přírody vybudováním pozorovatelny a naučných tabulí pro veřejnost,
- podpory ohrožených a chráněných druhů organismů (ptáků, obojživelníků, bezobratlých i ryb).

Součástí první etapy bylo i vybudování ptačí pozorovatelny pro návštěvníky rezervace, která byla později přejmenována na Pozorovatelnu Petra Čolase – na počest předčasně zemřelého ředitele ostravské ZOO.

Během druhé etapy v letech 2017 a 2018 byla rezervace rozšířena o další vodní a suchozemské biotopy a prvky. Třetí etapa probíhala v letech 2020 a 2021 a motivací pro její vznik bylo mimo jiné i zasažení území povodněmi; šlo tedy o to, aby byly umožněny přirozené rozlivy a zároveň existovala refugia pro zvěřící obyvatele Kozmických ptačích luk včetně Exmoorského divokého koně.



Obr. 2. Současný stav lokality s výskytem mokřadů a vodních ploch (Zdroj: WMS ČÚZK)

Význam lokality pro přírodu a krajinu

Pokud se zaměříme na význam Kozmických ptačích luk pro zadržení vody v krajině, tak ani extrémně suché období let 2015–2019 nevedlo k úplnému vyschnutí lokality. Od třetí etapy navíc počet vodních ploch a mokřadů vzrostl, takže se tento efekt ještě posílil. Půdní vláhu pozitivním způsobem ovlivňuje i existence rozvinutého a pestrého lučního společenstva, které je v dobré kondici díky spásání Exmoorským divokým koněm. Specifické účinky pastvy velkých kopytníků na tato společenstva a na ně navazující druhy bezobratlých a obratlovců včetně vzácných druhů motýlů nebo bahňáků lze nalézt v publikaci Jirků, Dostál [7] nebo Danell, Duncan a kol. [8]. Pozitivní efekty lze shrnout na dopady samotné pastvy (koně si vybírají rychle rostoucí druhy, jež by bez pastvy dominovaly) a také rozrušování půdy kopyty, což při periodickém podměčení lokality zvyšuje druhovou diverzitu bylinného patra. Dalším pozitivním efektem výskytu divokých koní je i „ochranný faktor“ pro ptačí druhy, kdy zejména bahňáci vyhledávají jejich přítomnost a jsou daleko klidnější než obvykle. Tato obecná tendence se projevila i v prostoru Kozmických ptačích luk, kde se ze skupiny bahňáků vyskytuje stabilní populace čejky chocholaté (*Vanellus vanellus*) či vodouše rudonohého (*Tringa totanus*). Pravidelně jsou tu přítomny i další druhy vodoušů, např. vodouš šedý (*Tringa nebularia*), a ze skupiny bahňáků i v ČR vzácně se vyskytující koliha velká (*Numenius arquata*). Z dalších zajímavých a výjimečných druhů vodních a mokřadních ptáků se na lokalitě pravidelně objevuje více druhů

volavek, mezi nimi občas i volavka stříbrná (*Egretta garzetta*). Významným okamžikem v historii luk bylo i vyhnízdění hohola severního (*Bucephala clangula*). Zvyšující se počet hnízdících párů husy velké (*Anser anser*) je během jarního a podzimního tahu doplněn i přechodným výskytem husy běločelé (*Anser albifrons*). Z vzácnějších či v krajině ČR méně se vyskytujících kachen můžeme zmínit čírku modrou (*Anas querquedula*) nebo lžičáka pestrého (*Spatula clypeata*).



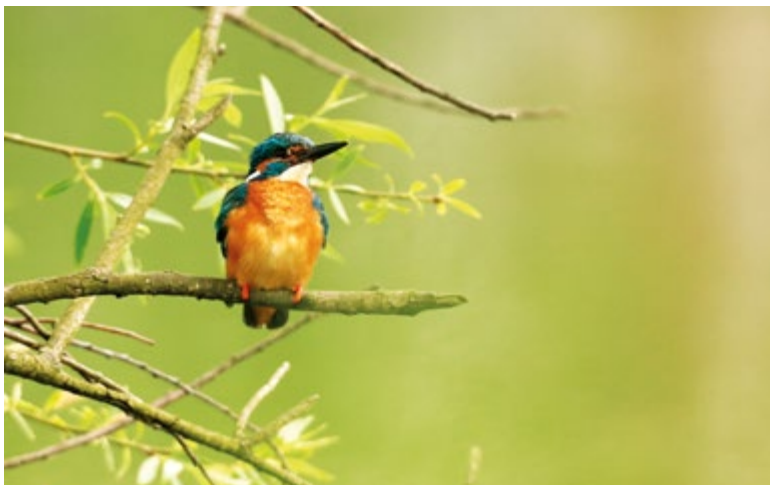
Obr. 5. Exmoorský pony je nádherné zvíře...



Obr. 3. Malé srnče objevuje svět



Obr. 6. ... a zároveň velmi odolné a nenáročné



Obr. 4. Ledňáček na Kozmických ptačích loukách prospívá



Obr. 7. Na vodu je zvyklý a s vodou provázaný



Obr. 8. Ranní slunce nad Kozmickými ptačími loukami



Obr. 9. Vodouš rudonohý



Obr. 10. Volavka bílá v ranních paprscích slunce



Mezi vzácné druhy pěvců, s nimiž se lze na lukách setkat, je možné zařadit například strnada rákosního (*Emberiza schoeniclus*). K opravdovým perlám a úspěchům rezervace však bezesporu patří pravidelně se opakující výskyt jeřába popelavého (*Grus grus*) a jeho letošní první úspěšné vyhníždění na této lokalitě. Zmiňovaná pastva divokých koní, která podporuje diverzitu nektarodárných bylin, pozitivně ovlivňuje i výskyt krvavce totenu (*Sanguisorba officinalis*), a tím i téměř ohroženého modráška bahenního (*Maculinea nausithous*). Velkou výhodou Exmoorského pony je i fakt, že ve srovnání s domestikovanými plemeny koní je daleko otužilejší a s vyšší imunitou vůči parazitům, takže až na výjimky (námraza, zasažení lokality povodní apod.) není nutné jeho přikrmování. V současnosti stádo na Kozmických ptačích loukách čítá 26 hřebců převážně mladého věku. Během loňského a letošního roku byly počty velkých kopytníků doplněny o desetičlenné stádo Skotského náhorního skotu (Highland cattle). Kozmické ptačí louky tak vedle svého nesporného významu pro přírodu a krajinu Hlučínska a Opavska představují i atraktivní cíl pro výlety. Pokud však chtějí návštěvníci pozorovat zde se vyskytující vzácné a zajímavé druhy živočichů, je nutné se chovat citlivě a tiše, což by pro přírodní lokality mělo platit obecně.

Literatura

- [1] BENSTEAD, P., DRAKE, M. a kol. *Mokré lúky. Průručka ochrany a manažmentu aluviálních a přímořských mokřiných lúk*. Bratislava: Daphne, 2001. 172 s. ISBN: 80-968495-2-2.
- [2] ŠTĚRBA, O. a kol. *Říční krajina a její ekosystémy*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2008. 391 s. ISBN: 978-80-244-2203-9.
- [3] CÍLEK, V., JUST, T. a kol. *Voda a krajina. Kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině*. Praha: Dokořán, 2017. 198 s. ISBN: 978-80-7363-837-5.
- [4] ČÍŽKOVÁ, H., VLASÁKOVÁ, L. a kol. *Mokřady: Ekologie, ochrana, udržitelné využívání*. České Budějovice: Jihočeská Univerzita, 2017. 630 s. ISBN: 978-80-7394-658-6.
- [5] RICHTER, P. Vývoj lokalizace rybníků v Polabské nížině od poloviny 19. století – 1. část – Pardubicko. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2023, 65(3), s. 32–38. ISSN 0322-8916.
- [6] SOLNICKÝ, P. *Vodní mlýny na Moravě a ve Slezsku*, I. díl. Praha: Libri, 2007. 221 s. ISBN: 978-80-7277-244-5.
- [7] JIRKŮ, M., DOSTÁL, D. *Zhodnocení managementu bezlesí VVP Milovice-Mladá přirozenou pastvou velkých kopytníků 2015–2019. Výzkumná zpráva nadace Česká krajina*. Praha, 2020. 25 s.
- [8] DANELL, K., DUNCAN, P. a kol. *Large Herbivore Ecology, Ecosystem Dynamics and Conservation*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 506 s. ISBN: 978-0-521-53687-5.

Autoři

doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D.¹

✉ jan.unucka@chmi.cz

Petr Bláha²

✉ petr.blaha@semix.cz

¹Český hydrometeorologický ústav, Ostrava

²Semix Pluso, s. r. o., Otice u Opavy

Informativní článek, který nepodléhá recenznímu řízení.



Obr. 11. Rybák obecný



VTEI/2023/6

Od roku 1959

VODOHOSPODÁŘSKÉ
TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE
WATER MANAGEMENT
TECHNICAL AND ECONOMICAL INFORMATION

Odborný dvouměsíčník specializovaný na výzkum v oblasti vodního hospodářství.
Je uveden v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v ČR.

Ročník 65



VTEI.cz

Vydává: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka,
veřejná výzkumná instituce, Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

Redakční rada:

RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., doc. Ing. Michaela Danáčová, Ph.D., doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur,
doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D., Mgr. Róbert Chriaštel, Mgr. Vít Kodeš, Ph.D.,
Ing. Jiří Kučera, PharmD. Markéta Marvanová, Ph.D., BCGP, BCPP, FASCP,
Ing. Martin Pavel, Ing. Jana Poórová, Ph.D., Mgr. Hana Sezimová, Ph.D.,
Dr. Ing. Antonín Tůma, Mgr. Lukáš Záruba, Ing. Marcela Zrubková, Ph.D.

Vědecká rada:

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D., prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc.,
prof. Ing. Radka Kodešová, CSc., RNDr. Petr Kubala, Ing. Tomáš Mičaník, Ph.D.,
Ing. Michael Trnka, CSc., Dr. rer. nat. Slavomír Vosika

Šéfredaktor:

Ing. Josef Nistler (josef.nistler@vuv.cz)

Odborné redaktorky:

Mgr. Zuzana Řehořová (zuzana.rehorova@vuv.cz)
Mgr. Hana Beránková (web) (hana.berankova@vuv.cz)

Zdroje fotografií tohoto čísla:

VÚV TGM, 123RF.com, Ibra Ibrahimovič, RNDr. Aleš Létal, Ph.D.,
doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D., Mgr. Radek Bachan

Grafická úprava, sazba, tisk:

ABALON s. r. o., www.abalon.cz

Náklad 400 ks. Časopis VTEI vychází od roku 2022 v anglické mutaci,
která je k dispozici na <https://www.vtei.cz/en/>

Příští číslo časopisu vyjde v únoru. Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na www.vtei.cz

CC BY-NC 4.0
ISSN 0322-8916
ISSN 1805-6555 (on-line)
MK ČR E 6365



ÚPRAVNA VODY VE VÍTKOVĚ-PODHRADÍ

Úpravna vody v Podhradí (část obce Vítkov) se nachází v Moravskoslezském kraji, cca 18 km jižně od Opavy. Jde o nejstarší úpravnu vody v povodí Odry, která zároveň patří k největším úpravnám vody v České republice s výrobní kapacitou 2 700 l/s. Byla budována v letech 1954–1962 současně s vodním dílem Kružberk a je součástí vodárenské soustavy Ostravského oblastního vodovodu. S Kružberkem je propojena 6,7 km dlouhou štolou, jež přivádí surovou vodu na úpravnu, kde je čištěna pro pitné účely a poté distribuována převážně na Ostravsko, ale také do okolí Fulneku, Bruntálu a na Přerovsko.

Budova úpravní reprezentuje průmyslovou technickou stavbu od architekta Cyrila Kainara. Je tvořena železobetonovým skeletem s cihelnými vyzdívkami. Osově symetrická dispozice objektu evokuje v půdorysu tvar letadla či letícího ptáka. Uplatňuje se zde jedinečná koncepce dvou na sobě nezávislých částí pro čištění a úpravu surové vody, které jsou zrcadlově uspořádány. Fasádu budovy zdobí rozsáhlý reliéf, poslední dílo sochaře Vincence Makovského z let 1961–1964 z cyklu Voda v našem životě. Z tohoto důvodu je stavba od roku 1974 památkově chráněna.

V souvislosti s nutností rekonstrukce a modernizace technologií je ukázkou hledání kompromisu mezi požadavky provozu a památkové péče. V případě technologie je nadřazena autenticita funkce autenticitě materiálu a technického zařízení. Z architektonického hlediska je hledání kompromisu vedeno tak, aby stavba zůstala dokladem architektury své doby a nedošlo k degradaci jejích hodnot.

Text dodali Ing. Miriam Dzuráková a Mgr. David Honek, Ph.D., fotografii Mgr. Radek Bachan.

**VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA**

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz