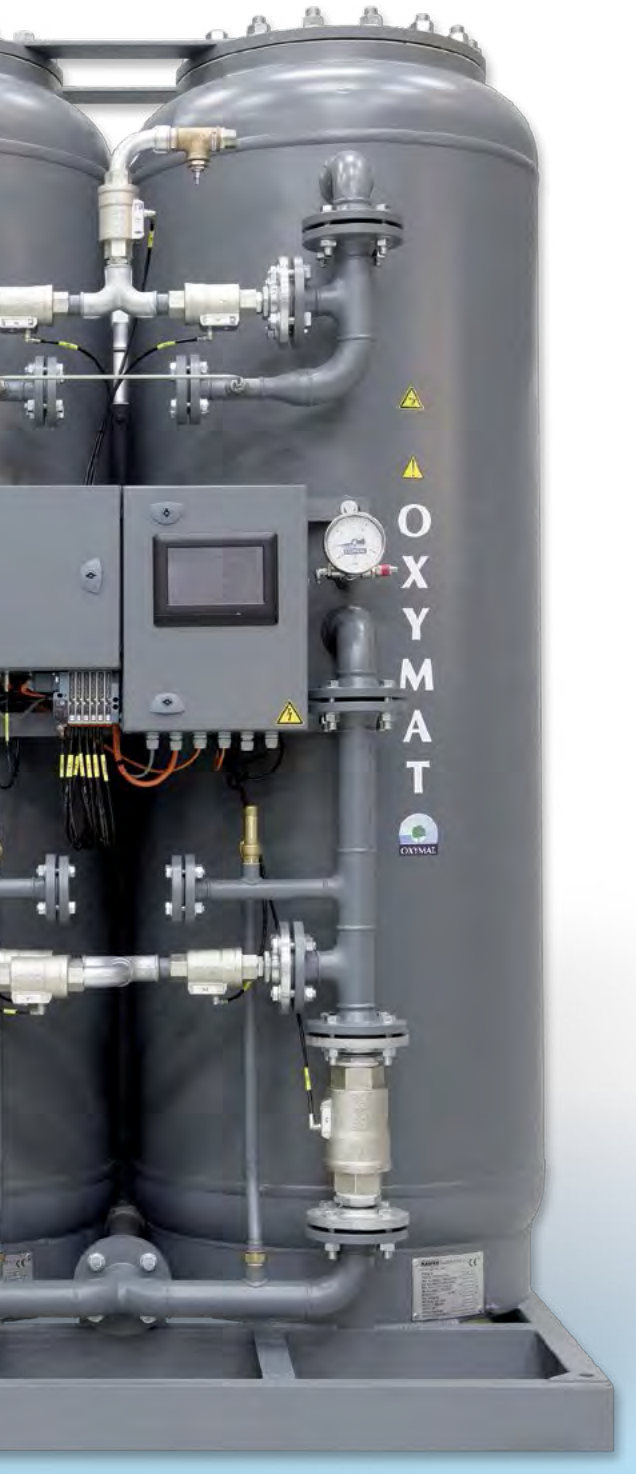
vodní hospodářství®
www.vodnihospodarstvi.cz
ročník 73
6
2023



disa
OXYMAT®
O_2 & N_2
ekologická výroba
přímo na místě

5.–6. 9. Membránové procesy pro udržitelný rozvoj. Pardubice. Info na 4. straně obálky.

7. 10. Seminář k 70. výročí Ústavu technologie vody a prostředí na VŠCHT. Info na 2. straně obálky.

11.–12. 10. Magedburský seminář. Karlovy Vary. Info na 3. straně obálky.

VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE

Ústav technologie vody a prostředí vás zve na seminář k 70. výročí svého založení

Vodní hospodářství pod tlakem globální změny klimatu

VŠCHT Praha, Budova A, posluchárna AII

6. října 2023 od 14.00

Registrujte se **zde →**
nebo na **tvp.vscht.cz**

Předběžný program:

Téma	Přednášející	Instituce
Zahájení semináře	prof. Dr. RNDr. Pavel Matějka prof. Ing. Pavel Jeníček, CSc. prof. Ing. Jan Bartáček, Ph.D.	Rektor VŠCHT Praha Děkan FTOP Vedoucí Ústavu technologie vody a prostředí
Keynote: Vodní hospodářství ČR pod tlakem globální změny klimatu a vodního blahobytu…	RNDr. Petr Kubala	Předseda představenstva Svaz vodního hospodářství ČR
Adaptace vodního hospodářství hl. m. Prahy na změnu klimatu a budoucí výzvy pro absolventy vodařských studijních oborů	Ing. Pavel Válek, MBA	Předseda představenstva Pražská vodohospodářská společnost a.s.
Jak může přispět akademická sféra: Současné aktivity Ústavu technologie vody a prostředí ve výzkumu, vzdělávání a v aplikacích	prof. Ing. Jan Bartáček, Ph.D.	ÚTVP, VŠCHT Praha
70+ let historie Ústavu technologie vody a prostředí	prof. Ing. Jana Zábranská, CSc.	ÚTVP, VŠCHT Praha
Přestávka		
Úkoly provozovatelů vodárenské infrastruktury při adaptaci vodního hospodářství na změnu klimatu: Národní i evropská perspektiva	Ing. Vilém Žák	Ředitel a člen představenstva SOVAK ČR
Potřeby a očekávání průmyslových partnerů od vzdělávání a výzkumu v oblasti vodního hospodářství	Ing. Ondřej Beneš, Ph.D., MBA, LL.M.	Obchodní a technický ředitel pro oblast vody Veolia Česká republika, a.s.
Spolupráce expertů napříč sektory: Způsob, jak čelit současným globálním výzvám	doc. Ing. David Stránský, Ph.D.	Předseda výboru Asociace pro vodu ČR
Stopa ÚTVP v mezinárodních organizacích v oblasti vodního hospodářství	prof. Ing. Jiří Wanner, DrSc.	ÚTVP, VŠCHT Praha
Závěr, pozvání na networking a na Noc vědců	prof. Ing. Jan Bartáček, Ph.D.	ÚTVP, VŠCHT Praha

Navazující akce semináře: Networking s občerstvením (cca hodina)
Navazující akce VŠCHT Praha (17:00): Noc vědců

Mediální partner
vodní hospodářství®

BIM, BÁC, BUM

Zúčastnil jsem se valné hromady ČVTVHS. Typicky schůzová činnost, kterou nevyhledávám. Přesto pozvání, pokud to jde, rád přijímám. Setkání je totiž pravidelně okořeněno nějakou zajímavou přednáškou. Letos pan Stanislav Winkler z Povodí Labe hovořil o BIM. Mnozí z nás si toto slovo spojujeme jen se zvukem zvonu. V této souvislosti však jde o zkratku **Building Information Modeling,** přeloženo do češtiny Informační model budovy. Jde o průběžný proces tvorby a správy staveb založený na virtuálním modelu stavby (digitální dvojče). Z našeho oboru to tedy může být jak třeba přehrada, tak i vodárna. Není to (jen) nástroj projektování, umožňuje komplexní přístup nejen během návrhu a výstavby, ale i během provozu, celé životnosti. Je to tedy více jak AutoCAD. Důležité je, že jde o proces; předpokládá se, že do systému jsou ukládány jakékoliv relevantní informace průběžně a nepřetržitě, které kdokoliv s přístupem může dohledat. Ten instrument slouží od návrhu, projektování, přes údržbu až po ukončení funkčnosti, životnosti toho objektu. Mnozí během diskuse pochybovali: je to vlastně rozšířený AutoCAD, data jsou, půjde o dublování. To je (částečně) pravda, ale informace jsou nyní různě rozsypané, nepropojené a těžce dohledatelné. V takto uložených informacích se vyzná většinou jen ten, který byl u jejich vzniku. Ve chvíli odchodu takového specialisty z podniku se informace ztrácely, byly skoro nedohledatelné. BIM umožní neztrácet informace s personální obměnou, lze snadno dohledávat už jednou získané informace. Mnozí z účastníků byli skeptičtí, zda se neobjevuje objevené. Věřím, že za pár let budeme všichni rámcově vědět, co **BIM** je, co od něj očekávat. Pro projektanty, správce, manažery to bude každodenní pomocník, jedna z mobilních aplikací, která bude k užitku.

Došlo k destrukci Kachovské přehrady. Protrhla se hráz vodního díla, které zadržovalo mnohonásobek objemu vody v naší největší nádrži, v Orlíku. Následná vlna zdevastovala (eroze, kontaminace, destrukce infrastruktury…) několik tisíc čtverečních kilometrů urbánní, zemědělské i přírodní krajiny. Náprava bude otázkou hóóódně let. Nespekulujme, jak k destrukci došlo. Neoddiskutovatelné je, že přehrada byla v moci ruských okupantů, kteří sami přiznali (spíše vyhrožovali), že je prošpikovaná výbušninami. Zřejmé je, že prvotním hybatelem této tragédie bylo rozhodnutí megalomanského maniaka a jeho nohsledů okupovat samostatný stát, kterému v roce 1992 dnešní okupant garantoval hranice, bezpečnost a právo na sebeurčení výměnou za to, že se Ukrajina zřekne jaderného vojenského arzenálu. Velkou vinu ale mají všichni Rusové, kteří se nechali zblbnout propagandisty, že je jim ubližováno, že jsou národ vyvolených, který může určovat, jak budou ostatní skákat. Díl viny má i ta mlčící část ruské populace, jako ji měli lidé ve fašistickém Německu. Obdivuji ty, kteří nemlčeli a nemlčí. Obzvlášť pokud se rozhodli v ruské jámě lvové zůstat. Za povinnou považuji obzvlášť v dnešní době knihu *Otázka viny* od německého filosofa Karla Jasperse. Pokud většina z nás bude uvažovat v intencích „Co je nám do nich? Proč nám přidělávají problémy, proč kvůli nim máme ‚trpět' sníženou spotřebou?", pak zažijeme i my **BUM.**

Před více než měsícem se v kolumbijské džungli zřítilo malé letadlo. Přežily jen děti od jednoho (!) do 13 let. Po 40 dnech je našli živé! To nebyl zázrak. Pomohlo jim to, že byly z domorodé komunity a uměli v tom prostředí žít. Kdo z nás by přežil? Já určitě ne! Mnozí z nás přitom na tyto přírodní lidi nazírají s despektem. Přežívá v nás, že jsme něco více, prý tak vycházejí i inteligenční testy. Ty jsou však koncipované pro naši civilizaci pro náš život v džungli velkoměsta. Jak bychom my, uživatelé komfortu evropské civilizace (dovolím si provokovat: my, bílé huby) dopadli, pokud bychom měli vyplňovat IQ testy vytvořené lidmi z autentické džungle? Vím, že by můj IQ byl na hranici debility. Proto je pro mě zřícení toho letadla takovým výchovným pohlavkem, zkrátka **BÁC**.

Ing. Václav Stránský

vodní hospodářství® 6/2023

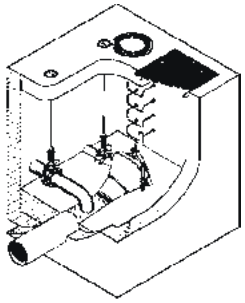
OBSAH

- **Hydrologická měření prostřednictvím automatických systémů v prostoru PVP Bukov (Kocman, T.; Průcha, P.; Musil, R.; Vylamová, P.; Vencl, M.) 1**
- **Stanovení konceptu limitních hodnot ztráty půdy vodní erozí z pohledu epizodních událostí (Kolbabová, V.; Kapička, J.; Bauer, M.; Dostál, T.; Kavka, P.; Krása, J.; Achasova, A.) 4**
- **Zkušební provoz pilotní jednotky hrubého předčištění pro odstranění shrabků a písku (Chorazy, T.; Raček, J.; Hlavínek, P.) 10**
- **Ohrožení přírodních břehů oscilačními větrnými vlnami (Kotaška, S.; Špano, M.; Duchan, D.) 13**
- **Různé**
- ASIO, 30 let! (Stránský, V.) 19
- Oceňování činnosti bobrů s využitím Nákladů obvyklých opatření resortu životního prostředí (na příkladu jejich působení v zátopové ploše suché povodňové nádrže Žichlínek u Lanškrouna) (Just, T.) 20
- Jaká je situace s modro-zelenou infrastrukturou v Písku? (Králová, K.)…24
- Mikropolutanty v technologii vody (Kvaček, R.; Stránský, D.) 27

CONTENTS

- **Hydrological measurements through automatic systems in the PVP Bukov (Kocman, T.; Prucha, P.; Musil, R.; Vylamova, P.; Vencl, M.) 1**
- **Establishing the concept of soil loss tolerance from the perspective of episodic events (Kolbabova, V.; Kapicka, J.; Bauer, M.; Dostal, T. Kavka, P.; Krasa, J.; Achasova, A.) 4**
- **Trial operation of the mechanical pre-treatment pilot unit for the removal of screenings and sand (Chorazy, T.; Racek, J.; Hlavinek, P.) 10**
- **Threat of embankments and natural banks by oscillatory wind waves (Kotaska, S.; Spano, M.; Duchan, D.) 13**
- **Miscellaneous 20, 24, 27**
- **Company section 19**

Uveřejněné články jsou otevřeny k diskusi do 31. srpna 2023. Rozsah diskusního příspěvku je omezen na 2 normostrany A4, a to včetně tabulek a obrázků. Příspěvky laskavě zasílejte na e-mail stransky@vodnihospodarstvi.cz.



Vírový ventil v regulační šachtě *FluidCon*

PFT Prostředí a fluidní technika, s.r.o.
Nad Bezednou 201, 252 61 Dobrovíz
telefon: 233 311 389
fax: 233 311 290
www.pft-uft.cz
e-mail: pft@pft-uft.cz

Dodavatel vystrojení kanalizačních objektů
- regulace odtoku z odleh. komor
- automat. stírané česle GIWA
- monitoring OK systémem AQASYS
- pneu. ČSOV GULLIVER

TECHNOAQUA

Výhradní zastoupení pro ČR a SR TD ISCO, AQUALABO GROUPE, EUREKA WATER PROBES, IJINUS
- měření průtoku na odlehčení
- automatické vzorkovače
- průtokoměry
- monitorovací stanice
- měřící přístroje, sondy
- pronájem, monitoring
- servis, školení

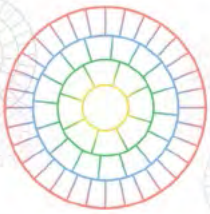
U Parku 513, 252 41 Dolní Břežany
e-mail: mail@technoaqua.cz, www.technoaqua.cz

HUTIRA
s úctou k přírodě

Váš partner pro hospodaření s vodou

www.hutira.cz

MBBR
Moving Bed Biofilm Reactor



www.pro-aqua.cz

AQUATIS

INŽENÝRSKÁ A PROJEKTOVÁ ČINNOST VE VŠECH OBORECH VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ

AQUATIS a. s.
Botanická 834/56, 602 00 BRNO
tel.: 541 554 111, fax: 541 211 205
E-mail: info@aquatis.cz, www.aquatis.cz

Pobočka: Praha, Třebohostická 14, 100 31 Praha 10, tel.: +420 602 612 153
Organizační složka Trenčín, Jesenského 3175, 911 01 Trenčín, tel.: +421 326 522 600

Hydrologická měření prostřednictvím automatických systémů v prostoru PVP Bukov

Tomáš Kocman, Pavel Průcha, Radim Musil, Pavlína Vylamová, Marek Vencl

Abstrakt

V metamorfovaných horninách jihovýchodní části moldanubika bylo pro sérii výzkumných experimentů zaměřených na dlouhodobou bezpečnost a technickou proveditelnost budoucího hlubinného úložiště radioaktivních odpadů na 12. patře bývalého uranového dolu Rožná vybudováno podzemní výzkumné pracoviště Bukov (dále PVP). Cílem hydrogeologického výzkumu v PVP Bukov, který je prováděn od roku 2018, je získání informací o charakteru podzemních vod hlubokého oběhu a jejich kvalitativních a kvantitativních parametrech v čase a prostoru. Měření kvantitativních parametrů podzemní vody v PVP Bukov je prováděno subjektem autorizovaným k výkonu úředního měření průtoku kapalin, technologie monitorovací sítě obsahuje automatické měřicí systémy s připojenými čidly a technologickou obrazovku pro vizualizaci měřených dat a sdílení archivovaných hodnot.

Klíčová slova

monitoring – voda – Podzemní výzkumné pracoviště Bukov – monitorovací síť

1. Úvod

V metamorfovaných horninách Českého masivu, v jihovýchodní části moldanubika, bylo na 12. patře bývalého uranového dolu Rožná vybudováno podzemní výzkumné pracoviště Bukov (dále PVP Bukov).

Cílem hydrogeologického výzkumu v PVP Bukov, který je prováděn od roku 2018 a navazuje na výsledky charakterizace PVP Bukov, je získání informací o charakteru podzemních vod hlubokého oběhu a jejich kvalitativních a kvantitativních parametrech v čase a prostoru. Zároveň je hydrogeologický výzkum zaměřen na posouzení vzájemných vazeb jednotlivých typů vod a charakterizaci prostředí jejich vzniku, proudění a akumulace. Měření kvantitativních parametrů podzemní vody v PVP Bukov je prováděno subjektem autorizovaným k výkonu úředního měření průtoku kapalin, technologie monitorovací sítě obsahuje automatické měřicí systémy s připojenými čidly a vzdáleným přístupem také technologickou obrazovku pro vizualizaci měřených dat a sdílení operativních měřených hodnot. V souvislosti s procesem měření byl zaveden i metrologický postup navázání měřidel na etalony vyšších řádů zajišťující jednotnost a správnost měření a proces verifikace a autorizace měřených operativních dat. Jedná se o sofistikovaný přístup k získávání hydrologických dat a jejich vyhodnocení, mající zásadní význam pro další výzkum hlubinných úložišť.

2. Geologické poměry PVP Bukov

Zájmové území PVP Bukov (**obr. 1**) je tvořeno jednotkami Strážeckého moldanubika, které na východě přechází do Svrateckého krystalinika. Na základě hydrogeologické rajonizace [2] náleží zájmové území do hydrogeologického rajónu 65601 Krystalinikum v povodí Svratky – střední část.

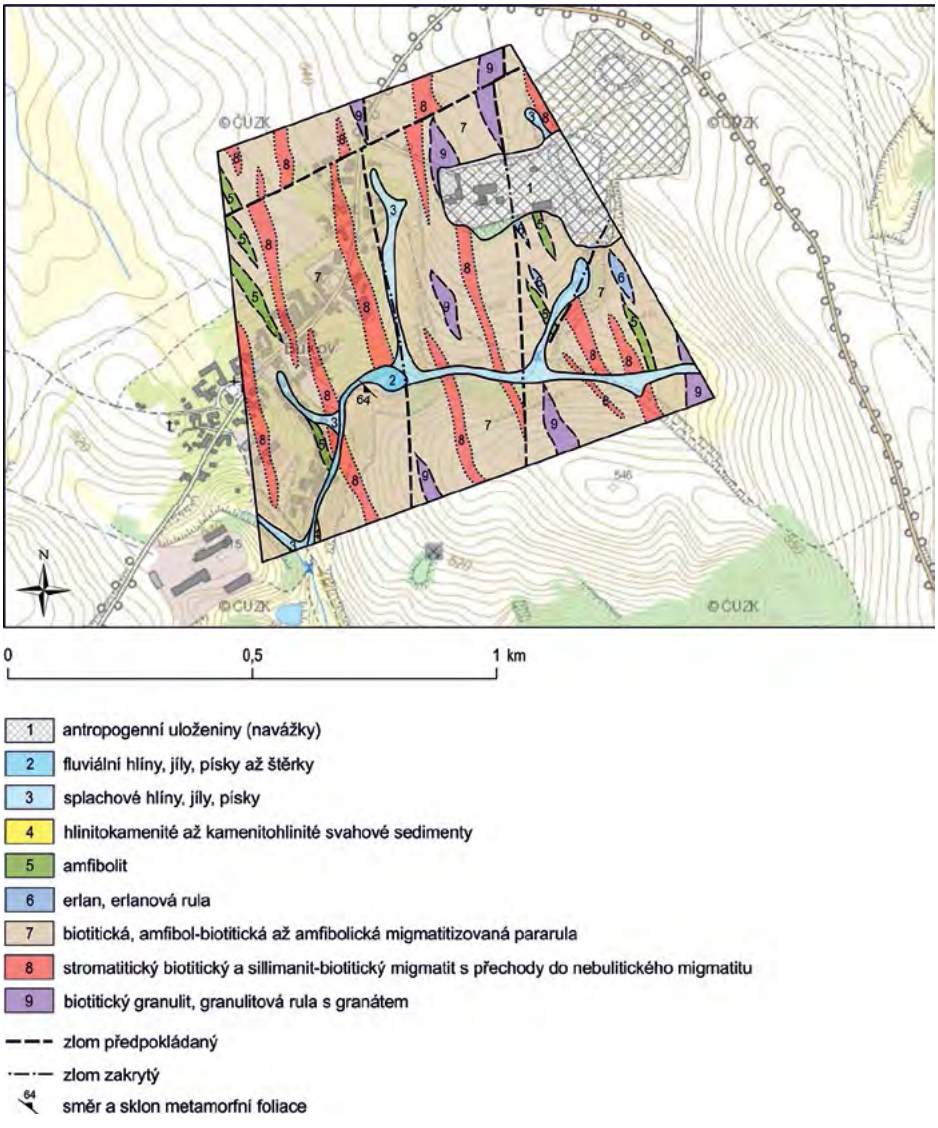
Zvodnění prostředí krystalinických hornin je vázáno převážně na přípovrchovou zónu rozpojených puklin a zvětralinového pláště. Hloubkový dosah přípovrchové zóny rozvolnění puklin s aktivním oběhem podzemních vody se pohybuje v rozmezí 40–100 m [1]. Ve větších hloubkách krystalinika je propustnost vázána na puklinové zóny a tektonická pásma. Pro oběh podzemních vod jsou významné regionální zlomy SSZ–JJV směru, přičemž tyto zlomy jsou lemovány pramenními vývěry. Druhým směrem „vodivých" struktur je směr SV–JZ – tento směr odpovídá diagonálním dislokacím směru 55–70°, které jsou uváděny ve starších pracích jako otevřené, s průběžností desítky až stovky metrů a s drenážní funkcí [1].

Hydrogeologické poměry v prostoru ložiska jsou značně ovlivněny dřívější hlubinnou těžbou na dole Rožná. Vlivem těžby došlo k rozevření starých a ke vzniku druhotných puklin (trhlin), což výrazně přispělo ke vzniku intenzivní infiltrace povrchových a mělkých podzemních vod do prostoru důlního díla a rozsáhlá oblast tak byla tímto zásahem hydraulicky propojena. Celkem 580 km důlních chodeb ve 24 patrech a na ploše cca 18,5 km² (největší plocha dobývacího prostoru z roku 1978) působí při odvodňování dolu jako efektivní drenáž podzemních vod.

3. Metody měření průtoků

Měrné body v PVP Bukov obsahují široké rozpětí měřených průtoků od 0,001 až po 3,6 l/s. Jedná se o měrné profily v otevřených korytech, uzavřených potrubích a soustředěné výtoky z puklin ve stěnách masivu PVP Bukov.

Okamžité hodnoty průtoku a jejich variabilita byly prvním a základním kritériem pro určení vhodné metody měření průtoku, dále do rozhodovacího procesu vstupovala hydraulická charakteristika měrného profilu, neméně důležitým hodnotícím kritériem byla také přesnost a spolehlivost navrhovaného automatizovaného měření.



Obr. 1. Geologická mapa prostoru PVP Bukov

Obr. 2. Ukázka měření průtoku člunkovými průtokoměry

Byla provedena série hydrometrických měření metodou rychlostního pole, metodami objemovou a vážicí a byly posouzeny hydraulické charakteristiky měrných bodů. Tato měření byla provedena subjektem, který je držitelem Autorizace od Úřadu pro technickou normalizaci a státní zkušebnictví k výkonu úředního měření v oboru průtok kapalin, ke každému měření byl vydán doklad o úředním měření průtoku.

Tab. 1. Objemové měření průtoku překlopnými člunkovými průtokoměry

Metoda měření	typ	počet měrných bodů
Q/H charakteristika	vzdouvací objekt: Parshallův žlab PARS P2	1
Q/H charakteristika	vzdouvací objekt: tenkostěnné přelivy	2
Q/H charakteristika	vzdouvací objekt: přelivy s výtokovou hubicí	1
rychlost/plocha	průtokoměr (indukční i objemové)	4
objemová/vážicí	překlopný člunkový průtokoměr	13
Celkový počet měrných bodů		21

Po takto provedených měřeních a vyhodnocení hydrauliky měrných bodů bylo rozhodnuto o metodách měření průtoku pro průtoky od 0,001 do 3,2 l/s.

Pro průtoky nižší, než je 0,001 l/s bylo možné použít nádoby s automatickým vypouštěním, případně snímání pozice hladiny při plnění nádob s různou pozicí výtokových otvorů. Při hodnocení vhodnosti metody měření jsme vycházeli z našich praktických, a ne příliš dobrých zkušeností s dlouhodobým provozem a spolehlivostí spínacích kontaktů ovládajících vypouštěcí ventily (zanášení průtočného profilu vypouštěcího ventilu, protékání ventilu, chyba kontaktního spínače).

Naše rozhodnutí směřovalo tedy k řešení, které je zatíženo nejmenší chybou měření a je také dlouhodobě nejspolehlivější. Tím je metoda objemového měření průtoku překlopnými člunkovými průtokoměry (**tab. 1**):

Dále byla měřicí síť doplněna o tři čidla pro měření vlhkosti a teploty vzduchu.

4. Technologie monitorovací sítě

Technologie monitorovací sítě obsahuje automatické měřicí systémy s připojenými čidly a technologickou obrazovku pro vizualizaci měřených dat a prohlížení archivovaných hodnot.

4.1 Automatický měřicí systém

Měřicí čidla (**obr. 2**) jsou propojena kabeláží s automatickými měřicími systémy, které provádí řízení sběru měřených veličin, jejich vyhodnocení a lokální archivaci. Měřicí systémy jsou pomocí ethernetu připojeny do místní sítě přímo v PVP Bukov, která je optickým kabelem propojena s povrchem a zapojena do internetové sítě. Takto jsou měřená data vyvedena z PVP Bukov na povrch a přenesena do datahostingového serveru, kde je prováděna další archivace měřených dat. Základní nastavení měřicích systémů je následující:

- Interval měření: kontinuální, archivace 10 minut;
- Odesílání dat na server: 10 minut;
- Alarmové funkce: při překročení limitní hodnoty;
- Vyhodnocovací funkce: výpočet průtoků podle Q/H (Q/h) charakteristiky, případně jednotky pulsu.

V prostoru PVP Bukov jsou instalována hladinová čidla (3 manometrické sondy, 1 ultrazvuková sonda), objemové, vážicí a indukční průtokoměry (pulsní 15, analogové 2), dále jsou instalována čidla vlhkosti a teploty vzduchu (3 ks), tlaků v uzavřených potrubích (1 ks) a čidla teploty vody (1 ks).

4.2 Vizualizace měřených dat

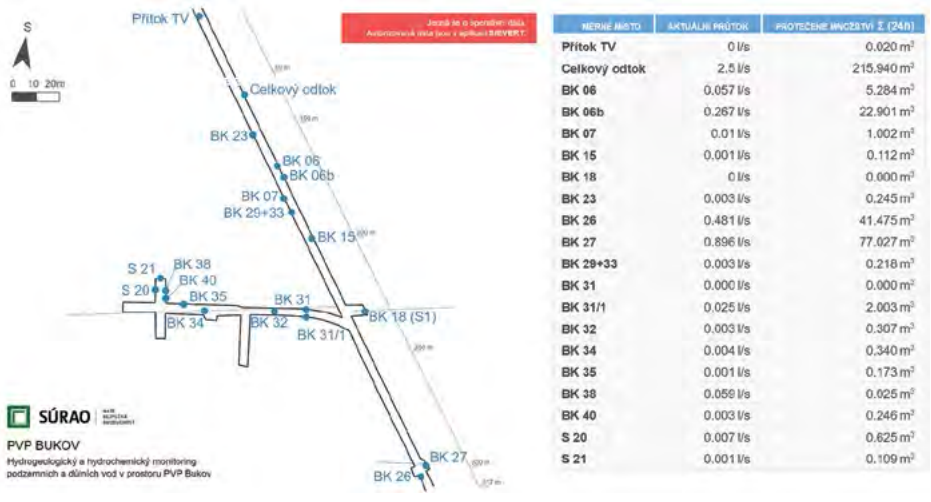
Přenos měřených dat probíhá na zabezpečené cloudové datahostingové servery, záloha dat je řešena online replikací (zrcadlením) serverů.

Vizualizace dat je prováděna formou technologické obrazovky (**obr. 3**), která poskytuje základní technické údaje o měrných bodech, fotodokumentaci a grafické a tabelární výstupy měřených dat včetně jejich exportů ve formě *.csv. Výhodou technologické obrazovky je zahrnutí všech měrných bodů ze zájmové lokality (body na povrchu a body v PVP Bukov) do jedné přehledné aplikace.

5. Zajištění provozu měřicích systémů

5.1 Servisní činnosti

Důležitou podmínkou pro zajištění provozu sítě měrných bodů je pravidelný servis měřicích systémů a související údržba měrných bodů. Na toto se často zapomíná a při zpracování dat se zpětně obtížně zdůvodňují zdánlivě „nevysvětlitelné“ změny naměřených hodnot sledovaných veličin. Cílem servisních prací je zajišťovat provoz měřicí techniky, provádět kontrolní měření (kalibraci) měřicích systémů a údržbu měrného bodu pro zachování daných hydraulických podmínek. Důležitá je evidence z prováděných prací, která je vedena



MĚRNÉ MÍSTO	AKTUÁLNÍ PRŮTOK	PROTEČENÉ MNOŽSTVÍ Σ (24h)
Přítok TV	0 l/s	0.020 m³
Celkový odtok	2.5 l/s	215.940 m³
BK 06	0.057 l/s	5.284 m³
BK 06b	0.267 l/s	22.901 m³
BK 07	0.01 l/s	1.002 m³
BK 15	0.001 l/s	0.112 m³
BK 18	0 l/s	0.000 m³
BK 23	0.003 l/s	0.245 m³
BK 26	0.481 l/s	41.475 m³
BK 27	0.896 l/s	77.027 m³
BK 29+33	0.003 l/s	0.218 m³
BK 31	0.000 l/s	0.000 m³
BK 31/1	0.025 l/s	2.003 m³
BK 32	0.003 l/s	0.307 m³
BK 34	0.004 l/s	0.340 m³
BK 35	0.001 l/s	0.173 m³
BK 38	0.059 l/s	0.025 m³
BK 40	0.003 l/s	0.246 m³
S 20	0.007 l/s	0.625 m³
S 21	0.001 l/s	0.109 m³

Obr. 3. Technologická obrazovka pro PVP Bukov

Obr. 4. Ukázka úředního měření průtoku metodou rychlostního pole a metodou konečného objemu

v Protokolu o servisních činnostech. Jelikož v prostorách PVP Bukov probíhá řada experimentů, tak každý měrný bod má přímo u sebe uložen Provozní deník měrného bodu, do kterého jsou zapisovány údaje, které mohou ovlivnit nebo ovlivnily proces měření dané veličiny (např. odběr vzorku před nátokem na překlopný průtokoměr). Záznamy z Protokolu o servisních činnostech na měrném bodě doplněné o informace z Provozního deníku měrného bodu jsou podkladem pro autorizaci měřených dat. Servisní práce na měrných bodech jsou prováděny v souladu s Plánem kvality v intervalu 1× za dva měsíce.

5.2 Úřední měření průtoku, zajištění funkční způsobilosti měrného bodu

Nejvyšší metrologickou úrovní pro proces měření průtoku v profilech s volnou hladinou je posouzení funkční způsobilosti měrného bodu (**obr. 4**). To je definováno odvětvovou technickou normou vodního hospodářství TNV 25 9305. Jedná se o soubor postupů, pomocí nichž se určí, zda měřicí systém ve funkci pracovního měřidla nestanoveného splňuje technické a metrologické požadavky a je způsobilý pro měření proteklého objemu.

Předmětem posouzení funkční způsobilosti měřicího systému je:

- vizuální kontrola všech prvků měřicího systému a měrného profilu;
- popis a kontrola procesní instrumentace a nastavení měřicí techniky;
- kontrola geometrických charakteristik měrného bodu a linearity procesu měření;
- kontrola proudových charakteristik a stanovení průtoku nezávislou metodou;
- kontrola integrace průtoku na proteklý objem;
- kontrola dálkového přenosu signálu mezi jednotlivými prvky měřicího systému.

V návaznosti na výsledek posouzení funkční způsobilosti měřidla se vydá Protokol o posouzení funkční způsobilosti měrného bodu pro měření průtoku a proteklého objemu vod. Součástí protokolu je Doklad o úředním měření průtoku.

Úřední měření průtoků bylo prováděno metodami objemovou, vážicí a metodou rychlostního pole. Posouzení funkční způsobilosti

Tab. 2. Tabulka kódu ovlivnění v režimových datech

Kódy ovlivnění	
NFZ	Není funkčně způsobilý
PFZ	Posouzení funkční způsobilosti
ODV	Odběr vzorku
ODB	Odběr vody do PVP
ERR	Porucha snímače/sondy
OH	Odborný odhad
OM	Ovlivnění měření
SCU	Srážkoměr částečně ucpaný
SKU	Srážkoměr kompletně ucpaný
MK#	Měrná křivka pro určité období

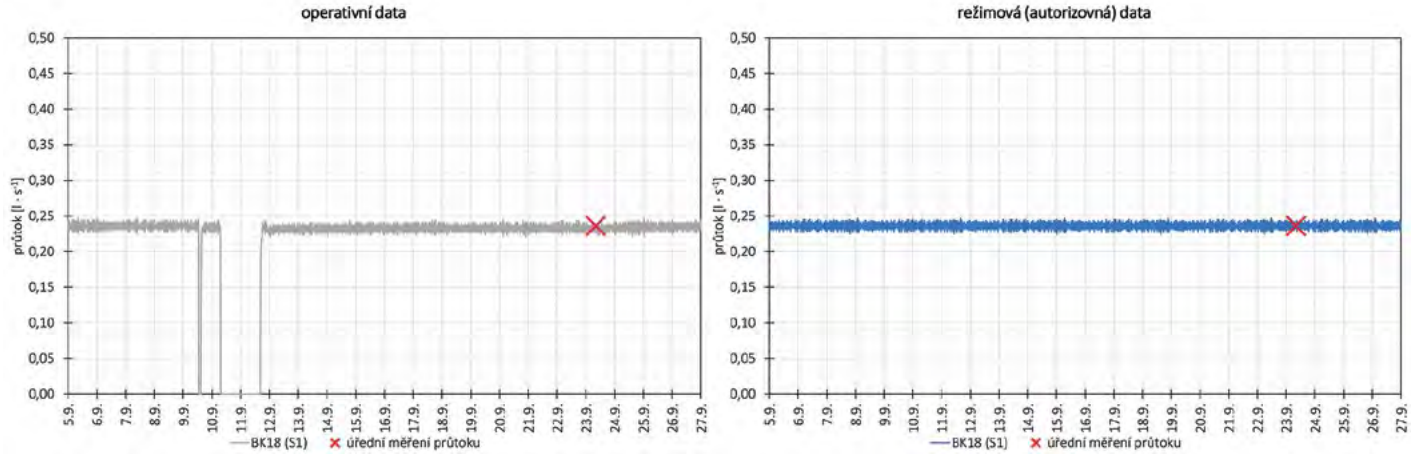
měrného bodu a úřední měření průtoků je prováděno v souladu s plánem kvality 1x ročně.

6. Autorizace naměřených dat

V souladu s plánem monitoringu je prováděna autorizace měřených, tj. **operativních dat**. Autorizace je provedena na základě série ručních kontrolních měření ze servisních činností, úředních měření a posouzení funkční způsobilosti. Z operativních dat jsou odstraněny chyby a ovlivnění měření a jednotlivým hodnotám jsou na základě pozorovaní, provozu a průběhu monitoringu případně přiřazeny **kódy ovlivnění** měření (**tab. 2**). Bez znalosti ovlivnění měření a relevantnosti naměřených hodnot nelze s daty v rámci výzkumu v prostorách PVP Bukov dále pracovat. Takto autorizovaná data se nazývají **data režimová.**

Ukázka postupu při autorizaci operativních dat je znázorněna na **obr. 5.**

Na měrném bodě probíhaly v termínu 9.–12. 9. 2019 geofyzikální experimenty, kvůli kterým byl demontován pakr horizontálního vrtu společně s měřicí technikou (**obr. 5**). Podkladem pro autorizaci dat byly servisní činnosti a kontrolní měření průtoků dne 23. 9. a dále se



Obr. 5. Grafické zpracování odlišnosti operativních a režimových dat

vycházelo ze záznamu z Provozního deníku měrného bodu, kde byly práce na měrném bodě popsány. Doplněným údajům byl přiřazen odpovídající kód (dle **tab. 1**), který je součástí režimových dat.

7. Závěr

Z hlediska měření průtoku je lokalita PVP Bukov zajímavá zejména širokou škálou průtoků od 0,001 do 4 l/s a tím také odlišnými metodami měření průtoků. Pro zajištění vysoké přesnosti měření byl vytvořen systém činností, které jsou podkladem pro autorizaci dat.

Měření průtoku je prováděno subjektem autorizovaným k výkonu úředního měření průtoku vod. Provedením posouzení funkční způsobilosti měrných bodů je zajištěna jednotnost a správnost měření průtoku a navázání měřidel na etalony vyšších řádů.

Monitoring průtoků v PVP Bukov probíhá již pátý rok a metody měření a nastavený režim činností zaručuje spolehlivost a přesnost měřených dat.

Literatura/References

[1] Bukovská, Z. et al. (2017): Komplexní geologická charakterizace prostorů PVP Bukov, závěrečná zpráva. – TZ 191/2017, Archiv SÚRAO.

[2] Olmer, M. et al. (2006): Hydrogeologická rajonizace České republiky. Sborník geologických věd, hydrogeologie, inženýrská geologie, 23. Česká geologická služba, Praha.

Ing. Tomáš Kocman[1)]
Pavel Průcha[1)]
Mgr. Radim Musil[2)]
Mgr. Pavlína Vylamová[2)] (autorka pro korespondenci)
Ing. Marek Vencl[3)]

[1)] Kocman envimonitoring, s.r.o.
Šimáčkova 674/137
628 00 Brno

[2)] GEOtest, a.s.
Šmahova 1244/112
627 00 Brno
vylamova@geotest.cz

[3)] Správa úložišť radioaktivních odpadů (SÚRAO)
Dlážděná 6
110 00 Praha 1

Hydrological measurements through automatic systems in the PVP Bukov (Kocman, T.; Prucha, P.; Musil, R.; Vylamova, P.; Vencl, M.)

Abstract

In the metamorphic rocks of the the south-eastern part of the Moldanubik was built for a series of research experiments focused on long-term safety and technical feasibility of a future deep repository for radioactive waste an underground research facility Bukov (hereinafter PVP), situated on the 12th floor of the former uranium mine Rožná. The aim of hydrogeological research in PVP Bukov, which has been carried out since 2018, is to obtain information about the nature of deep-water groundwater and their qualitative and quantitative parameters in time and space. Measurement of quantitative parameters of groundwater in PVP Bukov is performed by an entity authorized to perform official measurement of liquid flow, monitoring network technology includes automatic measuring systems with connected sensors and a technological screen for visualization of measured data and sharing of archived values.

Key words
monitoring – water – Bukov – PVP – monitoring network

Stanovení konceptu limitních hodnot ztráty půdy vodní erozí z pohledu epizodních událostí

Věra Kolbabová, Jiří Kapička, Miroslav Bauer, Tomáš Dostál, Petr Kavka, Josef Krása, Alla Achasova

Abstrakt

Nastavená protierozní ochrana v České republice je řešena na základě dlouhodobého průměrného smyvu a cílí pouze na ochranu udržitelnosti zemědělské produkce. Nad rámec toho však epizodně vznikají reálné škody s on-site a off-site efekty, jejichž následky je třeba sanovat. Je důležité si tedy položit otázku, zda je nastavení konceptu přípustné ztráty půdy správné a jaký by měl být limit. Aby bylo možno toto zodpovědět, je třeba porovnat měřené objemy ztráty půdy a jimi působené škody s dosavadním systémem používaných limitů. Pro dosažení tohoto cíle byla provedena analýza z dostupných měřených dat ztráty půdy na území České republiky. Výsledky ukazují, že ztráta půdy v závislosti na formě eroze vykazuje rozdílné rozsahy hodnot a při vyšších formách eroze dochází k významnému překročení přípustné ztráty půdy už při jedné erozní události. Tyto výsledky mají důležitý význam pro pochopení erozního procesu v daných oblastech a pro nastavení komplexního systému limitů ztráty půdy.

Klíčová slova
vodní eroze – ochrana půdy – přípustná ztráta půdy – USLE – ochrana vody – erozní modely

Úvod

Vodní eroze je jednou z nejzávažnějších degradací zemědělské půdy, při které dochází k redistribuci či definitivní ztrátě ornice a v ní přítomných živin, ke znečištění okolního životního prostředí půdními částicemi a na ně navázanými znečišťujícími látkami, ke škodám na zemědělských plodinách i na majetku. Je třeba zdůraznit, že eroze je přirozený proces, který se odehrává v krajině po tisíciletí. S výjimkou případů klimatických extrémů probíhá eroze vlivem přírodních faktorů pomalu a postupně. V současnosti je však eroze často urychlena lidskou činností. Cílem protierozní ochrany není proces eroze zastavit, ale udržet rovnováhu mezi přirozenou erozí a lidskou činností a minimalizovat negativní dopady na životní prostředí.

Otázka určení limitních hodnot přípustné ztráty půdy vodní erozí je klíčová vzhledem k tomu, že jsou tyto hodnoty následně používány jako základ pro hodnocení výsledků kvantitativního erozního ohrožení a skutečných erozních ztrát. Tyto hodnoty také slouží pro formulaci environmentálních politik. V rámci nastavení dlouhodobého konceptu přípustné ztráty lze rozlišit dva základní přístupy. „Environmentální“, kdy je důležité především hledání objektivní pravdy a v rámci praktické realizace získaných poznatků co největší zachování životního prostředí v nezměněné podobě (tento přístup můžeme také nazvat akademický). Typickým příkladem takového přístupu je odhad Verheijena et al. [1] založený na zobecnění literárních údajů, podle kterého maximální přípustné ztráty erozí nepřesahují 0,3–1,4 t/ha.rok (v průměru 1 t/ha.rok). Tato hodnota v podstatě odpovídá teoretické rychlosti pedogenetických procesů pro různé druhy a typy půd a lze ji interpretovat tak, že je to ztráta, která je průběžně nahrazována přirozenou tvorbou půdního profilu. Při „pragmatickém“ aplikovaném přístupu je hlavním cílem zajistit udržitelné fungování společnosti, a především hospodářských procesů v určitém časovém období. To je různými autory nazýváno plánovacím horizontem, hodnotícím obdobím apod. (např. [1, 2, 3, 4]). Toto období může být 20–25, 50 nebo 100 let. To znamená, že v tomto případě je úplné zabránění erozním ztrátám obvykle vyloučeno. Důraz je kladen především na udržení stabilní produktivity půdy a předcházení katastrofickým situacím, jako jsou sesuvy půdy, povodně, zničení infrastruktury apod. Příkladem takového pragmatického přístupu je úroveň přijatelné ztráty půdy v USA [5, 6]. Podle definice USDA (United States Department of Agriculture) je přijatelná ztráta půdy maximální míra roční eroze půdy, kterou lze připustit, aniž by došlo k dlouhodobým škodlivým účinkům na produktivitu půdy. Přijatelná ztráta půdy se pak pohybuje v rozmezí od 2,5 do 12,4 t/ha.rok [4] v závislosti na vlastnostech půdy a podmínkách prostředí, v literatuře se s odkazem na USDA obvykle

používá jednotná hodnota 11,2 t/ha.rok (v systému jednotek SI). Jak upozorňuje Morgan [7], tyto normy však byly původně navrženy pro 25 let udržitelného využívání půdy a jsou velmi podmíněné.

V evropském prostředí dochází v poslední dekádě k přechodu od pragmatického k environmentálnímu přístupu. V publikacích z posledních 10–12 let za účasti stejných níže citovaných autorů jsou uváděny různé kvantitativní charakteristiky únosných ztrát půdy. Ve studii OECD [8] se uvádí, že únosná hranice se liší podle hloubky, typu a agroklimatických podmínek půdy, ale obvykle se pohybuje od 1 t/ha.rok na mělkých písčitých půdách do 5 t/ha.rok na hlubších dobře vyvinutých půdách. Podle zprávy Evropského společenství z roku 2008 [9] se hranice pohybuje mezi 1–2 t/ha.rok, zatímco ve studii JRC (Společné výzkumného středisko, Evropská komise) [10] se uvádí 1–3 t/ha.rok, v Borrelli et al. [11] 10 t/ha.rok. V nedávné studii Panagos et al. [12] byla přijatelná úroveň ztráty půdy stanovena na 2 t/ha, zatímco hodnota 11 t/ha byla charakterizována jako práh silné eroze.

Hledání kompromisů mezi environmetálním a pragmatickým přístupem je dáno především ekonomickou situací, tj. ekonomickou možností zajistit co nejúčinnější úroveň ochrany půdy před erozí.

Stávající nastavení přípustné míry eroze v České republice

V České republice vymezení erozně ohrožených lokalit vychází z principů univerzální rovnice ztráty půdy USLE (Universal Soil Loss Equation) [13] a navazující RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) [14], která se doporučuje pro vyhodnocení průměrné dlouhodobé ztráty půdy (G). V rámci vstupních hodnot, v podmínkách ČR, stále dochází k aktualizaci dat (klimatických, půdních, morfologických podmínek a způsobu využití území), která do rovnice vstupují. K výpočtům je využito prostorově distribuovaných vstupních parametrů (výpočet probíhá pro jednotlivé pixely v rasteru) za podpory geografických informačních systémů. Rovnice vyjadřuje dlouhodobou ztrátu půdy v t/ha.rok a nelze ji používat pro období kratší než jeden rok a pro zjišťování ztráty půdy erozí z jednotlivých srážek nebo z tání sněhu. Přípustná míra erozního ohrožení je v České republice upravena v legislativních předpisech, které řeší odpovědnost uživatelů a vlastníků půdy, a dále v opatřeních, která podmiňují vyplácení dotací.

Nejnovějším legislativním rámcem řešícím problematiku erozního ohrožení, a tím i přípustnou míru erozního ohrožení, je Vyhláška č. 240/2021 Sb. o ochraně zemědělské půdy před erozí, která nabyla platnosti 1. 7. 2021. Tato vyhláška stanovuje řešení erozního ohrožení vodní erozí a dále způsob hodnocení erozního ohrožení zemědělské půdy vodní erozí, přípustnou míru erozního ohrožení vodní erozí a opatření k jeho snížení. Protierozní vyhláška je prováděcím předpisem pro Zákon o ochraně zemědělského půdního fondu (č. 334/1992 Sb., v platném znění), který mimo jiné řeší i sankce v případě poškození zemědělského půdního fondu. Přípustná míra erozního ohrožení vodní erozí je zde stanovena pro půdy hluboké (více než 60 cm) a středně hluboké (30–60 cm) na 9 t/ha.rok a pro půdy mělké (méně než 30 cm) na 2 t/ha.rok. Jedná se o uzanční hodnoty, které jsou stanovené bez fyzikálního podkladu a interpretace.

Od roku 2010 jsou v ČR implementovány Standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) zajišťující zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí, a které jsou součástí Kontroly podmíněnosti (Cross Compliance). Hospodaření v souladu se standardy DZES je jednou z podmínek poskytnutí plné výše přímých podpor, některých podpor Programu rozvoje venkova (Osa II) a některých podpor společné organizace trhu s vínem. V rámci nastavení Standardů Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES), konkrétně DZES 5, je platná hodnota přípustné ztráty půdy pro půdy mělké (do 30 cm) 4 t/ha.rok, pro půdy středně hluboké (30–60 cm) a hluboké (více než 60 cm) 17 t/ha.rok. Nicméně se jedná o hodnotu dohodnutou bez fyzikálního podkladu a interpretace. Aktuálně probíhá nové nastavení za účelem sjednocení limitů přípustné ztráty půdy ve standardech DZES a ve Vyhlášce o ochraně zemědělské půdy před erozí.

Dalším podkladem pro řešení přípustné ztráty je certifikovaná a aktuálně platná metodika Ochrana zemědělské půdy před erozí [15], ve které je limit dlouhodobé ztráty půdy stanoven především z hlediska dlouhodobého zachování funkcí půdy a její úrodnosti, a je definován pro půdy středně hluboké (30–60 cm) i hluboké (nad 60 cm) ve výši 4 t/ha.rok. Původně doporučovaných 10 t/ha.rok pro půdy hluboké [16] bylo sníženo z důvodu nutnosti zvýšení jejich ochrany před erozí, neboť se jedná o nejhodnotnější půdy. Pozemky s mělkými půdami s hloubkou do 30 cm by dle této metodiky neměly být využívány pro zemědělskou výrobu a z hlediska zachování jejich trvalé úrodnosti se doporučuje jejich převedení do kategorie trvalých travních porostů.

Na hodnotu 4 t/ha.rok jako přípustnou mez ztráty půdy [15] se odkazuje i Metodický návod pro provádění pozemkových úprav (Státní pozemkový úřad, 2022), který však připouští, že do doby vypracování nové komplexní metodiky protierozní ochrany je možno s odůvodněním použít maximální přípustnou ztrátou půdy 8 t/ha.rok.

Z výše uvedených porovnání je zřejmé, že ukotvení hodnoty přípustné ztráty půdy v České republice je dosud řešeno na základě stanovení dlouhodobého smyvu metodou USLE, ale není jednotné.

Stanovení skutečné míry a intenzity eroze na zemědělských pozemcích

Vodní eroze ve skutečnosti neprobíhá kontinuálně, ale výhradně epizodně, obvykle po intenzivních krátkodobých srážkách, které vyvolají povrchový odtok. Ztrátu půdy způsobenou jednou příčinnou srážkou nazýváme „erozní událost“. Při té vždy dochází ke konkrétnímu odnosu daného objemu zeminy. Při ovlivnění pouze samotného zemědělského pozemku (tzv. on-site efektu), může být materiál redistribuován a dochází tak ke změně mocnosti ornice, ztrátě kvality a produktivity půdy. Při tzv. off-site efektech dochází k odnosu uvolněného materiálu mimo zemědělské pozemky do intravilánu obcí (**obr. 1**), do vodních toků a jiných významných prvků (**obr. 2**), kde dochází k nepříznivým environmentálním a ekonomickým následkům.

Výpočet pomocí USLE nezahrnuje konektivitu erozního procesu. USLE popisuje pouze uvolnění částic, tedy jen část erozního procesu, ale již se nedozvíme nic o transportu a sedimentaci. Nevíme, kolik materiálu se usadí níže na zemědělském pozemku, kolik se odplaví do intravilánu, do toků, kde se materiál opět usadí. Epizodní přístup je tak zcela zásadní v případě, kdy cílem návrhu protierozních opatření je ochrana před off-site efekty, tedy zejména ochrana vodních útvarů, intravilánu a infrastruktury. Při dimenzování zejména technických protierozních opatření je tak vhodné, v souladu s ČSN 75 4500 a současnou praxí, pracovat s dobou opakování příčinné srážky a navrhovat ochranu na určitý požadovaný stupeň bezpečnosti. Podle současných standardů nastavená protierozní ochrana je řešena na základě dlou-

Obr. 1. Fotodokumentace erozní události zaznamenané v Monitoringu eroze zemědělské půdy – ohrožení intravilánu

Obr. 2. Fotodokumentace erozní události zaznamenané v Monitoringu eroze zemědělské půdy – ohrožení vodního útvaru

hodobého průměrného smyvu, nad rámec toho však reálné škody vznikají epizodně a při jejich předcházení či následné sanaci je třeba řešit konkrétní objem sedimentů.

Jak ukázaly výsledky měření vodní eroze v různých částech světa, experimentálně zjištěné hodnoty ztráty půdy mohou kolísat i pro stejnou lokalitu v závislosti na povětrnostních podmínkách nebo zemědělských postupech [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]. To značně komplikuje zobecnění a interpretaci získaných dat a možnost jejich časové a prostorové extrapolace. Stále převažuje názor, že reálná ztráta půdy se pohybuje v rozmezí doporučovaných hodnot (tedy cca kolem 4–10 t/ha.rok), nicméně měření erozních událostí stejně jako současné poznatky z průzkumu koluvizemí například na jižní Moravě naznačují, že tato dlouhodobá průměrná ztráta půdy se na konkrétních pozemcích může pohybovat i v násobcích původně odhadovaných hodnot. V rámci projektu TA ČR Aktualizace konceptu přípustné ztráty půdy ze zemědělských pozemků (SS05010180) byla provedena analýza dostupných reálných hodnot ztráty půdy. Z výsledků analýzy vyplývá, že ztráty půdy se významně liší v závislosti na formě eroze.

Plošná eroze

Plošná eroze se vyskytuje na ploše zemědělského pozemku rovnoměrně, dochází k postupné ztrátě vrchní vrstvy půdy v důsledku erozního procesu. Může docházet k významné ztrátě půdy, ale tento proces se obvykle vyskytuje v menší hloubce a zahrnuje pouze povrchovou vrstvu půdy. Povrchová voda odnáší převážně jemné částice půdy a s nimi spojené chemické látky, dochází hlavně k změně půdní textury a snížení obsahu živin v půdě. Půdy, které procházejí selektivní erozí, se stávají hrubozrnnějšími a mají snížený obsah živin, zatímco půdy, které jsou obohaceny smyvem, jsou jemnozrnnější a bohaté na živiny. Dochází k významným změnám struktury ve srovnání s originální půdou. Selektivní eroze postupuje pomalu, často nenápadně a obtížně se měří.

Během projektu QK1720289 s názvem „Vývoj automatizovaného nástroje pro optimalizaci monitoringu eroze zemědělské půdy pomocí distančních metod“ (2017–2019) byly měřeny odnosy půdy na ozimých plodinách na lokalitách Vraný, Pyšely a Mšeno. Měření povrchového odtoku bylo prováděno pomocí sběrače s měřící plochou 0,2 m². Metodika měření, tak jak byla nastavena, dává údaje o čistě plošném smyvu. Výsledky měření v provozních podmínkách přírodních srážek se pohybují v rozmezí 0,2 až po 1,25 t/ha pro odnosy v porostech ozimých plodin (obilniny, řepka).

Dalším zdrojem informací o ztrátě půdy plošnou erozí je více než 300 experimentů při využití polního dešťového simulátoru Fakulty stavební, ČVUT v Praze (**obr. 3**). Pro simulace byla využita umělá srážka o velikosti 60 mm/hod s průměrnou kinetickou energií 10 J/m².mm, která dopadá na pozemek o velikosti 8x2 m. Při experimentu byl zaznamenán čas spuštění simulátoru (deště) a čas počátku povrchového odtoku. Po celou dobu simulace byly odebírány vzorky povrchového odtoku v intervalu 2,5 minuty po dobu 30 minut (od začátku experimentu). Z těchto vzorků byly následně v laboratoři vyhodnoceny a vypočteny hodnoty objemu povrchového odtoku a ztráty půdy. Pro každý experiment byly zaznamenány informace o půdě a také o vegetaci [25]. Zatímco na ploše úhoru je průměrná hodnota kumulativní ztráty půdy za simulaci přibližně 4 t/ha, tak u širokořádkových plodin se jedná o hodnotu přibližně 0,5 t/ha a u pokryvných plodin a obilnin jde o hodnoty okolo 0,2 t/ha. Vliv plodin je jednoznačně patrný, i když

Obr. 3. Dešťový simulátor připravený k experimentu na ploše vegetace

pro hlubší pochopení je třeba vzít v úvahu vývojovou fázi rostliny a stav půdy na začátku experimentu.

Vyšší formy eroze

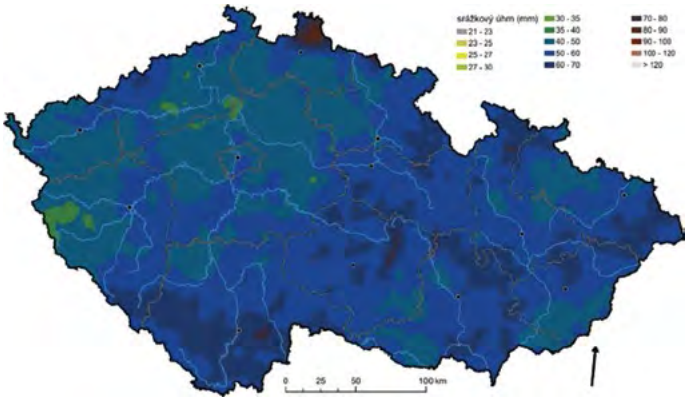
Pokud erozně nebezpečná srážka dopadne na pozemek v období, kdy je pozemek bez pokryvu připraven na setí, či krátce po setí, může docházet k erozním událostem s vyššími formami projevu. Vyšší formy eroze jsou obvykle mnohem intenzivnější a mohou mít mnohem vážnější důsledky. Tyto formy eroze mají tendenci způsobovat erozi o větší hloubce, čímž způsobují mnohem větší ztráty půdy. Dochází k vytváření mělkých, postupně se prohlubujících zářezů (**obr. 4**). Tyto útvary mohou vznikat také v členitém terénu a na dlouhých svazích a podle intenzity se dále dělí na erozi rýžkovou (2–10 cm) a brázdovou, rýhovou (10–30 cm), výmolnou (30–100 cm) a stržovou (více než 100 cm) (např. [26, 27]).

Pro vyhodnocení míry vyšších forem eroze může být využito fotogrammetrických metod, které spočívají v odvození objemu rýh z výpočtu nad digitálním modelem reliéfu [28]. Touto metodou byly určeny objemy erozních rýh z monitorovaných erozních událostí. Při přepočtu hodnoty objemů sedimentů na přispívající plochu dané skupiny rýh se hodnoty pohybují mezi 5,5 t/ha až 56,8 t/ha. Při interpretaci těchto hodnot je nutné uvažovat míru pravděpodobnosti opakování erozní události a předchozí nasycení ovlivňující tvorbu povrchového odtoku.

Reálné erozní události

Užitečným zdrojem informací je také Monitoring eroze zemědělské půdy [29, 30, 31], ze kterého byly vybrány erozní události, kde bylo možné z popisu události a dalších doplňujících informací identifikovat množství sedimentů, které bylo odneseno vodní erozí. Tyto informace byly následně doplněny o sběr a analýzu rozšiřujících dat (metodami dálkového průzkumu země (DPZ), terénní šetření, rešerše projektových dokumentací apod.). Finálně bylo využito dat ze 4 erozních událostí, pro které bylo možno získat relevantní data

Obr. 4. Fotodokumentace erozní události zaznamenané v Monitoringu eroze zemědělské půdy – vyšší formy eroze

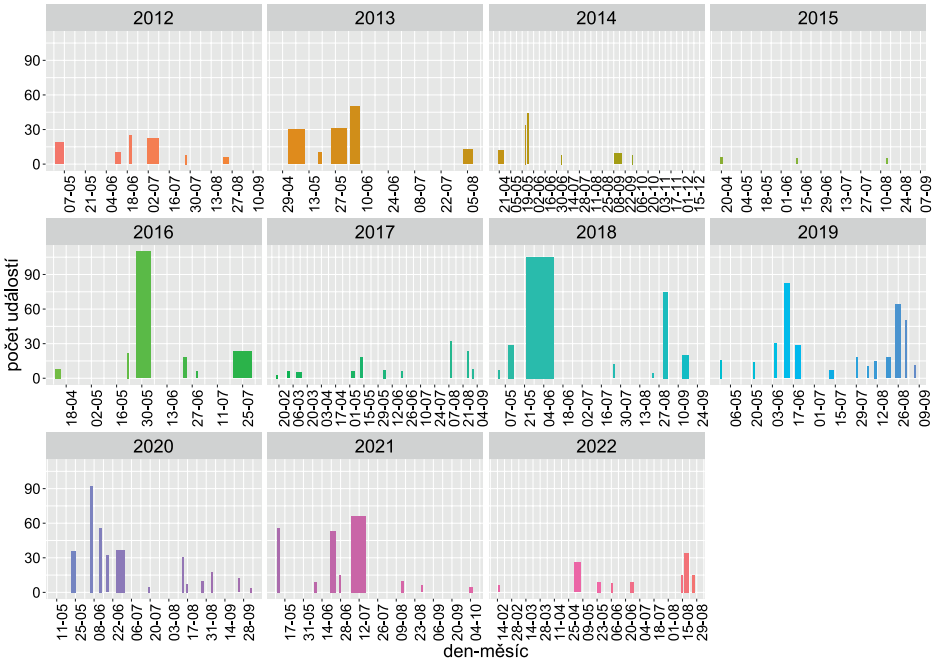


Obr. 5. Úhrn šestihodinové návrhové srážky pro dobu opakování 20 let (rain.fsv.cvut.cz)

o odnosech půdy. Ke každé události byla vymezena zdrojová plocha eroze s ohraničeným odtokovým procesem, tak aby bylo možné odnos půdy normalizovat jednotkou plochy. U každé uváděné erozní události je tak známa zdrojová plocha (6,74 ha–21,65 ha). K těmto údajům je pak stanovena ztráta půdy, která se pohybuje od 15,5 t/ha až 54,8 t/ha.

Výskyt epizodních událostí

Vzhledem k tomu, že reálně jsou erozní události vázány na konkrétní srážkovou událost a jedná se tedy o jev výhradně epizodní, je nutné pro účely ochrany půdy před vodní erozí znát výskyt, rozdělení a intenzitu srážek. Pro procesy vodní eroze jsou rozhodující zejména srážky přívalové. V dlouhodobém průměru se v rámci ČR vyskytne 10–12 srážkových dnů s výskytem evidovaných erozních událostí (**graf 1**), kdy v rámci jedné epizody vzniknou různě distribuované desítky událostí na širším území ČR, u nichž z více jak 80 %, převažují vyšší formy eroze [30] (**graf 2**). Velká část erozních událostí se na lokalitách opakuje v rámci období kratšího jak 5 let (osevní sled).



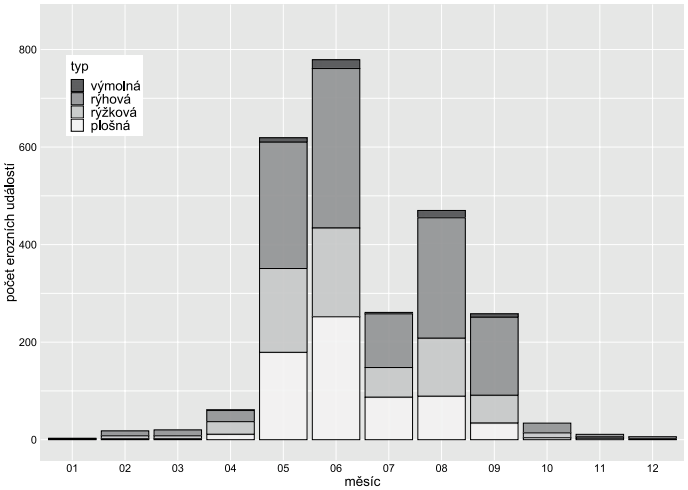
Graf 1. Rozložení počtu erozních událostí v rámci jednotlivých epizod a let

Z dlouhodobých experimentálních měření a pozorování autorů je možné potvrdit původní definici (vycházející z původního odvození rovnice USLE) erozně nebezpečného deště. S parametry srážky o úhrnu větším než 12,5 mm nebo intenzitě 6,25 mm za 15 minut a musí být oddělené od ostatních dešťů dobou delší než 6 hodin (**obr. 5**). Přes 90 % všech erozně nebezpečných dešťů se vyskytuje v období duben–září, a proto je ochrana půdy, zejména vegetačním pokryvem, v těchto měsících nejdůležitější.

Pro nastavení limitů erozní ohroženosti u epizodních událostí je třeba znát podmínky a pravděpodobnost možného výskytu erozní epizody. Plošná variabilita zastoupení intenzivních srážek se na území ČR značně liší nejen co do intenzity, ale i co do možného výskytu intenzivních dešťů. Navíc s vyšší pravděpodobnou dobou opakování – intenzitou deště jasněji vymezují oblast s a bez výskytu koncentrovaných srážek [32].

Intenzity návrhových šestihodinových úhrnů se na území ČR značně liší. Větší intenzity dešťů se koncentrují nejen do okrajových hor, ale také na Vysočinu a střední Moravu.

Z **obrázku 6 (a, b)** je zřejmé, že pro představené dvacetileté srážky existují na území ČR oblasti, kde je se vyskytují koncentrované až velmi koncentrované srážky. **Obrázek 6 (d)** pak ukazuje, že srážky s délkou šesti hodin mají na významné části území koncentrovaný charakter. Navíc se zvyšující se dobou opakování se koncentrované srážky vyskytují častěji. V případě doby opakování 50 a 100 let je více než 50 % událostí svým charakterem velmi koncentrovaných.



Graf 2. Počet erozních událostí dle měsíce a formy eroze

Ekonomické zhodnocení

Při stanovování limitů přípustné ztráty půdy je důležité zohlednit také ekonomické faktory, jako je vyčíslení ztrát a škod způsobených vodní erozí. K tomuto účelu lze využít metodu pro ocenění ekosystémových služeb (externalit), která poskytuje přehled možných vstupních hodnot pro ocenění těchto škod [33]. Pro vypočítání nákladů na nahrazení půdy a koloběh živin je třeba kombinovat náklady na nahrazení a tržní ceny:

- náklady na nákup ztracené zeminy,
- náklady na náhradu živin,
- náklady na odstranění sedimentu z vodních toků a nádrží,
- náklady na odstranění ornice z jiných pozemků a infrastruktury.

Při finančním hodnocení ztrát půdy na pozemku je možné kombinací nákladů na nahrazení a tržní ceny zjistit cenu za jednotku. Při oceňovací metodě založené na nákladech spojených s navrácením splavené ornice (nakládka, doprava, rozmístění) je uvedena cena za jednotku 204 Kč/t [33].

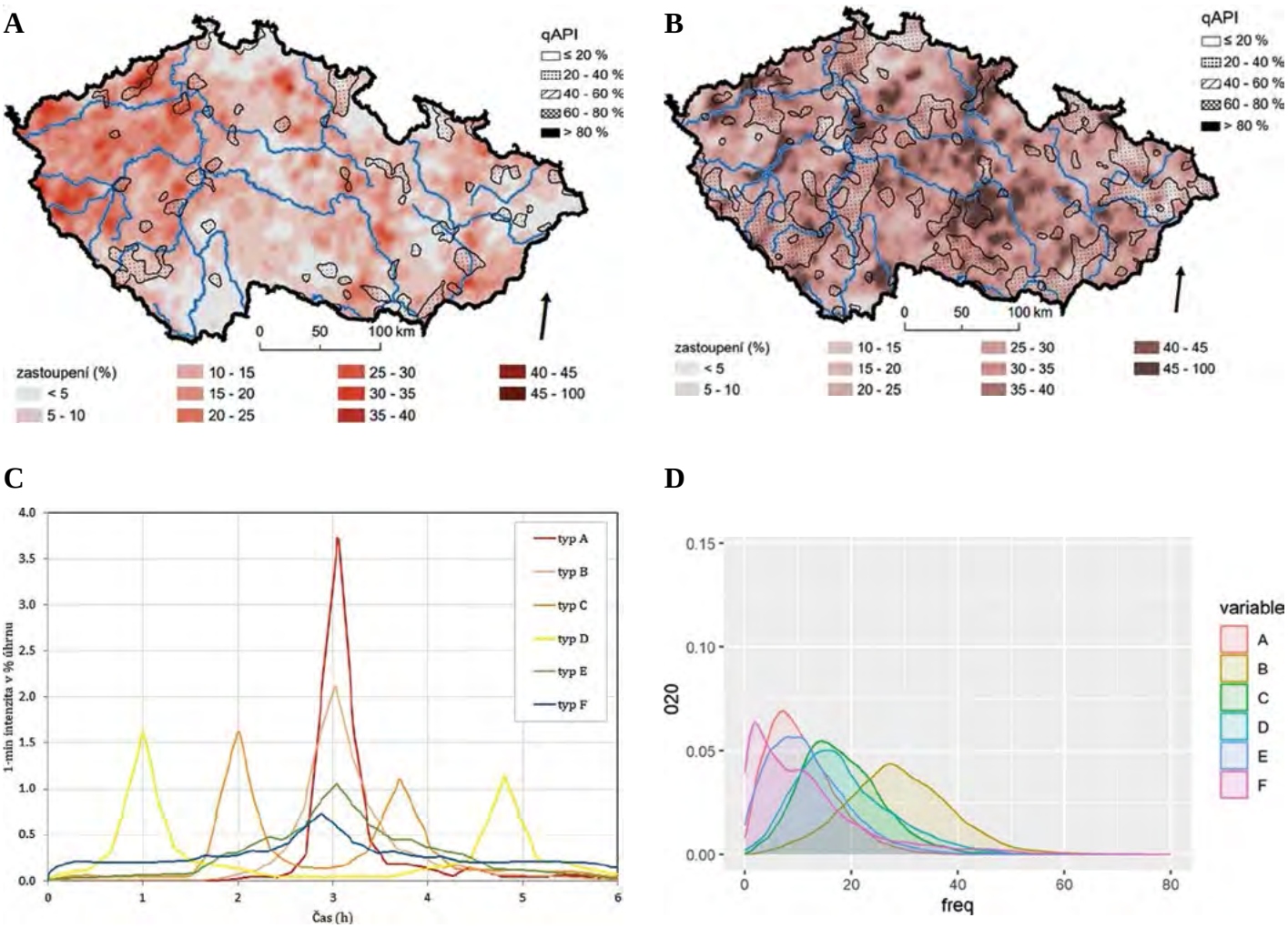
Pro vyčíslení nákladů spojených se škodami v intravilánu a na vodních útvarech jsou využity ceny z projektu „Analýza a vyhodnocení ekonomických dopadů současných i plánovaných opatření na ochranu půdy na různé kategorie zemědělských podniků“ [34]. Náklady spojené s odstraněním potenciálních škod na sídlech jsou zde vyčísleny na 2 607 Kč/t a na vodních tocích a nádržích na 2 156 Kč/t. Výsledné náklady spojené s odstraněním potenciálních škod v rámci rozsahu uváděných hodnot zobrazuje **tab. 1.**

Z výše uvedené tabulky je patrné, že škody spojené s vyššími formami eroze mohou dosahovat řádově vyšších odnosů a s ním spojených škod oproti dopadům způsobených plošnou erozí. Nicméně, oba typy eroze mají vliv i na kvalitu půdy, její úrodnost a produktivitu. Proto by protierozní ochrana měla zohledňovat všechny aspekty negativního působení degradace půdy vodní erozí.

Diskuse a závěr

Princip dlouhodobé ztráty půdy (vycházející z USLE) byl odvozen v USA v 60. letech 20. století a jeho hlavním účelem byla ochrana zemědělské půdy a její úrodnosti. V takovém případě je koncept založený na dlouhodobých průměrných hodnotách ztráty smysluplný a funkční. Avšak vzhledem k tomu, že reálně jsou erozní události vázány na jednotlivou srážkovou událost a jedná se tedy o jev výhradně epizodní, nám přístup modelování dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí pomocí metody USLE neumožní posoudit ohrožení navazujícího území při konkrétní srážkové události.

Jak bylo uvedeno výše, v ČR, stejně jako v Evropě ani ve světě nepanuje shoda ve stanovení přístupu k limitním hodnotám přípustné ztráty půdy, a dokonce ani v oblasti kvantifikace reálných hodnot ztráty půdy na zemědělských pozemcích. Jednotlivé země v Evropě přistupují k ochraně půdy na svém území velmi individuálně v rámci tolerance Evropské společné politiky. Řešením dlouhodobého proble-



Obr. 6. Ukázka variability výskytu koncentrovaných srážek pro dobu opakování 20 let: a) pravděpodobný výskyt velmi koncertovaných srážek, kdy z uvažovaného šestihodinového úhrnu spadne více než 95 % během třiceti minut, b) pravděpodobný výskyt koncentrovaných srážek, kdy z uvažovaného šestihodinového deště spadne 95 % během hodiny, c) šest odvozených tvarů návrhových šestihodinových srážek, d) zastoupení jednotlivých tvarů v jednotlivých uzlových bodech srážkových radarů s prostorovým rozlišením 1x1 km [32]

mu nastavení efektivní ochrany zemědělské půdy je pojmout přístup ke stanovení hodnoty přípustné ztráty půdy na zemědělských pozemcích komplexně, zohledněním všech hledisek. Východiskem je nastavení limitů ztráty půdy pro aplikaci ochrany úrodnosti půdy, ale také dopadů na kvalitu vody, na obyvatelstvo a infrastrukturu. Limity mají být rovněž v synergii s nastavením dotační politiky v oblasti protierozní ochrany. Související nezbytnou součástí je nastavení přípustných limitních hodnot pro aplikaci epizodně založených matematických simulačních modelů, aby bylo možno posoudit účinnost opatření pro konkrétní návrhovou srážku.

Tab. 1. Náklady spojené s odstraněním potenciálních škod

	Forma eroze			
	Plošná		Vyšší formy	
	rozsah uváděných hodnot		rozsah uváděných hodnot	
Ztráta půdy za epizodu [t/ha]	0,2	4	5,5	56,8
On-site škoda [Kč/ha]	40,8	815	1 122	11 587,2
Off-site škoda (voda) [Kč/ha]	431,2	8 624	11 858	122 460,8
Off-site škoda (sídla [Kč/ha]	521,4	10 428	14 338,5	148 077,6

Z výsledků experimentů vidíme, že v rámci on-site efektů, kdy je materiál redistribuován na pozemku, může docházet při plošné erozi k odnosům až 4 t/ha během jedné erozní události (u širokořádkových plodin). Významně tak dochází k překročení maximální přípustné ztráty půdy 0,3–1,4 t/ha/rok definované dle Verheijen et al. [1] na základě zobecnění odhadů míry půdotvorných procesů.

V případech, kdy dochází k erozním událostem s vyššími formami projevů a vznikají rýhy a rýžky, může odnos dosahovat až 56,8 t/ha. Tato fakta tak nekorespondují s nejrozšířenějším uváděným limitem ztráty půdy 2,5–12,4 t/ha/rok. Tento limit v podstatě netoleruje vznik erozní události s vyššími formami eroze a nelze tak souhlasit s přístupem (legislativním) ke kontrolám hospodaření na základě projevů eroze. Standardní limit tedy bere v potaz dlouhodobé hodnoty při zanedbání vyšších (extrémních) projevů, které však vzhledem ke změně klimatu mají stále kratší dobu opakování. V rámci off-site efektů, kdy dochází k odnosu půdy mimo pozemek, může být ztráta půdy během jedné erozní události v řádu stovek tun (v závislosti na velikosti přispívající plochy). Tato ztráta půdy při opakování erozní události pak může překročit limit přípustné ztráty půdy původně navržený pro 25 let udržitelného využívání půdy.

Na výše uvedených výsledcích z erozních výzkumů lze pozorovat, že k efektivní ochraně před škodami na intravilánu a vodních útvarech lze jen velmi těžko využít konceptu dlouhodobé přípustné ztráty půdy a je nezbytné přejít ke konceptu epizodnímu. Z pohledu výpočtu je tedy třeba pracovat s epizodními (procesně orientovanými) modely. Z nich je v podmínkách ČR nejčastěji využíván model SMODERP [35], který označuje jako nepřípustnou míru eroze stav, kdy je už v daném prvku překročena limitní rychlost nebo tečné napětí pro plošný odtok. Často využívaný je model EROSION-3D [36, 37], který žádnou limitní hodnotu, podle které by bylo možno rozpoznat, že rozvoj eroze a transportu splavenin přesáhl přijatelnou mez, neuvádí. Vzhledem k tomu, že příčina erozní události je kombinace mnoha faktorů, nejen srážek, z pohledu limitů je třeba při navrhování a dimenzování protierozních opatření předpokládat nejhorší možný scénář (tzv. „worst case“) vzniku erozní události, aby došlo k minimalizaci rizik. Nastavení limitu by mělo být zvoleno i s ohledem na to, zda je pro společnost výhodnější investovat do prevence a ochrany, nebo do

sanace škod. Různé oblasti vyžadují různou míru ochrany, obdobně jako je to v případě navrhování protipovodňové ochrany. Proto limitní hodnoty v případě epizodního přístupu mají být prostorově rozložené a vyžadují různé přístupy k jejich stanovení. Cílem tohoto článku bylo poukázat na rozdílné nastavení limitů ztráty půdy a porovnat je měřenými objemy ztráty půdy. Komplexní nastavení limitů a přístupů k nim je v rámci projektu SS05010180 plánováno jako výsledek, který bude představen v příštím roce.

Poděkování: *Tento příspěvek vznikl s podporou Technologické agentury České republiky (TA ČR) v rámci projektu č. SS05010180 s názvem Aktualizace konceptu přípustné ztráty půdy ze zemědělských pozemků.*

Literatura/References

[1] Verheijen, F. G. A., Jones, R. J. A., Rickson, R. J., & Smith, C. J. (2009). Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. Earth-Science Reviews, 94(1–4), 23–38. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.02.003

[2] Browning, G. M., Parish, C. L., & Glass, J. (1947). A method for determining the use and limitations of rotation and conservation practices in the control of soil erosion in Iowa 1. Agronomy Journal, 39(1), 65–73. https://doi.org/10.2134/agronj1947.00021962003900010008x

[3] Carollo, F. G., Di Stefano, C., Nicosia, A., Palmeri, V., Pampalone, V., & Ferro, V. (2023). A new strategy to assure compliance with soil loss tolerance at a regional scale. Catena, 223(106945), 106945. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.106945

[4] Li, L., Du, S., Wu, L., & Liu, G. (2009). An overview of soil loss tolerance. CATENA, 78(2), 93–99. https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.03.007

[5] U.S. Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (USDA-NRCS) (1999). National Soil Survey Handbook: title 430-VI. US Government Printing Office, Washington DC

[6] U.S. Department of Agriculture (2018). Summary Report: 2017 National Resources Inventory. Natural Resources Conservation Service/ Statistical Laboratory, Iowa State University.

[7] Morgan R.P.C. (2005). Soil erosion and conservation. Third edition. Blackwell Publishing.

[8] OECD (2001). Environmental Indicators for Agriculture. Methods and results, 3. OECD Publications Service. https://www.oecd.org/greengrowth/sustainable-agriculture/40680869.pdf

[9] Huber, S., Prokop, G., Arrouays, D., Banko, G., Bispo, A., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M.G., Lexer, W., Möller, A., Rickson, R.J., Shishkov, T., Stephens, M., Toth, G. Van den Akker, J.J.H., Varallyay,G.,Verheijen, F.G.A., & Jones, A.R. (eds) (2008). Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume I Indicators & Criteria. EUR 2349 0 EN/1, Office for the Official Publications of the European Communities. https://doi.org/10.2788/93515

[10] Joint Research Centre, European Environment Agency, Institute for Environment and Sustainability, Jeffery, S., Hiederer, R., Lükewille, A. (2013). The state of soil in Europe: a contribution of the JRC to the European Environment Agency's environment state and outlook report — SOER 2010, Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2788/75626

[11] Borrelli, P., Van Oost, K., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., & Panagos, P. (2018). A step towards a holistic assessment of soil degradation in Europe: Coupling on-site erosion with sediment transfer and carbon fluxes. Environmental Research, 161, 291–298. https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.11.009

[12] Panagos, P., Ballabio, C., Poesen, J., Lugato, E., Scarpa, S., Montanarella, L., & Borrelli, P. (2020). A soil erosion indicator for supporting agricultural, Environmental and climate policies in the European Union. Remote Sensing, 12(9), 1365. https://doi.org/10.3390/rs12091365

[13] Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. Science, US Department of Agriculture Handbook, No. 537, Washington DC.

[14] Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. and Porter, J.P. (1991). RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation. Journal of Soil and Water Conservation, 46, 30–33.

[15] Janeček, M., Dostál, T., Kozlovsky Dufková, J., Dumbrovský, M., Hůla, J., Kadlec, V., Konečná, J., Kovář, P., Krása, J., Kubátová, E., Kobzová, D., Kudrnáčová, M., Novotný, I., Podhrázská, J., Pražan, J., Procházková, E., Středová, H., Toman, F., Vopravil, J., et al. (2012). Ochrana zemědělské půdy před erozí. Powerprint.

[16] Janeček, M., Bečvář, M., Bohuslávek, J., Dufková, J., Dumbrovský, M., Dostál, T., Hůla, J., Jakubíková, A., Kadlec, V., Krása, J., Kubátová, E., Novotný, I., Podhrázská, J., Tippl, M., Toman, F., Vopravil, J., & Vrána, K. (2007). Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.

[17] Bekin, N., Prois, Y., Laronne, J. B., & Egozi, R. (2021). The fuzzy effect of soil conservation practices on runoff and sediment yield from agricultural lands at the catchment scale. Catena, 207, 105710. https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105710

[18] Bombino, G., Denisi, P., Gómez, J. I. A., & Lucas-Borja, M. E. (2021). Mulching as best management practice to reduce surface runoff and erosion in steep clayey olive groves. International Soil and Water Conservation Research, 9(1), 26–36. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.10.002

[19] González-Hidalgo, J. C., Peña-Angulo, D., Brunetti, M. T., & Cortesi, N. (2015). MOTEDAS: a new monthly temperature database for mainland Spain and the trend in temperature (1951–2010). International Journal of Climatology, 35(15), 4444–4463. https://doi.org/10.1002/joc.4298

[20] García-Ruiz, J. M., Beguería, S., Nadal-Romero, E., González-Hidalgo, J. C., Lana-Renault, N., & Sanjuán, Y. (2015). A meta-analysis of soil erosion rates across the world. Geomorphology, 239, 160–173. https://doi.org/10.1016/J.GEOMORPH.2015.03.008

[21] Fang, H. (2021). Impacts of rainfall and soil conservation measures on soil, SOC, and TN losses on slopes in the black soil region, northeastern China. Ecological Indicators, 129, 108016. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108016

[22] Steinhoff-Knopp, B., & Burkhard, B. (2018). Soil erosion by water in Northern Germany: long-term monitoring results from Lower Saxony. CATENA, 165, 299–309. https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2018.02.017

[23] Upadhayay, H. R., Zhang, Y., Granger, S. J., Micale, M., & Collins, A. L. (2022). Prolonged heavy rainfall and land use drive catchment sediment source dynamics: Appraisal using multiple biotracers. Water Research, 216. https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2022.118348

[24] Zhu, T., & Xu, X. (2021). Soil and Water Loss and Its Control at the Different Spatial Scales. In Geography of the Physical Environment (pp. 123–145). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81151-8_8

[25] Kavka, P., Strouhal, L., Jáchymová, B., Krása, J., Báčová, M., Laburda, T., Dostál, T., Devátý, J., & Bauer, M. (2018). Double size fulljet field rainfall simulator for complex interrill and rill erosion studies. Stavební Obzor - Civil Engineering Journal, 27(2), 183–194. https://doi.org/10.14311/cej.2018.02.0015

[26] Holý, M. (1994). Eroze a životní prostředí. Praha: ČVUT.

[27] Janeček, M. (2002). Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV - Institut sociálních věcí.

[28] Báčová, M., Krása, J., Devátý, J., & Kavka, P. (2019). A GIS method for volumetric assessments of erosion rills from digital surface models. European Journal of Remote Sensing, 52(sup1), 96–107. https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1543556

[29] Kapička, J., Žížala, D., Krása, J., & Münster, P. (2019). Nástroje pro monitoring eroze zemědělské půdy. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy.

[30] Kapička, J., Žížala, D., Lang, J., & Novotný, I., (2021). Monitoring eroze zemědělské půdy: Závěrečná zpráva za rok 2021. http://me.vumop.cz/docs/ZZ_monitoring_2021.pdf

[31] Žížala, D., Kapička, J., & Novotný, I. (2016). Monitoring Soil Erosion of Agricultural Land in Czech Republic and Data Assessment of Erosion Events from Spatial Database. In: Proceedings from International Conference Soil – the non-renewable environmental resource. Brno, Czech Republic.

[32] Kavka, P., Kašpar, M., Crhová L., Pavel, M., Müller, M., Bližňák, V., Hulec, F., Strouhal, L., Landa, M., Weyskrabová, L., Kubát, J.F., Stehlík, M., Pecha, M., & Svoboda, V. (2023). Krátkodobé srážky pro hydrologické modelování a navrhování drobných vodohospodářských staveb v krajině.

[33] Macháč, J. et al. (2020). Metodika ocenění externalit produkce biomasy a zahrnutí jejich vlivů do regulace rozvoje OZE. Ústí nad Labem: Institut pro ekonomickou a ekologickou politiku (IEEP).

[34] VÚMOP, v.v.i. (2017). Analýza a vyhodnocení ekonomických dopadů současných i plánovaných opatření na ochranu půdy na různé kategorie zemědělských podniků. Závěrečná zpráva.

[35] Kavka, P., Jeřábek, J., & Landa, M. (2022). SMODERP2D—Sheet and Rill Runoff Routine Validation at Three Scale Levels." Water (Switzerland) 14 (3). https://doi.org/10.3390/W14030327

[36] Schmidt, J. (1991). A mathematical model to simulate rainfall erosion. Catena Supplement, 19 (101–109).

[37] Schmidt J., von Werner M., & Michael A. (1996). EROSION-2D/3D: Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser. Dresden/Freiberg, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft/Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie.

Mgr. Věra Kolbabová[1)]
Ing. Jiří Kapička[1)]
Ing. Miroslav Bauer Ph.D.[2)]
prof. Dr. Ing. Tomáš Dostál[2)]
doc. Ing. Petr Kavka Ph.D.[2)]
doc. Ing. Josef Krása Ph.D.[2)]
doc. Alla Achasova Ph.D.[1)]

[1]Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.
Žabovřeská 250
156 00 Zbraslav

[2] Fakulta stavební ČVUT v Praze
Thákurova 2077/7
166 29 Praha 6

Establishing the concept of soil loss tolerance from the perspective of episodic events (Kolbabova, V.; Kapicka, J.; Bauer, M.; Dostal, T. Kavka, P.; Krasa, J.; Achasova, A.)

Abstract
The erosion protection set up in the Czech Republic is based on the annual soil loss. Beyond that real damage with on-site and off-site effects episodically occurs, the consequences of which need to be managed. It is therefore essential to ask the question of whether the concept of allowable soil loss is set correctly and what the limit should be. In order to be able to answer this, it is necessary to analyze the measured volumes of soil loss against the set limits and their system. In order to achieve this goal, an analysis was carried out using the available measured data on soil loss on the territory of the Czech Republic. The results show that soil loss, depending on the form of erosion, presents different ranges of values, and for higher forms of erosion, the permissible soil loss has already been significantly exceeded in one erosion event. These results are significant for understanding the erosion process in a given area and for setting a comprehensive system of soil loss limits.

Key words
soil water erosion – soil conservation – soil loss tolerance – USLE – water protection – erosion model

Zkušební provoz pilotní jednotky hrubého předčištění pro odstranění shrabků a písku

Tomáš Chorazy, Jakub Raček, Petr Hlavínek

Abstrakt
Mechanické předčištění je klíčovým technologickým prvkem čištění odpadních vod. Spolehlivá separace pevných nečistot z odpadních vod (OV), přitékajících na čistírnu odpadních vod, je nezbytná kvůli prevenci poškození navazujícího technologického vybavení. Za moderní řešení je považováno využití kruhové průliny v kombinaci s lapákem písku, obojí v jednom kompaktním stroji, zvaném kompaktní mechanické předčištění. Tento článek popisuje testování pilotní jednotky instalované na testovací období na komunální ČOV. S tím spojený výzkum se zaměřuje na sledování a vyhodnocení jeho průtočné kapacity, účinnosti separace a podobné související technické detaily.

Klíčová slova
mechanické předčištění – šnekové česle – separátor písku – průtočná kapacita

Úvod

Mechanické předčištění je navrhováno s cílem v co největší míře odstranit pevné nečistoty tak, aby nemohly proniknout do objektů a zařízení ČOV a tím negativně působit na funkci dalších zařízení (usazování nežádoucích látek v nádržích, ucpávání čerpadel a případně potrubí, abraze kovových dílů zařízení, stavebních konstrukcí apod.) Mechanické předčištění tak tvoří prakticky i ochranu ČOV [1].

Účinná separace pevných nečistot z OV přitékajících na ČOV pomocí strojních česlí s kruhovými průlinami v kombinaci s lapákem písku v jednom kompaktním stroji je efektivním řešením jak z investičního, tak z provozního hlediska. Obvyklý průměr kruhových průlin takové česle řadí do kategorie jemných česlí, u kterých je udáváno rozmezí 2–10 mm [2]. Dodavatelé na našem trhu však nenabízejí mnoho malých strojů pro ČOV s kapacitou kolem 1000 EO. Proto bylo vyvinuto kompaktní zařízení pro mechanické předčištění, které vyžaduje určité testování na ČOV v reálných podmínkách. Testování takového stroje popisuje text níže.

Vybavení a metody

Hlavní součástí vybavení nezbytného pro zkoumání a vyhodnocení zkušebního provozu pilotní jednotky byl samozřejmě samotný stroj. K němu ale musely být doplněny další prvky testovací sestavy, které jsou stejně jako stroj popsány níže.

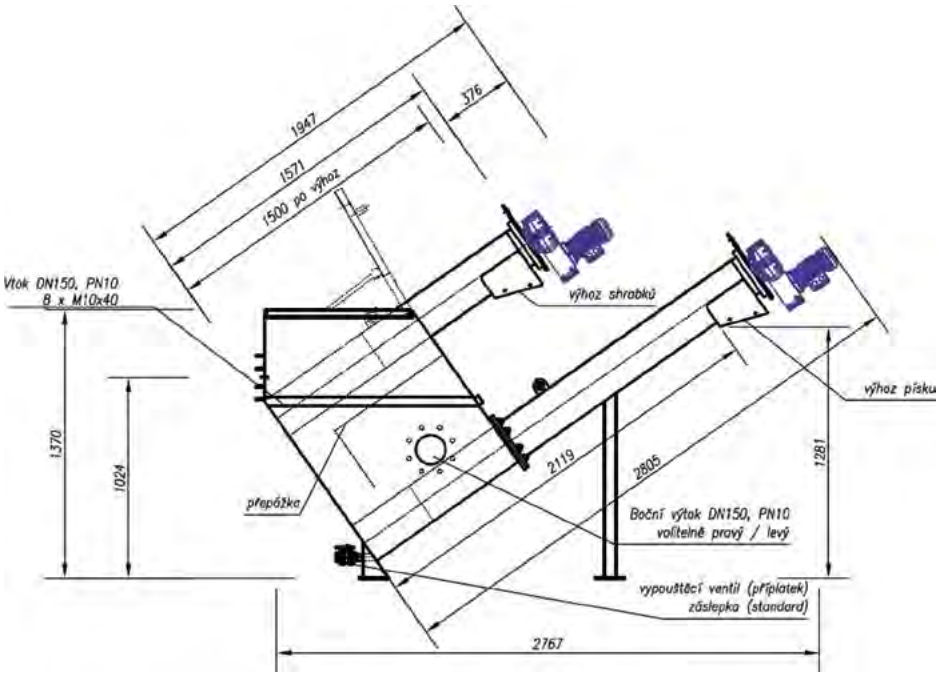
Popis stroje

Jednotka kompaktního mechanického předčištění, typově označovaná HB02, byla zkonstruována především pro malé komunální ČOV s nátokem do 10 l/s. Jedná se o stroj, který nejmenovaná česká společnost plánovala produkovat. Jelikož je stroj složen z ověřených strojních prvků, bylo jasné, že bude plnit požadovanou funkci, ale provozní parametry vyžadovaly ověření provozem v reálných podmínkách na ČOV.

Samotný stroj popisuje schematicky **obr. 1**. Konstrukce stroje je navržena kompletně z nerezové oceli. Nátok (vtok DN150) i odtok (výtok DN150) ze stroje jsou připraveny pro připojení potrubí přírubovým spojem PN10, přičemž odtok může být volen z pravé nebo levé strany. Dalšími výstupy ze stroje jsou výhozy shrabků a výhoz písku, které jsou přibližně čtvercové o rozměru cca 220 x 220 mm. Spodní hrany obou výhozů (shrabků i písku) jsou přibližně 1300 mm nad úrovní podlahy, takže je možné pod ně umístit standardní popelnici, do které separované nečistoty padají.

Stroj HB02 se skládá ze 3 základních částí:

Nádoba stroje: Slouží k zajištění průtokových poměrů tak, aby OV natékala v první řadě na děrované síto česlí a následně pak do prostoru lapáku písku u dna stroje. Hned na nátoku před česlemi je v bedně osazena výškově stavitelná hladinová sonda pro řízení chodu



Obr. 1.Výkres kompaktního mechanického předčištění HB02 [3]

Obr. 2. Řídící rozvaděč stroje

Obr. 3. Kompaktní zařízení HB02 na ČOV Bořitov

šnekových česlí. Nádoba stroje je vybavena přepadem – bezpečnostním obtokem česlí, který zajišťuje mechanické předčištění na ručních česlích s volitelnou průlinou (v tomto případě 40 mm). Pod prostorem česlí je instalována posouvací přepážka, jejímž účelem je možnost usměrňovat mechanicky předčištěné OV do prostoru lapáku písku tak, aby nedocházelo k vyplavování písku v proudící OV do výtoku ze stroje. Prostor lapáku písku je vyspádován směrem k vynášecímu šneku písku, umístěnému v šikmém žlabu na dně nádoby. Nádoba je konstruována tak, aby oba šneky byly instalovány v úhlu 35° od vodorovné roviny.

Šnekové česle: Horní tubus, tedy šnekové česle, se skládají z perforovaného síta (vyměnitelný díl), ze šnekové hřídele, z tubusu a z elektropohonu (motor + převodovka). Perforované síto (3 nebo 6 mm) obklopuje spodní konec šnekové hřídele, která je v jeho prostoru vybavena stíracím kartáčem. Stírací kartáč je opotřebitelný díl, ukotvený po obvodě dolní části šnekovnice. Slouží k vytírání shrabků a nečistot ze síta a jejich následnému posunu do dopravní části tubusu a dále k výhozu shrabků. Pohon šneku je umístěn na konci hřídele a tubusu, nad výhozem shrabků. Pohon šnekových česlí spíná podle hladinové sondy a také časově podle nastaveného intervalu v ovládacím rozvaděči stroje (**obr. 2**). Vnější průměr tubusu je 219 mm a délka tubusu (šneku) bez motoru je necelých 1600 mm. Šnekové česle jsou vybaveny pohonem 0,37 kW, 400 V, 910 ot/min.

Pískový šnek: Spodní šnek stroje slouží k vynášení písku usazeného v nejnižším místě prostoru lapáku písku v nádobě stroje. Spodní část šnekové hřídele je v korytě na dně bedny obnažená, aby mohla písek z prostoru odebírat a unášet směrem do uzavřené části tubusu a dále k výhozu písku na konci šneku u pohonu. Pohon šneku pro vynášení písku je spínán výhradně pomocí časového relé v ovládacím panelu stroje. Správné nastavení cyklování chodu pískového šneku je nezbytné pro jeho dobrou funkci a pro případný trvalý provoz by mělo být nastaveno až na základě provozních zkušeností obsluhy ČOV. Vnější průměr tubusu je 219 mm a jeho délka bez motoru je necelých 2450 mm. Vynášecí šnek písku je vybaven pohonem 0,12 kW, 400 V, 870 ot/min.

Rozvaděč stroje: K napájení a řízení kompaktního mechanického předčištění slouží rozvaděč, který je jeho součástí. Rozvaděč je vybaven pětipólovou zástrčkou na kabelu, kterou je možné zapojit do zásuvky na ČOV. Rozvaděč je vybaven počítadlem provozních hodin šnekových česlí a dále časovými relé pro oba pohony. Časové relé a počítadlo provozních hodin šneku česlí jsou zobrazeny na **obr. 2**.

Instalace na ČOV

ČOV Bořitov čistí OV přiváděné jednotnou stokovou sítí z Černé Hory a Bořitova. Výhodou instalace na této ČOV je skutečnost, že bylo možné otestovat i vyšší průtočná množství, než na která je stroj primárně navrhován, protože ČOV Bořitov má větší hydraulickou kapacitu, než pro jakou je testovaný stroj uvažován.

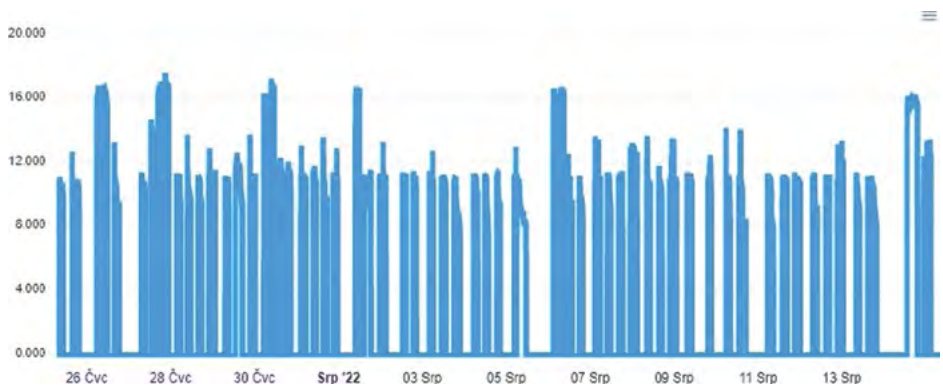
Zapojení testovací jednotky kompaktního mechanického předčištění vyžadovalo drobné úpravy stávajícího setrvalého stavu na ČOV Bořitov. Úpravy spočívaly v napojení jednoho z výtlaků DN100 od čerpadel z čerpací jímky do výtlačného potrubí přímo do nádoby stroje s přírubovým spojem DN150. Na tomto výtlaku byl osazen indukční průtokoměr ELA DN100. Průtokoměr byl dvoulinkovým kabelem propojen s dataloggerem Fiedler H3, kterému předával data proudovou smyčkou 4–20 mA. Nezbytnou součástí bylo rovněž zajištění odtoku ze stroje zavedením masivní hadice zpět do žlabu před česle typu SČČ. Zbytek instalace odpovídal setrvalému stavu, stávající česle zůstaly v provozu a mimo odtoku z testovacího stroje převáděly ještě průtoky z druhého výtlaku z čerpací jímky. V případě poruchy či vypnutí testované jednotky kompaktního mechanického předčištění HB02 totiž OV mohly přetéct přepadem, a česle SČČ tak mohly plnit svoji funkci i jako bezpečnostní záloha. Tímto byla zajištěna ochrana další technologie na ČOV před nežádoucími nečistotami i během testovacího provozu. Instalace stroje na ČOV Bořitov je na **obr. 3**.

Sledované parametry

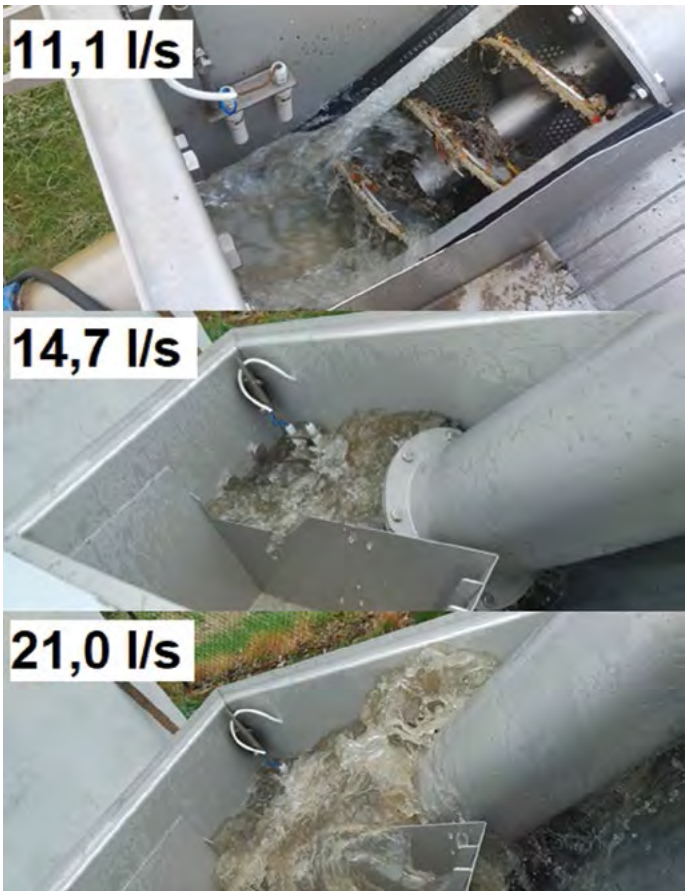
V rámci testování mechanického předčištění byl sledován hlavně převedený průtok pomocí průtokoměru ELA MQI 99 DN100. Dále byly sledovány množství separovaného písku vážením, kvalita písku (sušina, ztráta žíháním) a jiné další parametry (např. podíl organických látek před a za strojem), které nejsou popsány v tomto příspěvku, ale ve zvláštní výzkumné zprávě – výstupním dokumentu k testovacímu výzkumu. Důvodem, proč bylo přistoupeno ke sledování těchto parametrů, byl cíl sledovat a porovnat podíl organických látek ve vstupní OV do předčištění s jeho separáty a předčištěnou OV.

Metody sledování průtoků, spotřeb el. energie a vážení hmotnosti není nutné vzhledem k jejich jednoduchosti popisovat. Stanovení podílu sušiny a organických látek v písku je však vhodné zmínit:

Uvedené látky jsou stanovovány buď při teplotě 105 °C, pak se mluví o procesu sušení a výsledkem je sušina, nebo při 550 °C, tento děj se nazývá žíhání, po jehož skončení se získá zbytek po žíhání. Teplota žíhání je zvolena tak, aby došlo ke spálení organického uhlíku, ale aby změny v anorganickém složení byly pokud možno minimální. Hmotnostní rozdíl mezi sušinou a zbytkem po žíhání se nazývá ztráta žíháním vyjadřující podíl organické hmoty. Výsledky se uvádějí v procentech. U odpadních vod, kalů a sedimentů slouží ztráta žíháním k odhadu množství organických látek a zbytek po žíhání k odhadu množství anorganických látek. Proto se pro rozpuštěné látky žíhané také používá označení rozpuštěné anorganické soli [4][5].



Obr. 4. Průtoky zaznamenané dataloggerem



Obr. 5. Převáděné průtoky při funkčním hladinovém spínání

Výsledky a vyhodnocení

Hlavně z důvodu omezeného rozsahu tohoto příspěvku je tato kapitola zaměřena pouze na průtočnou kapacitu česlí a kvalitu a kvantitu separovaného písku.

Průtočná kapacita

Zřejmě nejdůležitější sledovaný parametr stroje je převedený průtok odpadních vod. Tento parametr byl sledován pomocí výše uvedeného indukčního průtokoměru a zapisován dvěma způsoby, a to automaticky pomocí dataloggeru a dále prostým odečtem a ručním zápisem do tabulky. To se týká případů, kdy byly pořizovány snímky plnění prostoru česlí odpadní vodou. V datech od 6. 5. 2022 do 29. 8. 2022 byly evidovány průtoky od 6,1 do 21,0 l/s a celkové proteklé množství za uvedenou periodu činilo 23 014,9 m^3.

Automatizovaný zápis průtočného množství pomocí dataloggeru

Mimo manuálního odečítání průtoků bylo možné v kratším časovém intervalu využít záznam průtoků pomocí výše zmíněného dataloggeru. Získaná data jsou graficky znázorněna na **obr. 4**, který ukazuje, že průtoky převedené strojem a zaznamenané dataloggerem dosahovaly ve sledovaném časovém intervalu hodnot v rozmezí cca 10–18 l/s.

Manuální zápis průtočného množství

Při manuálním odečtu průtoků byly pořizovány snímky výšky hladiny při zatopení česlí (**obr. 5** a **6**). Tyto snímky umožňují vizuálně posoudit, jak stroj zvládá převedení daného průtoku.

Obrázky 5 a **6** dokládají, že stroj je schopen bezproblémově převádět průtok odpadních vod okolo 15 l/s, což představuje přibližně 50 % rezervu oproti původní návrhové kapacitě česlí. Za pozornost ale stojí **obr. 6**, který vyobrazuje stav, kdy byla zanesena a tím odstavena z provozu hladinová sonda. Česle proto v tomto případě spínaly pouze od časového relé, díky čemuž docházelo k nedostatečnému vytírání síta a následnému přeplavování OV do bezpečnostního obtoku česlí, který je určen právě pro podobné případy (např. porucha strojních česlí, výpadek proudu a jiné). Bezpečnostní obtok je integrován v nádobě stroje a od prostoru strojních česlí jej odděluje přepážka s přepadem. Prostor bezpečnostního obtoku je vybaven česlemi pro ruční stírání hráběmi, které zabezpečují mechanické předčištění odpadních vod i při havarijních situacích a nenadálých provozních stavech. Třetí část **obr. 5** vystihuje provozní stav, kdy při využití strojních i záložních česlí v obtoku stroj prakticky mechanicky zajišťuje předčištění odpadních vod o dvojnásobném průtoku, než byl původně uvažovaný návrhový.

Obr. 6. Q 10,6 l/ls při zanesené hladinové sondě

Za poznámku stojí fakt, že při testování byl stroj instalován na ČOV, která měla vstupní čerpací stanici standardní konstrukce. Pro případy, kdy je jednotka instalována za výtlakem z čerpací stanice se separací pevných nečistot (např. typ Awalift), je doporučeno počítat s předimenzováním průtočné kapacity česlí (alespoň o 50 %), nebo s doplněním přídavného akumulačního prostoru před šnekové česle, což po odborné diskusi výrobce zavedl jako příplatkovou výbavu. Čerpací stanice se separací pevných nečistot totiž zahájí čerpání výtlakem zachyceného sedimentu na česle, čímž dojde k zaslepení síta odpadní vodou s násobně vyšším zatížením pevnými látkami, než je obvyklé. Pak může dojít ke krátkodobému přetečení česlí. Např. právě pro případ, kdy není zohledněn výše uvedený problém, je však testovaný stroj vybaven integrovaným bezpečnostním obtokem s ručně stíranými česlemi.

Kvalita separovaného písku

Vzorky písku separovaného pomocí integrovaného lapáku písku stroje HB02 byly podrobeny analýze, která stanovila podíl sušiny a podíl organických látek. Získané výsledky jsou uvedeny v **tabulce 1**.

Jako doplněk k výše uvedeným datům slouží **obr. 7**, který umožňuje vizuálně posoudit kvalitu separovaného písku.

Kvantita separovaného písku

Kvantita separovaného písku byla měřena prostým vážením hmotnosti písku, který ze stroje vypadl za dané časové období. Je sice třeba pamatovat na to, že takto není zohledněno množství písku, který je v nádobě a tubusu stroje akumulován, ale i přesto získaná data mají určitou vypovídající schopnost.

Vážením bylo zjištěno, že mezi 14. 7. a 22. 7. 2022 zařízení odseparovalo 6,5 kg písku, a to z proteklého množství OV 1644,4 m^3. Bohužel nebylo technicky možné porovnat zjištěné množství s množstvím, které za stejný časový úsek z OV separoval stávající vertikální lapák písku, a to především z toho důvodu, že je písek z tohoto lapáku čerpán ve formě hydrosměsi do nadzemní sedimentační nádrže,

Obr. 7. Separovaný písek

Tab. 1. Sušina a ztráta žíháním separovaného písku

	Sušina [%]	Ztráta žíháním [%]
Písek ze separátoru kompaktního předčištění	62,6	59,6

odkud je odvážen sacím vozem. V případě potřeby konstrukce stroje umožňuje (za příplatek) provedení s intenzivnější separací písku, a to např. instalací lamelové vestavby. Během testovacího provozu pilotní instalace však bylo zjištěno, že lze významně ovlivnit sušinu separovaného písku na výstupu pomocí správného nastavení spouštění (cyklování) chodu vynášecího šneku písku. Jeho spouštění by tak mělo odpovídat provozním podmínkám na každé individuální ČOV a zřejmě je malá pravděpodobnost, že by prvotní nastavení bylo optimální. Správné časování chodu vyžaduje určitou pozornost obsluhy stroje a její zpětnou reakci.

Závěr

Testování kompaktního mechanického předčištění prokázalo, že zkoumaný stroj spolehlivě převede návrhový průtok 10 l/s, a to dokonce s 50% rezervou a při využití bezpečnostního obtoku dokonce se 100% rezervou. Pro případy instalace za čerpací stanici se separací pevných nečistot platí doporučení na předimenzování kapacity česlí a případné doplnění akumulačního prostoru před česle. Integrovaný separátor písku plní svoji funkci a separovaný písek vykazuje vizuálně atraktivní parametry. Pokud by se objevil na reálné instalaci požadavek na vyšší stupeň separace písku z OV (např. při jeho zvýšeném obsahu), je doporučeno stroj doplnit o lamelovou vestavbu nebo před zahájením výroby využít možnosti zvětšeného objemu lapáku písku, což výrobce variantně nabízí. Provozními výsledky zkoumaný stroj dokonce předčil očekávání výrobce i výzkumné organizace AdMaS, která předpokládala převedení návrhových průtoků s menší rezervou.

Poděkování: *Tento článek byl vytvořen s finanční podporou MPO v rámci řešení projektu inovačního voucheru č. CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_358/0027719 „Testování a vyhodnocení účinnosti «jednotky kompaktního mechanického předčištění» odpadních vod pro malé ČOV“.*

Literatura/Refernces

[1] Černý, M.: Mechanické předčištění na ČOV. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010, 60 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Zdeněk Němec, CSc.

[2] Běluša, J.: Mechanické čistící česle pro čistírnu odpadních vod [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116123. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Miroslav Škopán.

[3] HBCZ Service, Technická dokumentace společnosti HBCZ Service, s.r.o., dostupné na vyžádání, HBCZ SERVICE spol. s r.o. Potocká 56 , 62300 Brno, hbservice@hbservice.cz, +420 603 563 979.

[4] Pitter, P.: Hydrochemie. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.

[5] Horáková, M.: Analytika vody. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2000. ISBN 80-708-0391-6.

Ing. Tomáš Chorazy. Ph.D. (autor pro korespondenci)
Ing. Jakub Raček, Ph.D.
prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA

Centrum AdMaS
Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně
Purkyňova 651/139
612 00 Brno
chorazy.t@fce.vutbr.cz

Trial operation of the mechanical pre-treatment pilot unit for the removal of screenings and sand (Chorazy, T.; Racek, J.; Hlavinek, P.)

Abstract

Mechanical pre-treatment is a key technological element of wastewater treatment. Reliable separation of solid waste from wastewaterentering the wastewater treatment plant is necessary to prevent damage downstream installed technology. As modern solution is considered the use of a circular gap in combination with a sand trap, both in one compact machine called compact mechanical pretreatment unit. This article describes the testing of a pilot unit installed for a test period on a municipal WWTP. Related research focuses on monitoring and evaluating its flow capacity, separation efficiency and similar related technical details.

Key words
mechanical pretreatment – screw screen – sand separator – flow capacity

Ohrožení přírodních břehů oscilačními větrnými vlnami

Stanislav Kotaška, Miroslav Špano, David Duchan

Abstrakt

Oscilační větrové vlny představují nejčastější hydrodynamické zatížení vodních staveb a břehů nádrží. Vlny destabilizují břehy, což může ohrozit stabilitu břehů kolem nádrže a také ohrozit svahy sypané hráze. Pro vyhodnocení stupně ohrožení břehů vlnami byly vytvořeny mapy, díky nimž je možné identifikovat a následně plánovat jednotlivá ochranná opatření břehů nádrží. Článek popisuje postup pro sestavení map ohrožení břehů větrnými vlnami se specifickou aplikací na laguně v Hulíně. Bere se v úvahu vliv větru, vln, typ zeminy a stav břehů.

Klíčová slova
oscilační větrové vlny – nádrž – přírodní břehy – mapy ohrožení

1. Úvod

V rámci projektové přípravy vodních nádrží je návrh ochrany břehů (ať už biotechnickým či zajištění pozemků směrem do břehu pro snížení kolize majetkoprávních vztahů, stanovení účelů užívání břehů apod.) vnímáno jako vedlejší problém. Tento problém se nejčastěji řeší až po uvedení vodního díla do provozu. Z tohoto důvodu často nejsou břehy vyhodnocené ve vysokém ohrožení dostatečně zajištěny. Projektanti si často neuvědomují, že největší ohrožení břehů (abrazí či jinými jevy) se vyskytuje primárně v prvních několika letech (ne-li v prvních měsících) provozu vodního díla.

Problematikou ohrožení břehů větrovými vlnami v České republice se zabývá disertační práce [1], která popisuje postup tvorby map ohrožení přírodních břehů nádrží na základě informací o větru. V zahraničí se tomuto tématu věnovala řada studií, které se zaměřují na ohrožení pobřeží z mořských vln pro dané lokality, například [2, 3, 4]. Hodnocení rizik ve vztahu k pobřežním hrozbám je řešeno v [5], která shrnuje současné přístupy a metody. Pro stanovení výšky vln lze využít přímého měření vln, normy ČSN 75 0255 [6] nebo metod pro jejich stanovení popsaných např. v disertační práci [7], který provedl návrh a verifikaci modelu pro stanovení základních parametrů vlnění na vodních nádržích a následně ho porovnal s ČSN 75 0255 [6] a s dalšími modely.

Mapy ohrožení břehů větrovými oscilačními vlnami jsou vhodným nástrojem pro plánování a realizace opatření proti účinkům vln a umožňují navrhnout individuální opatření břehů nádrží.

Postup tvorby mapy je následující:

1) Analýza vstupních dat – pro potřeby analýzy ohrožení břehů a zobrazení map je zapotřebí celá řada vstupních dat, jako jsou data z měření vln nebo z jejich stanovení podle vybraných metod. V rámci analýzy vstupních dat je určen jejich datový typ, formát a rozsah těchto dat.
2) Výběr vhodného softwaru – na základě předchozí analýzy, požadavků na operace s daty a požadavků na mapové výstupy se provede výběr vhodného nástroje pro práci s geografickými daty. ArcGIS PRO [8] od společnosti ERSRI se zdá být nejvhodnější pro tyto účely. Je však možné využít i další alternativní GIS programy, jako např. QGIS.
3) Sestavení datového modelu ve formě geodatabáze – po analýze dat, určení typu a formátu dat, sestavení požadavků na analýzu

a požadavků na výslednou mapu je sestavena vhodná struktura geodatabáze.

4) Analýza ohrožení břehů – na základě připravené a naplněné geodatabáze pomocí vstupních dat se provádí vyhodnocení ohrožení břehů oscilačními větrovými vlnami.
5) Zobrazení výsledků ve formě map – ve vybraném softwaru jsou výstupy z analýz přehledně zobrazeny do přehledných map, např. s využitím přednastavených šablon.

V následujícím textu bude podrobně popsán 4. a 5. krok předchozího postupu, a to analýza ohrožení břehů oscilačními větrovými vlnami a sestavení mapových výstupů.

2. Analýza ohrožení břehů oscilačními větrovými vlnami

2.1. Postup hodnocení

Základem posouzení ohrožení je expozice zranitelné oblasti nebo předmětů vůči nebezpečí. Tento postup vychází z disertační práce [1] pro určení zranitelnosti a nebezpečí břehů nádrží. V prvním kroku je nutné s využitím vstupních údajů nezbytné:

- stanovit rozsah oblasti – daný plochou zátopy nádrže při uvažované hladině,
- stanovit působení větrů a vln (nebezpečí) – jedná se o kombinaci četnosti, směru větrů a četnosti a výšky vln,
- stanovit zranitelnost břehů (zranitelnost) – jedná se o stanovení odolnosti břehů na základě kombinace sklonitosti břehů, geologické skladby zemin břehů a stavu břehů.

Nebezpečí břehů nádrží je stanoveno jako kombinace četnosti, směru a rychlosti větru nebo v případě měření jako kombinace výšky, směru a periody vln. Tyto informace je vhodné zajistit přímým měřením výšek vln, rychlostí a směrů větrů nebo je možné tyto hodnoty získat výpočtem, např. podle [6 nebo 7]. Zranitelnost břehů je stanovena jako kombinace materiálů, sklonu a stavu břehů. Ohrožení břehů nádrží je poté promítnutím neboli expozicí nebezpečí a zranitelnosti břehů (**obr. 1**). Postup vyhodnocení a výsledné mapy jsou vyobrazeny na pilotní lokalitě Hulín (**obr. 2**), kde také probíhala měření větrových vln.

2.2. Stanovení nebezpečí

Ohrožení břehů vnitrozemských nádrží je obecně způsobeno více faktory, jako například: erozí vodou (vlny, podzemní voda, déšť, led), erozí větry, působením rostlin a živočichů a činností člověka. Dále bude stanovení nebezpečí primárně zaměřeno na ohrožení břehů vlivem větrových vln. Stanovení nebezpečí větrovými vlnami je možné rozlišit na nádržích s měřením větrových vln a bez měření vln, kdy jsou k dispozici pouze informace o směru a síle větrů.

2.2.1. Nebezpečí založené na informacích o větru

Informace o směru, četnosti a síle větru lze získat přímým měřením nebo ve formě četností výskytů směrů a průměrných rychlostí větru pro daný směr z větrných map České republiky (např. http://vitr.ufa.cas.cz/male–vte). K vyhodnocení nebezpečí byla použita relativní četnost směru větru ve vztahu k orientaci břehu. Pro hodnocení nebezpečí N byla vytvořena **tab. 1**, kde je relativní četnost působení větru a směr odklonu od kolmého směru k části břehu. Výsledná informace o nebezpečí se stanoví jako maximum zranitelnosti ze směru kolmého na břeh a ze směrů odkloněných o 30° a o 60° na obě strany od kolmice na úsek břehu. Výsledné nebezpečí se stanoví jako:

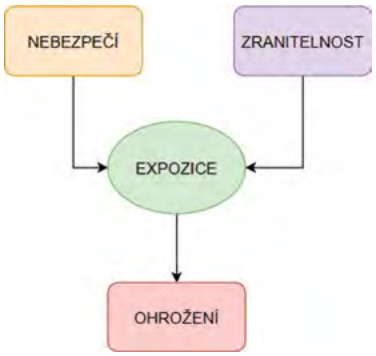
$$N = \text{maximum}\,(N_0, N_{+30}, N_{-30}, N_{+60}, N_{-60}), \quad (1)$$

kde N_0 je nebezpečí pro kolmý směr na břeh, N_{+30}, N_{+60}, N_{-30}, N_{-60} je nebezpečí pro směr odkloněný o 30 a 60 stupňů od kolmice na břeh.

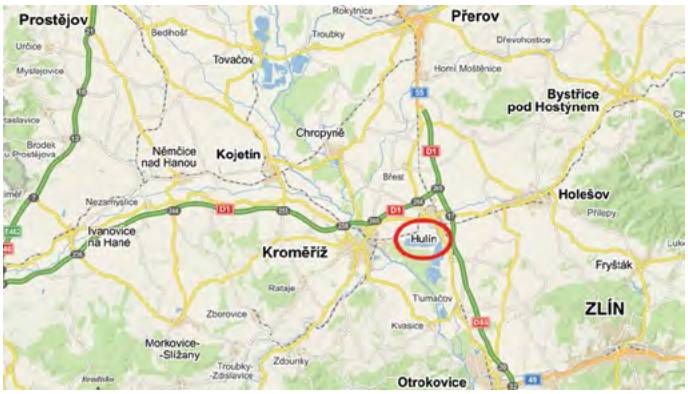
K výpočtu rovnice 1 je možné využít četnosti působení větrů z **tab. 1**, nebo je možné tyto intervaly modifikovat různými způsoby např. rozdělením pomocí násobku maximální četnosti:

- 0/12 až 2/12 z maximální četnosti – $N = 1$,
- 2/12 až 4/12 z maximální četnosti – $N = 2$,
- 4/12 až 6/12 z maximální četnosti – $N = 3$,
- 6/12 až 9/12 z maximální četnosti – $N = 4$,
- 9/12 až 12/12 z maximální četnosti – $N = 5$.

Z výsledků na pilotní lokalitě je možné vysledovat zvýšené nebezpečí v místech zátočin, a to i přes malou délku rozběhu větru. Pro korekci těchto úseků je vhodné provést ruční korekce v atributové tabulce na základě podložených dat, nebo je možné spočíst délky rozběhu v rastrové podobě. V rámci dostupných nástrojů ArcGIS [8]



Obr. 1. Obecný postup vyhodnocení ohrožení



Obr. 2. Pilotní lokalita Hulín

je k dispozici výpočet délky na základě rastrů se stanovenými směry. Pro analýzu je vhodné vytvořit rastry v rozmezí nádrže s konstantní hodnotou směru proudění (**obr. 3**). Každý ze směrů má svoji rastrovou hodnotu (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 viz **obr. 3** vlevo dole). S využitím rastru s hodnotami pro daný směr se následně pomocí nástroje (ArcGIS-Flow length) spočítá délka (v tomto případě délka rozběhu vlny). Na **obr. 3** je rastr s délkami doběhu vody ve směru východním s kódem směru $N = 1$, na kterém lze vidět maximální délku rozběhu větru 2 230 m. Lze také pozorovat pro daný východní směr větru malý rozběh v místě měření vln (označeno fialově a červeným křížkem místo měření vln).

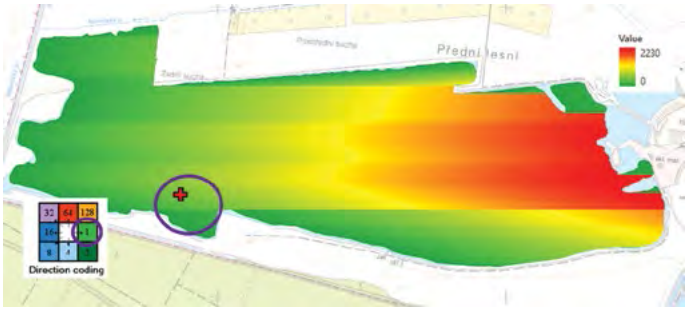
Na **obr. 4** je rastr pro stejný úsek, ale směr jihovýchodní, již značný rozběh větrů (kód směru = 2, v rozpětí +/- 45 stupňů). Z **obr. 4** lze pozorovat dostatečný rozběh vln, a tedy není nutné pro tuto část břehu provádět korekci. Vyhodnocení se provádí pro směry 0° (sever), 45°, 90° (východ), 135°, 180° (jih), 225°, 270° (západ), 315°, 360° (sever). Celý postup se dá automatizovat pomocí nástrojů zonální statistiky, která pro dané části břehu a směr určí maximální délky rozběhu a v případě, kdy je délka menší než 100 metrů pro daný směr (dle normy ČSN 75 2410 [9]), je možné nebezpečí v tomto směru snížit na $N = 1$. Výsledná mapa nebezpečnosti pro lokalitu Hulín je vidět na **obr. 5**.

2.2.2. Nebezpečí na základě informací o vlnách

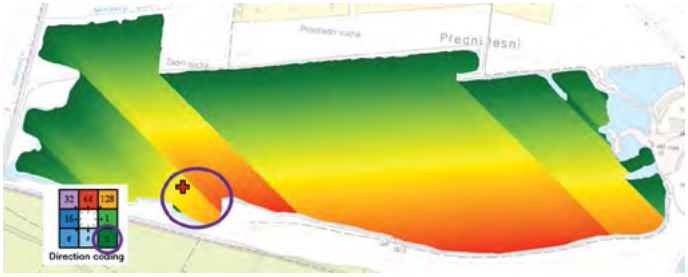
Samotný vítr je inicializujícím faktorem vzniku větrových vln, které se pak realizují v dané lokalitě s daným efektivním rozběhem. Parametry vln je možné odvodit na základě informací o směrech a rychlostech extrémních větrů. Postup stanovení je uveden v normě (ČSN 75 0255 [6]), avšak je vhodný pro extrémní větry. Na některých nádržích jsou

Tab. 1. Nebezpečí N na základě informací o větru

Četnost působení větrů	Směr odklonu od kolmice na břeh		
	0°	+– 30	+– 60°
0,00–0,04	1	1	1
0,04–0,08	2	1	1
0,08–0,12	3	2	1
0,12–0,16	4	3	2
0,16–0,20	5	4	3
0,20 a více	5	5	4



Obr. 3. Rastr s délkami doběhu pro východní směr proudění větru (kód směru = 1)



Obr. 4. Rastr s délkami doběhu pro jihovýchodní směr proudění větru (kód směru = 2)

také osazena zařízení měřící větry a také měřící přímo vlny. Z kontinuálního měření vln je tak možné získat parametry vln včetně jejich směru. Tyto hodnoty jsou však platné jen pro daný úsek břehů, kde měření probíhalo a vyhodnocení nebezpečí je možné realizovat v okolí místa měření vln. Díky tomuto vyhodnocení je pak možné korigovat nebezpečí získaná ze směrů větrů. Schematicky je postup stanovení ohrožení znázorněn na **obr. 6.**

Pro případ výpočtu nebo odhadu výšky vln z větrů a také pro využití výsledků z měření vln je nutné vyhodnocení vždy pro dané lokální místo. V případě lokality Hulín se jednalo o jihojihozápadní břeh, kde probíhalo měření (**obr. 7**).

Vyhodnocení nebezpečí na základě větrových vln lze realizovat na základě výšky vlny a četnosti pro daný směr působení obdobně jako v případě působení větrů, s uvažováním směru působení vln ve směru kolmém na břeh a ze směrů odkloněných o 30° a o 60°.

Z měření vln je nutné vyhodnotit pro předem stanovené intervaly se směry 0° (sever), 30°, 60 °, 90° (východ), 120°, 150° 180° (jih), 210°, 240°, 270° (západ), 300°, 330 °, 360° (sever) četnost vln a také maximální výšku vlny v odpovídajícím směru. Ze směru odklonu α od kolmice na břeh a výšky vlny se přepočte pomocná výška normalizovaná přes maximální změřenou výšku vln:

$$h_{norm} = h/h_{max} \cdot \cos\alpha \qquad (2)$$

kde h je maximální výška vlny naměřená v daném směru, h_{max} je maximální výška vlny ze všech směrů získaná z měření, α je odklon od kolmice k břehu (uvažuje se +– 30° a +– 60°).

Následně je možné využít **tab. 2**. pro odečtení nebezpečí N.

Kategorie četnosti je možné využít uvedené výše v **tabulce 2**, nebo je možné tyto intervaly modifikovat různými způsoby, např. rozdělením pomocí násobku maximální četnosti:

- 0/12 až 2/12 z maximální četnosti – $N = 1$,
- 2/12 až 4/12 z maximální četnosti – $N = 2$,
- 4/12 až 6/12 z maximální četnosti – $N = 3$,
- 6/12 až 9/12 z maximální četnosti – $N = 4$,
- 9/12 až 12/12 z maximální četnosti – $N = 5$.

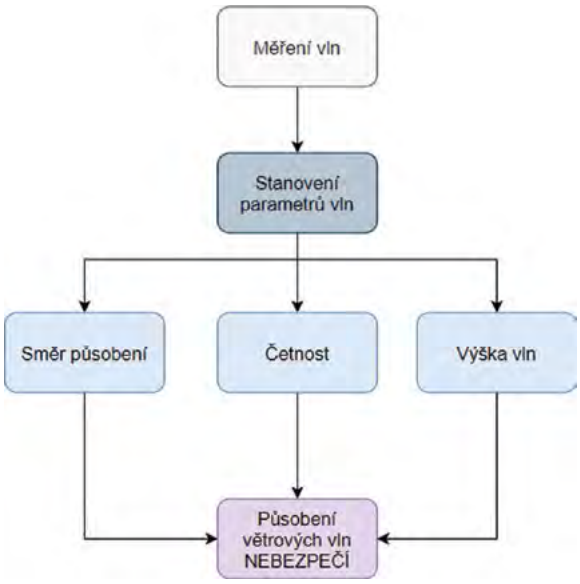
Výslednou informaci o nebezpečí v důsledku působení vln je poté možné stanovit jako maximum zranitelnosti ze směru kolmého a ze směrů odkloněných o 30° a o 60°. Nebezpečí je možné stanovit jako:

$$N = \max\left(N_0, N_{+30}, N_{-30}, N_{+60}, N_{-60}\right) \qquad (3)$$

kde N_0 je nebezpečí pro kolmý směr na břeh, N_{+30}, N_{+60}, N_{-30}, N_{-60} je nebezpečí pro směr odkloněný o 30 a 60 stupňů od kolmice na břeh. Z měření na pilotní lokalitě je možné sledovat podobný směr vln jako větrná růžice (**obr. 8**).

Mapa nebezpečí založená na měření vln platná pro úsek s měřením je vidět na **obr. 9**.

Obr. 5. Mapa nebezpečí – na základě informací o větrech



Obr. 6. Postup pro stanovení nebezpečí způsobeného větrnými vlnami v případě měření

2.3. Stanovení zranitelnosti břehů

Zranitelnost břehů Z je možné stanovit na základě sklonu svahu, zemin břehů a aktuálního stavu břehu. Zeminy samotné mají jako jednu z geotechnických vlastností určen úhel vnitřního tření, který popisuje odpor proti tření. Výpis tříd zemin s úhlem vnitřního tření dle (ČSN 73 1001 [10]) je v **tab. 3**.

Na základě geotechnických vlastností zeminy, třídy zeminy a také stavů břehů je možné kvantifikovat zranitelnost břehů. Následně lze tuto zranitelnost upravit s využitím informací o současném stavu. Pro stávající stav břehů stanovíme stupně dle **tab. 4.**

Pro stanovení rozmyvatelnosti lze předpokládat tyto parametry odolnosti pro zobecněné zeminy dle **tab. 5**.

Pro vyhodnocení zranitelnosti Z je pak nutné zkombinovat rozmyvatelnost zemin, sklon svahů a stav břehů Z_{ST}. V případě neznalosti stavu břehů je možné uvažovat se stavem, kdy je břeh bez porušení ($Z_{ST} = 0$). Stanovení je možné provést na základě **tab. 6**, kde je kombinace rozmyvatelnosti a sklonu svahu.

Výslednou zranitelnost břehů Z je pak možné stanovit jako:

$$Z = Z_{ST} + Z_R \quad (4)$$

kde Z_{ST} je zranitelnost z hlediska stavu břehů (kompenzace daná stavem břehů), Z_R je zranitelnost z hlediska zeminy břehů a jejich sklonu. Hodnota zranitelnosti Z náleží do intervalu <1,5> a v případě kompenzace zranitelnosti pomocí stavu břehů je nutné tento interval dodržet. Schematicky je postup na **obr. 10.**

Mapa zranitelnosti břehů na nádrži v Hulíně je na **obr. 11**.

2.4. Stanovení ohrožení břehů větrovými vlnami

Pro stanovení ohrožení O je nutné provést expozici nebezpečí a zranitelnosti. V případě, kdy nebezpečí dosáhne nebo přesáhne zranitelnost, je daný břeh rizikový z hlediska vzniku abraze. Vyhodnocení ohrožení O se provádí na základě matice rizika, viz **tab. 7,** na základě znalosti nebezpečí N a zranitelnosti Z.

Rozsah ohrožení je následující:

- O = 1, reziduální (žlutá barva),
- O = 2, nízké (oranžová barva),
- O = 3 střední (modrá barva),
- O = 4 vysoké (červená barva).

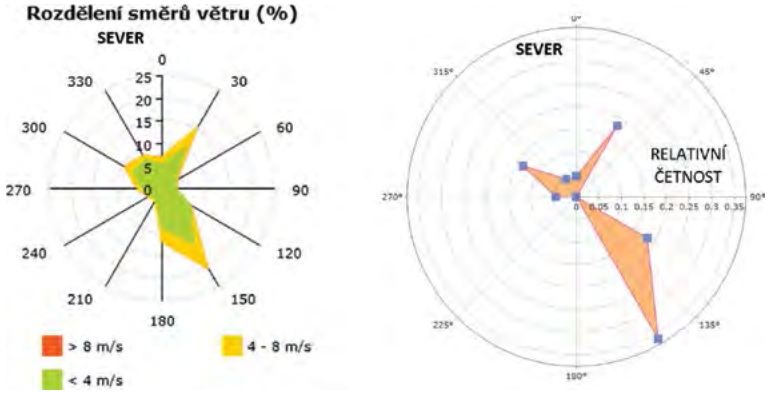
Vytvořená mapa ohrožení břehů větrovými oscilačními vlnami pro pilotní lokalitu Hulín je na **obr. 12**. Mapa ukazuje, že většina délky břehů nádrže leží ve vysokém nebo středním ohrožení. Důvodem je zranitelnost břehů. Většina břehů má vysoký sklon s materiálem, který je středně rozmyvatelný (břehy jsou tvořeny pískem – jedná se o těžebnu písku). Oprava délky rozběhu a tomu odpovídající reziduální hrozba je patrná v zátokách s malým rozběhem větru v hlavních směrech, kde se vyskytuje pouze zbytkové nebezpečí z výskytu oscilačních větrových vln.

2.5. Postup pro hodnocení ohrožení břehů v prostředí GIS

Výše pospaný způsob hodnocení v prostředí GIS lze provést následně:

- Tvorba DMT s využitím DMR5G, sonarových dat, dat z dronů a geodetického zaměření – využití nástrojů pro tvorbu a interpolaci TIN.
- Na základě vytvořeného DMT je možné určit sklon a rozsah zaplavené plochy – využití nástrojů prostorové analýzy pro práci s rastry.
- Tvorba polygonů s geologickým složením – vytvoření a editace vektorových dat.
- Rozdělení břehů do jednotlivých podsekcí – pomocí automatických nástrojů nebo ručně dle orientace břehů.
- Tvorba rastru sklonitosti z DMT pomocí nástroje pro tvorbu sklonitosti břehů.
- Přidělení sklonu svahů břehům pomocí zonální statistiky.
- Přidělení typu materiálu břehům pomocí zonální statistiky.
- Přiřazení stavu břehů ručně v tabulce atributů nebo pomocí prostorového JOIN (překrývající se mnohoúhelníky a jejich tabulky atributů).
- Určení směrů břehů na dílčích úsecích břehu.
- Pomocí informací o četnosti, směrech větrů a výšce vln je možné určit nebezpečí – v tabulce atributů břehů se vypočítá nebezpečí N (**tab. 1** nebo **2**).
- Korekce nebezpečí – manuálně nebo automaticky pomocí délek doběhu větru.

Obr. 7. Hulín, místo měření vln (červený křížek)



Obr. 8. Rozdělení směrů větrů (vlevo) a vln (vpravo) v pilotní lokalitě Hulín

Tab. 2. Nebezpečí N na základě informací o vlnách

Četnost působení vln	h_{norm}		
	1,0–0,6	0,6–0,3	0,3–0,0
0,00–0,04	1	1	1
0,04–0,08	2	1	1
0,08–0,12	3	2	1
0,12–0,16	4	3	2
0,16–0,20	5	4	3
0,20 a více	5	5	4

Tab. 3. Třídy zeminy s popisem a úhlem vnitřního tření [10]

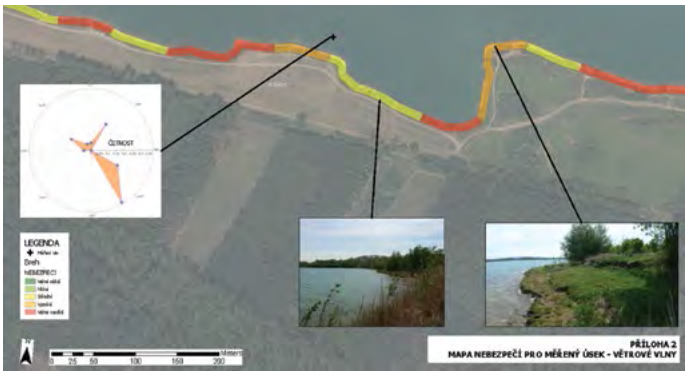
Třída	Popis	Značka	Úhel vnitřního tření ϕ
F1	Štěrkovitá hlína	MG	26–32
F2	Jíl štěrkovitý	CG	24–30
F3	Hlína písčitá	MS	24–29
F4	Jíl písčitý	CS	22–27
F5	Hlína s nízkou plasticitou	ML	19–23
	Hlína se střední plasticitou	MI	19–23
F6	Jíl s nízkou plasticitou	CL	17–21
	Jíl se střední plasticitou	CI	17–21
F7	Hlína s vysokou plasticitou	MH	15–19
	Hlína s velmi vysokou plasticitou	MV	15–19
	Hlína s extrémně vysokou plasticitou	ME	15–19
F8	Jíl s vysokou plasticitou	CH	13–17
	Jíl s velmi vysokou plasticitou	CV	13–17
	Jíl s extrémně vysokou plasticitou	CE	13–17
S1	Písek dobře zrněný	SW	34–42
S2	Písek špatně zrněný	SP	32–37
S3	Písek s příměsí jemnozrnné zeminy	SF	28–33
S4	Písek hlinitý	SM	28–30
S5	Písek jílovitý	SC	26–28
G1	Štěrk dobře zrněný	GW	36–44
G2	Štěrk špatně zrněný	GP	33–41
G3	Štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy	GF	30–38
G4	Štěrk hlinitý	GM	30–35
G5	Štěrk jílovitý	GC	28–32

Tab. 4. Stav břehů a jeho kvantifikace opravným koeficientem Z_{ST}

Popis stavu	Opevnění	Břehový porost	Úprava zranitelnost z hlediska stavu břehů Z_{ST}
Břeh je porušený, je zde zřejmá abraze.	Ne	Ne	+2
Břeh je mírně porušení, není zde žádné opevnění, břehový porost nenapomáhá zpevnění břehu.	Ne	Ne	+1
Břeh není porušen, není zde břehový porost napomáhající zpevnění břehu.	Ne	Ne	0
Na břehu je poškozené nebo částečně funkční opevnění.	Ano, porušené	Ne	-1
Břeh je částečně zpevněn břehovým porostem nebo jeho kořenovým systémem.	Ne	Ano, částečné	-1
Na břehu je opevnění nebo je zde rozsáhlý kořenový systém stromů, který břeh zpevňuje.	Ano	Ano, kořeny zpevňují břeh	-2 až -5 dle typu opevnění

Tab. 5. Zjednodušená kvantifikace odolnosti zemin proti rozmyvatelnosti (s využitím [1])

Druh zeminy	ID materiálu – MID	Rozmyvatelnost	Úhel vnitřního tření ϕ
Písek/navážka	1	Velmi lehce rozmyvatelné (VL)	30
Hlína	2	Lehce rozmyvatelné (L)	25
Jíl	3	Středně rozmyvatelné (S)	20
Štěrk	4	Těžce rozmyvatelné (T)	35
Skální masiv	5	Velmi těžce rozmyvatelné (VT)	–



Obr. 9. Mapa nebezpečí pro měřený úsek – větrové oscilační vlny

- Určení zranitelnosti Z pomocí výpočetní funkce v atributové tabulce.
- Korekce zranitelnosti na základě znalosti stavu břehů.
- Kombinací rastrů nebezpečí a zranitelnosti břehů se získá ohrožení O (**tab. 7**).

3. Diskuse a závěr

Článek shrnuje podrobný postup při stanovení a přípravě mapy ohrožení břehů nádrží větrovými oscilačními vlnami. Cílem je predikce vývoje eroze břehu a následné kroky (zajištění pozemků směrem do břehu pro snížení kolize majetkoprávních vztahů, stanovení účelů užívání břehů, kompenzace ohrožení vhodnými opatřeními [11, 12] apod.).

Při vyhodnocení nebezpečí břehů nádrží se vytvoří rastrová vrstva stanovená jako kombinace četnosti, směru a rychlosti větru, nebo výšky, směru a periody vln. Pro vyhodnocení zranitelnosti břehů nádrží se vytvoří kombinací materiálů, sklonu a stavu břehů. Výsledné ohrožení se vytvoří jako expozice břehů nádrží promítnutím rastrových vrstev nebezpečí a zranitelnosti břehů. Postup vyhodnocení a výsledné mapy jsou demonstrovány na pilotní lokalitě Hulín, kde také probíhala měření větrových oscilačních vln a měření směru a rychlosti větru. Vyhodnocení a tvorba map byly prováděny v prostředí ArcGIS Pro [8], avšak lze využít i jiných programových prostředků (QGis apod.). Na základě map ohrožení břehů je možné identifikovat nejohroženější břehy.

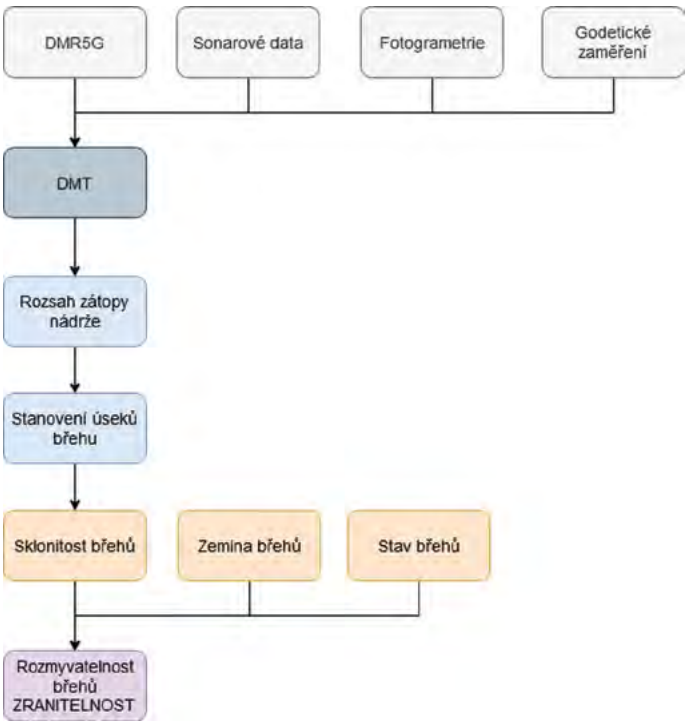
Na nádržích, kde kolísá hladina, lze postup uvedený v článku aplikovat na různé hladiny, z nichž nedůležitější je nečetnější hladina. Jelikož je všeobecně známo, že největší pravděpodobnost náchylnosti

Tab. 6. Zranitelnost Z_R na základě rozmyvatelnosti a sklonu svahů

Sklon svahu	Rozmyvatelnost Z_R				
	VL	L	S	T	VT
0 – 5	3	3	2	1	1
5 – 15	4	3	2	2	1
15 – 25	4	4	3	2	1
25 – 35	4	4	3	3	1
35 – 55	5	4	4	3	2
> 55	5	5	4	3	2

Tab. 7. Ohrožení břehů abrazí O

Zranitelnost Z	Nebezpečí N				
	1	2	3	4	5
5	3	3	4	4	4
4	2	3	3	4	4
3	2	3	3	3	4
2	2	2	3	3	3
1	1	2	2	2	2



Obr. 10. Postup kombinace DMT a využití pro stanovení zranitelnosti břehů

břehů na poškození vzniká v oblasti kolísání hladiny retenčního prostoru ovladatelného a neovladatelného [13]. Stav, kdy hladina v nádrži dosahuje retenčního prostoru, však nastává s malou pravděpodobností. Naopak s velkou pravděpodobností se bude hladina pohybovat v rozmezí stálého nadržení. Je potřeba tedy provést vhodné

kombinace pravděpodobnosti výskytu dané hladiny a příslušné výšky výběhu vlny.

Po vyhodnocení ohrožení břehů by se u nejvíce náchylných břehů měla stanovit prognóza ústupu břehové čáry. Pro její vyhodnocení se nejčastěji využívá metody založené na stanovení bodu abrazní terminanty *AT*. Tato metoda byla navržena již v padesátých letech 20. století a byla později modifikována prof. Šlezingrem na údolní nádrži Brno [13]. Pro stanovení ústupu břehové čáry je nutné znát nejčetnější hladinu v nádrži M_{nmax}, návrhovou výšku vlny h_n, výšku hladiny nahnání větrem Δ_H, střednici vlny h_0, nadmořskou výšku paty abrazního srubu V_a, ustálený sklon abrazní plošiny α' a úhel vnitřního tření zeminy φ.

Tento příspěvek má přinést projektantům a správcům vodních nádrží povědomí, že není vždy nutné hned všechny břehy náchylné na vývoj abraze „technicky zajistit". V mnoha případech se může jednat o pozitivní vývoj břehů prostoru nádrží ve vztahu k životnímu prostředí a přetváření krajiny. Typickým příkladem je ustupující levý břeh od hráze na vodní nádrži Nechranice, kdy dochází ke svahovým nestabilitám a abrazní sruby jsou v těchto místech stále v pohybu. K biotechnickým řešením by mělo být přistupováno zejména v případech uvedených v závorce (zajištění bezpečnosti vodního díla, stabilizace břehů, pokud je poptávka nebo potřeba apod.), ne však „automaticky" a vždy, pokud k nějaké abrazi břehů dochází.

Poděkování: *Tento článek byl připraven za finanční podpory FAST-J-22-7998 Ověření tvaru spektra větrových oscilačních vln na uzavřených vodních plochách a FAST-S-22-8005 Spektrální analýza větrových oscilačních vln na vodních nádržích jako součást adaptace na změnu klimatu.*

Obr. 11. Mapa zranitelnosti břehů

Obr. 12. Mapa ohrožení břehů větrnými oscilačními vlnami

Literatura/References

[1] Valouchová, K. (2004) Návrh řešení stability břehů nádrží ve smyslu prevence abrazních jevů. (Návrh řešení stability břehu hráze s ohledem na prevenci abrazivních břehů). Disertační práce, VUT FAST Brno, 103 str.

[2] Narra, P.; Coelho, C.; Sancho, F. (2020): Multikriteria GIS – based estimation of coastal erosion risk: Implementation to Aveiro sandy coast, Portugal. Ocean & Coastal Management, svazek 178, ISSN 0964–5691.

[3] Koroglu, A.; Ranasinghe, R.; Jiménez, J. A.; Dastgheib, A. (2019): Srovnání aplikací indexu zranitelnosti pobřeží pro provincii Barcelona. Ocean & Coastal Management, svazek 178, ISSN 0964–5691.

[4] Mohd, F. A., kol. (2019): Komplexní posouzení a přizpůsobení se zranitelnosti pobřeží pro pobřeží Cherating – Pekan, Pahang, Malajsie. Ocean & Coastal Management, svazek 182, ISSN 0964–5691.

[5] Rangel – Buitrago, N.; Neal, W. J.; Victor, N. de Jonge (2020): Hodnocení rizik jako nástroj pro řízení pobřežní eroze. Ocean & Coastal Management, svazek 186, ISSN 0964–5691.

[6] ČSN 75 0255 (1987): Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích. Československá státní norma, 30 str.

[7] Pelikán, P. (2013): Přetváření břehů vodních nádrží vlivem břehové abraze. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny, 107 str.

[8] Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2022). ArcGIS Pro. Redlands, CA.

[9] ČSN 75 2410 (1997) Malé vodní nádrže. Český normalizační institut, 37 str.

[10] ČSN 73 1001 (1988) Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy, Československá státní norma.

[11] Gernešová, L.; Pelikán, P.; Šlezingr, M.; Marková, J.; Blahuta, J. (2017) Příklad použití aktivního protiabrazního prvku – dvojtý zápletový plůtek.

[12] Šlezingr, M. (2011) Břehová abraze – možnosti stabilizace břehů: Bank erosion – possible ways of bank stabilization. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011. ISBN 9788073755669.

[13] Šlezingr, M. (2003) Břehová abraze – příspěvek k problematice zajištění stability břehů. Brno, 2003. ISBN 80-86510-75-1.

Ing. Stanislav Kotaška (autor pro korespondenci)
Ing. Miroslav Špano, Ph.D.
Ing. David Duchan, Ph.D.
Vysoké učení technické v Brně
Veveří 9
602 00 Brno
kotaska.s@vutbr.cz

Threat of embankments and natural banks by oscillatory wind waves (Kotaska, S.; Spano, M.; Duchan, D.)

Abstract

Oscillatory wind waves represent the most common hydrodynamic load on water structures and reservoir banks. The waves destabilize the banks, which can endanger valuable areas around the reservoir and also endanger the embankment dam. To evaluate the degree of threat to the banks from waves, maps were compiled, thanks to which it is possible to plan individual protection measures. The article describes the procedure of compiling a map of the threat of banks by wind waves with a specific application on the lake in Hulín. The effect of wind, waves, soil type and its status are taken into account.

Key words
oscillatory wind waves – dam – natural banks – maps of threat

ASIO, 30 let!

V těchto dnech je tomu třicet let, co vznikla firma ASIO. To je jistě důvod k ohlédnutí a zamyšlení, jak dál. Povídali jsme si o tom s jedním z otců zakladatelů, Ing. Karlem Plotěným.

Slavíte 30. výročí, je něco, co vám utkvělo v mysli z doby, kdy jste začínali?

Možná to, že náš první seminář v Brně na hvězdárně, tři měsíce po založení firmy, navštívilo přes 150 návštěvníků (a to byla ještě doba bez internetu). Kouzelné prostředí hvězdárny nás nakoplo a možná nevědomky pomohlo nastavit cíl – per aspera ad astra. Cesta, která je pro firmu možná ještě důležitější než cíl, už před tím byla nastavena vědomě – být inovativní, internacionální a spolehliví.

Co myslíte, že z těch Vámi vyjmenovaných atributů firmu nejvíce charakterizuje?

Vyzdvihl bych snahu o inovativnost. Díky internacionálnosti a pochopení trendů byla naše firma na českém trhu první hned s několika výrobky a technologiemi a prosazovala i udržitelnost v oboru.

A něco o té internacionálnosti?

Zkusím to prezentovat na příběhu domovních čistíren. Rakousko se v „devadesátkách“ rozhodlo zpřísnit požadavky na vypouštění z decentrálu a standardem se stala tzv. „vollbiologische Kläranlage“, což byla pro firmu příležitost pomoci Rakušanům s vývojem takového zařízení. Po zjištění, že je jednodušší taková zařízení přímo dodávat, následovalo rozhodnutí začít čistírny exportovat a získat tak prostředky na rozvoj v Česku. Výlety do Alp lze spojit s návštěvou našich čistíren – jsou jich tam stovky a často na atraktivních horských chatách. Čas však šel dál, u domovních ČOV firma vydržela a stále je inovovala. Když přeskočíme membránovky, tak poslední vývojové počiny jsou **SBR čistírna AS-MONOcomp** s interním zpracováním kalů a **extenzivní čistírny AS-ANAZON a AS-VERTIKALWETTLAND**. Tímto se kruh uzavřel, protože jejich vývoj inspirovaly trendy v Rakousku, kde jsou extenzivní ČOV nejpovolovanější čistírny současnosti. I když my v ČR jsme jako vždy konzervativnější, a tak si tyto čistírny u nás zatím své místo hledají.

Nejúspěšnější výrobek?

Po technické stránce jsme se nechali inspirovat v Rakousku, uvedli na trh odlučovače s koalescencí a dodali jsme jich spoustu. Řadu let to opravdu byl náš nejúspěšnější výrobek. Bohužel odlučovače jsou příkladem toho, jak se dá zničit trh a znehodnotit účel použití výrobku. Nekonkrétní legislativa, a tím pádem i umožnění vstupu na trh výrobkům 5x menším s proklamací nereálných výstupních hodnot, vedla k degradaci trhu. Myslím, že to přispělo i k tomu, že se množství uhlovodíků v povrchových vodách nesnižuje. Na zrození fungující novinky se čeká, pokud by se nedalo za novinku považovat složení podkladních vrstev pod propustnými povrchy, které ropné látky sorbují a degradují. Ověření takových povrchů a vrstev je výsledkem firemního výzkumného úkolu. A tak je to obdobné a pro nás charakteristické, máme novou ověřenou technologii a sami jí musíme prošlapávat cestu.

Nějaké novinky z poslední doby?

Obrat v odlučovačích klesl, ale všechno špatné je na něco dobré, a tak jsme byli nuceni hledat další oblasti působení, a to v perspektivních a zároveň potřebných oblastech, jako je například MZI (modrozelená infrastruktura). Ve Francii jsme se nechali inspirovat zasakovacími bloky AS-NIDAPLAST a byli jsme několik roků jejich jediným dodavatelem v ČR. Následovaly propustné povrchy s AS-TTE ROŠT, technologie na recyklaci vod a v současnosti nabízíme i chytré stromy AS-POUSTR. Pokud k tomu přičteme zařízení pro využití srážkových vod, která nabízíme už více než 20 roků (do Německa jsme jich už před dvaceti roky dodali několik stovek), tak velkou částí naší produkce bojujeme i proti suchu. Novinkou jsou výrobky na úpravu srážkových vod AS-RAINMAN zajišťující takovou kvalitu, aby bylo možné vodu použít k osobní hygieně.

A co oblast dodávek technologií?

Vedle výrobků se rozvíjela i oblast dodávek technologií. Zpočátku nesměle, i když první faktura právě založené firmy ASIO byla právě za dodávku neutralizační stanice do sodovkárny. Později se tento segment vyvíjel silněji; prvním vrcholem byla určitě dodávka čistírny podzemních vod jako součást sanace terminálu ARAL v Ludwigshafenu. V současnosti je obrat v dodávkách technologií srovnatelný s objemem dodávek výrobků. Vzhledem k jinému charakteru prodeje i marketingu tak bylo logickým důsledkem rozdělení firmy na ASIO NEW, spol. s r.o., které se zabývá vývojem a dodávkami kusových výrobků, a ASIO TECH, spol. s r.o., které se zabývá vývojem a dodávkami technologií. Novinkou tak vždy nemusí být nový výrobek nebo technologie, ale „aha efekt“. V tomto případě pochopení, že někdy je potřebné se rozdělit proto, abychom byli zákazníkům blíž. Nejefektivnější je ten, kdo nejlépe využije místních možností.

Jak tedy ASIO TECH, spol. s r.o., rozvíjí nové směry v dodávkách technologií?

K nejúspěšnějším akcím z poslední doby, vedle realizace dodávek menších komunálních čistíren, patří dodávky recyklace vod, úpravny vod a průmyslové čistírny odpadních vod. Zejména v oblasti komunálních ČOV a PČOV jsme již dlouhodobě etablovanou firmou. Inovace na trh přinesla firma v oblasti odvodnění kalů a zejména v odstraňování zápachu.

Ale ani další vývoj neustrnul, vlastní oddělení R&D ověřuje například technologie využívající granulovaný kal AS-GranBio, technologie na recyklaci komunálních vod. Jsme opět průkopníkem; ať už se jedná o recyklaci vod ve veřejných bazénech AS-POOLREC, či zahuštění kalu.

Jak ASIO reaguje na úplně nové trendy jako udržitelnost a odolnost?

Zpočátku to pro nás byly pojmy, jejichž obsah jsme nechápali do detailů. Dnes jsou součástí firemní filozofie a směrem podpořeným výzkumnými projekty, např. na stanovení uhlíkové stopy různých technologií. Obě firmy

Technologie na recyklaci bazénových vod AS-POOLREC

Umělý strom AS-POUSTR jako součást MZI

se vědomě orientují na udržitelné technologie, a tak vedle orientace na přírodní způsoby u ASIO NEW, spol. s r.o., se ASIO TECH, spol. s r.o., orientuje na technologie, kde vzniká minimum odpadů (membránové technologie) a kde se voda recykluje nebo minimalizuje spotřeba energie. ASIO TECH, spol. s r.o. v tomto směru nabízí audity, má možnost svá řešení pilotovat a řešení jsou tak maximálně šitá na míru.

Začínali jsme rozhovor internacionálností. Blížíme se závěru, tak se zeptám – jak se pokračuje vaše prosazování v zahraničí?

Jedním z cílů firmy bylo být internacionální, jednak proto, že ČR je malá, a pak kvůli stabilitě. Vedle výletů do exotiky (Thajsko, Jemen, Irák, Havaj…) byla cílem snaha si vytvořit odbytiště i v okolních zemích. Asi nejvíce nám pomohlo, že v době krize jsme se chytli na velkých čistírnách v Litvě (dodávali jsme i ČOV pro 20 tis. EO). V současnosti stabilně firma působí prostřednictvím svých satelitů v Chorvatsku, Maďarsku, Rumunsku a na Slovensku. Dodávky a licenční výrobu máme i v dalších zemích.

Co byste řekl na úplný závěr?

Z příběhů, které začínají v minulosti a často nekončí, je vidět, že vše se v čase mění, ale že je důležité se držet vize, která byla prostá – „nechceme firmu na jedno použití“, tj. jde nám o získání důvěry a vlastním vývojem reagujeme na potřeby okolního světa tak, abychom si zabezpečili stabilitu. Pro překonání těžších období je důležitá firemní kultura, několikrát dokonce veřejně oceněná jako inovativní a udržitelná. Proto za možná největší úspěch v této oblasti lze zmínit to, že se podařilo předat firmu, a to včetně vizí, mladé generaci a nový management už prokazuje, že má energii a schopnosti táhnout tu „káru“ s nákladem nových cílů dál… V červnu oslavíme v Brně na hvězdárně 30. výročí a prostě a jednoduše si na dalších 30. roků popřejeme per aspera ad astra a promítneme dokument o cestě voyageru sluneční soustavou „Cesta pokračuje“.

Ing. Václav Stránský

INFORMUJEME

Oceňování činnosti bobrů s využitím Nákladů obvyklých opatření resortu životního prostředí (na příkladu jejich působení v zátopové ploše suché povodňové nádrže Žichlínek u Lanškrouna)

Tomáš Just

V rámci výstavby povodňové nádrže Žichlínek byly v roce 2006 v její zátopové ploše provedeny revitalizace Moravské Sázavy a Lukovského potoka. Tyto revitalizace nebyly zcela vydařené – koryta byla z neznámých důvodů provedena jako výrazně zahloubená. Zejména v případě Lukovského potoka to významně omezovalo ekologické i vodohospodářské přínosy revitalizace. Do roku 2018 vzniklo v zátopové ploše nádrže teritorium bobra evropského. Bobří rodina, užívající toto teritorium, přehradila hluboké koryto Lukovského potoka hrází, která vzdula vodu až do úrovně terénu. Tak došlo k renaturačnímu zlepšení stavu dílčího úseku revitalizačního koryta, v okolí hráze se rozvinulo rozsáhlé zamokření a počala vznikat přirozená paralelní koryta, vedoucí vybřežené části průtoku potoka. Tyto dopady působení bobrů lze srovnávat s krajinotvornými opatřeními resortu životního prostředí na podporu vodních ekosystémů – renaturace a revitalizace vodních toků a budování mokřadů, jaká jsou dotována v rámci programů resortu životního prostředí. Podporované činnosti jsou pro účely poskytování dotací oceňovány podle tak zvaných Nákladů obvyklých opatření (NOO), které se postupně pro významnou část dotačních titulů posunuly z pozice kontrolních cenových limitů do role dotačních sazebníků (na tomto principu funguje mimo jiné tak zvaný režim zjednodušených metod vykazování, uplatňovaný pro menší projekty operačního programu Životní prostředí). Použitelnosti NOO pro oceňování přínosů činnosti bobrů významně napomohla inovace těchto sazebníků z počátku roku 2023. Náklady zřizování tůní a mokřadů, dříve odvozované od manipulovaných kubatur zemin či sedimentů, počaly být odvozovány od ploch těchto objektů. V zátopové ploše nádrže Žichlínek dosud vznikly vlivem jedné bobří hráze jevy, jejichž stavební ekvivalenty by naznačeným způsobem byly oceněny na více než 11 milionů korun. (Zde předkládané rozvahy vycházejí ze stavu v ploše nádrže v únoru roku 2023.)

Nové koryto Lukovského potoka v zátopě protipovodňové nádrže Žichlínek, stav v květnu 2008. Revitalizační hodnotu silně omezuje neodůvodněně velké zaklesnutí vodní hladiny proti okolnímu terénu

Toto oceňování „bobří práce“ může být bráno v úvahu například v situacích, kdy správní orgány rozhodují o povolování odstraňování bobřích hrází nebo dokonce eliminace samotných bobrů – pro porovnávání přínosů působení bobrů s výší škod, kvůli nimž mají být příslušné výjimky vydávány.

Vývoj a stav revitalizačních koryt, nástup bobrů

V letech 2006 až 2008 probíhala v působnosti státního podniku Povodí Moravy, jako investora, výstavba suché povodňové nádrže Žichlínek. (*Obvykle bývá tento objekt označován jako „poldr Žichlínek“. Vzhledem k dnes užívané terminologii to není správné. Pojem poldr by měl být vyhrazen pro retenční prostor, ležící po straně vodního toku a plněný z něj přepadem povodňových průtoků přes boční přeliv. U Žichlínku jde o hráz postavenou napříč údolím, působící za povodní vzdutí samotného vodního toku.*) Má jít o největší objekt svého druhu v republice či dokonce ve střední Evropě (Wikipedie). Nádrž je významným faktorem protipovodňové ochrany v povodí Moravské Sázavy a Moravy, včetně měst Litovle a Olomouce.

Objekt leží pod Lanškrounem na Moravské Sázavě, která pak pod Zábřehem ústí zprava do Moravy. Nádrž vznikla přepažením široké ploché nivy Moravské Sázavy dlouhou zemní hrází nad silnicí Rychnov na Moravě – Žichlínek. Hráz dlouhá v koruně téměř 1,6 km (nepočítaje v to navazující železniční těleso), o výšce nad terénem 7,6 m, je opatřena spodním odtokovým objektem o nastavitelné kapacitě a dlouhým bezpečnostním přelivem v koruně. Rozloha zátopy dosahuje 166 hektarů v plochých nivách Moravské Sázavy a jejího pravostranného přítoku, Lukovského potoka. Sahá na Lukovském potoce prakticky k silničnímu mostu pod Veterinárním asanačním ústavem Žichlínek, vzdušná vzdálenost od tohoto místa k odtokovému objektu v hrázi nádrže činí 2,68 kilometru, z toho na zátopu podél Lukovského potoka připadá délka cca 1,3 kilometru.

Dříve zemědělsky využívaná plocha zátopy byla po dokončení výstavby nádrže ponechána přírodě blízkému vývoji, včetně čtyř rozsáhlých a členitých lagun, které byly domodelovány v prostorech, kde se za výstavby těžily zeminy na hráz. Koryta Moravské Sázavy a Lukovského potoka byla v minulosti tvrdě technicky upravena. Poli v ploše budoucí povodňové nádrže procházela v trasách největší možnou měrou napřímených, s příčnými průřezy ve tvaru výrazně zahloubených lichoběžníků, s technickým opevněním, prakticky bez doprovodu dřevinné vegetace. V roce 2006, v rámci výstavby nádrže, byla v její zátopě pro oba toky vybudována nová, revitalizační koryta meandrujícího typu s odpovídajícím výrazným zvlněním tras. Na několika místech Moravské Sázavy byly do nárazových břehů v oblucích trasy nasypány valy štěrkových zemin pro následné postupné doplňování splaveninového materiálu. V částech dřívějšího koryta Moravské Sázavy byly vytvořeny sledy biotopních tůní, drobnější postranní přírodě blízká koryta byla zřízena k napájení této

Jaro 2009: Koryto Lukovského potoka setrvává ve značném zahloubení, jeho stav se jen zvolna zlepšuje sesouváním břehů. V korytě ani podél něj se neuchycuje dřevinná vegetace

Vývoj Lukovského potoka počátkem roku 2014, asi osm let po výstavbě. Terén okolo koryta plně obsadily traviny hned po dokončení výstavby. Břehy koryta jsou strmé, stále se sesouvají i s drnovým pokryvem. Semena nebo zakořenitelné části dřevin v tomto prostředí neuspívají

soustavy a soustavy lagun vlevo od Moravské Sázavy. V plochách zátopy proběhly rozsáhlé výsadby dřevin. V poměrech České republiky šlo o zcela mimořádnou revitalizační příležitost, jakkoliv výstavba, sledující primárně cíle protipovodňové ochrany, nebyla financována z prostředků resortu životního prostředí.

Nová koryta obou toků mají příkladně meandrované trasy; široká plochá niva o velmi malém podélném sklonu odpovídá meandrujícím typům vodních toků. Ovšem z ne zcela jasných důvodů byla tato koryta provedena jako výrazně zahloubená proti okolnímu terénu. (*Šlo o nesprávnou interpretaci hydromorfologického modelu, případně o nedocenění rozdílů ve stavu a vývoji mezi hydromorfologicky autentickým přírodním korytem a přírodě blízkým korytem, které vzniká jako stavební produkt? Nebo tu ještě nějak působil – u správců vodních toků občas se vyskytující, jakkoliv v přírodě blízké zátopové ploše povodňové nádrže věcně neodůvodněný a zbytečně zatěžující – mentální blok vůči korytům přírozeně málo zahloubeným a málo kapacitním?*) Zejména koryto Lukovského potoka bylo z hlediska hydromorfologických kvalit, perspektiv dalšího vývoje a vodohos-

Duben 2018: S prvními několika stovkami metrů revitalizovaného Lukovského potoka (pod silnicí u Veterinárního asanačního ústavu) se něco stalo – koryto je zaplněno vodou téměř po okraj. Hlavně v pravobřeží se rozvinula obtížně prostupná bažina

Duben 2018: Mokřady v pravobřeží potoka

Duben 2018: Příčina změny – bobří hráz v korytě Lukovského potoka.

Duben 2022: Horní úsek Lukovského potoka je zavzdutý v podobném rozsahu jako v roce 2018, s růstem vrb v okolí koryta sílí jejich okusování bobry. Zde, nad bobří hrází, je nejspíš momentální těžiště vzniknuvšího bobřího teritoria

Duben 2022: Stále ta samá hráz, bobry průběžně udržovaná, působí vzdutí horního úseku Lukovského potoka a rozvoj mokřin hlavně po jeho pravé straně (zde v pohledu vlevo)

Duben 2022: Proč se s takto přírodě blízkým zavzdutím horního úseku Lukovského potoka muselo čekat na bobry? Vždyť takto nastavit hladiny vody bylo možné již při provádění revitalizační stavby. V zátopové ploše povodňové nádrže, určené přírodnímu vývoji, tomu nebránily žádné rozumné důvody

podářských a ekologických funkcí a vlivů na okolní plochy zahloubené výrazně nadměrně. Zbytečně zahloubené bylo i nové koryto Moravské Sázavy, tam však tento problém nebyl tak výrazný vzhledem k přeci jen příznivějšímu poměru šířky a hloubky, odvozenému od toho, že jde o větší vodní tok.

Hlavně v případě nového koryta Lukovského potoka nutno konstatovat, že jeho nadměrné zahloubení se velmi nepříznivě podepsalo na revitalizačních efektech. V hluboce zaříznutém, relativně úzkém korytě s velmi strmými břehy nebyl a není prostor pro ekologicky cenné mělčiny a rozvolněné břehové partie. Dnová část koryta, vyplňovaná běžnými průtoky, je málo tvarově členitá a dává vznikat i skromné členitosti hydraulické (proměnlivosti hloubek, rychlostí a směrů proudění vody). Zvláště v počátcích byl nejistý další vývoj koryta, vytvářejícího podmínky pro výraznější koncentrace a rychlosti podélných i příčných složek proudění. Nejspíše jen přítomnosti odolnějších vrstev jílových zemin v úrovni dna koryta lze vděčit za to, že se koryto dál příliš nezahlubovalo a jeho další vývoj jde hlavně cestou pozvolného rozvolňování sesouváním břehů, včetně větších zeminových, resp. drnových bloků. V korytě s vysokými strmými břehy by byla mohla být spatřována vysoce nadstandardní nabídka příležitostí pro ptáky, hnízdící v zemních stěnách, bohužel se však nezdá, že v tomto případě ledňáčky nebo břehule jakkoliv oslovila; nejspíše tu chyběly odpovídající příležitosti potravní. V problematické modelaci koryta, a to se týká i Moravské Sázavy, lze shledávat příčinu toho, že ani do dnešní doby, za sedmnáct let od dokončení výstavby, se v březích prakticky nerozvinul přirozený dřevinný doprovod z náletu a náplavu semen nebo z naplavených zakořenitelných úlomků vrb. Tento materiál se prostě neuchytí v terénu kolem koryta, který ihned po dokončení výstavby nádrže, resp. po ukončení zemědělského využívání dokonale obsadila bylinná buřeň. Neuchytí se ani v téměř svislých březích, resp. bocích koryta, ani v zemině, sesouvající se ze břehů do vody, neboť tato zemina je jednak kryta drnovým čepcem, jednak následně rozplavována.

Nadměrné zaklesnuté „revitalizační“ koryto také zbytečně odvodňuje přilehlé plochy v nivě. I díky tomu se po dokončení výstavby podél koryta příliš nerozvíjelo zamokření s odpovídajícími vegetačními formacemi (jakkoliv v zátopové ploše povodňové nádrže, která nadále není hospodářsky využívána, by takovému vývoji nic nebránilo) a místo toho povrch někdejších polí okamžitě pokryla bylinná vegetace, kterou si zde dovolujeme označovat neodborným pojmem buřeň. Odvodňování okolního terénu nadměrně zahloubeným korytem mělo také nepochybně vliv na další osud rozsáhlých výsadeb dřevin – které byly v některých pasážích zátopové plochy i výrazně neúspěšné. Zátopa nádrže dnes místy zvolna zarůstá dřevinami, což mimo jiné vytváří i podmínky pro působení bobra evropského, ale jak uvedeno i výše, přírodě blízký dřevinný doprovod revitalizačních koryt Lukovského potoka i Moravské Sázavy se vyvíjí přinejlepším značně rozpačitě.

Již v roce 2009 zaznamenali pracovníci AOPK ČR v zátopě nádrže Žichlínek bobří okusy. Tehdy šlo o několik okusů slabých vrbových větví, jaké svědčily nejspíše o rozvědné návštěvě mladých bobrů, teprve hledajících nové stanoviště a partnera. V roce 2018 pak již mohl autor článku usuzovat na existenci řádného bobřího teritoria, provázenou podstatnými – výrazně příznivými – změnami vodních poměrů v zátopě podél horní části Lukovského potoka. Zhruba 400 metrů (vzdušnou čarou) pod mostem silnice Luková – Žichlínek přehradila koryto Lukovského potoka bobří hráz s korunou dosahující úrovně okolního terénu. Vlivem

Duben 2022: Mokřad vyplnil celou plochu mezi korytem potoka s bobří hrází a pravým okrajem nivy

Duben 2022: Až několik set metrů pod bobří hrází se do hlavního koryta Lukovského potoka vracejí vody, které hráz vyvádí do pravobřežní nivy. Tyto vody si již modelují svébytná přirozeně se vinoucí a větvící koryta, kolem nich se vytváří rozsáhlý mokřad

této hráze došlo k zavzdutí koryta potoka s dosahem prakticky k hornímu okraji revitalizačního úseku. Vylitím vod potoka zejména do pravostranné nivy vznikly rozsáhlé silně zamokřené plochy a v rozlitinách počalo modelování nových, přírodně autentických koryt, která se pak vracejí do hlavního koryta Lukovského potoka orientačně 300 metrů (vzdušnou čarou) pod bobří hrází. Soustředěněji v okolí bobří hráze a spíše jednotlivě v celé délce zátopy povodňové nádrže se v roce 2018 objevovaly okusy na dřevinách, hlavně na mladých vrbách.

Počátkem roku 2023 autor zaznamenal podobný stav. Nadále působí prvotní bobří hráz, svými staviteli průběžně udržovaná. Těsně pod silničním mostem pod Veterinárním asanačním ústavem Žichlínek se objevily okusy několika větších stromů, hromada klacků vytahaných na břeh koryta působí dojmem, že tu lidé odstraňovali nějaký další bobří pokus o hráz. Působení bobrů se tu zřejmě posouvá proti proudu Lukovského potoka. Stabilizují se mokřady a nová paralelní koryta hlavně po pravé straně od hráze, vzniklý mokřad sahá až k pravému okraji nivy. V korytě Lukovského potoka pod hrází se zatím bobři nesnaží dál stavět, jakkoliv by to bylo pro potok přínosem. Pokud tu v blízkosti potoka vůbec rostou dřeviny, tak ponejvíce olše, zatímco dřeviny zajímavé pro bobry, zde hlavně vrby, se tu vyskytují málo. Koryto potoka tak setrvává v nepříznivém, nadměrně zahloubeném stavu. Nikde v zátopě nádrže nebyla pozorována stavba nadzemního bobřího obydlí – polohradu. Vysoké zeminové břehy koryt zjevně poskytují bobrům dobré příležitosti k hloubení zemních nor, tedy polohrad netřeba stavět. Již prakticky v celé zátopové ploše jsou podél koryt Lukovského potoka a Moravské Sázavy roztroušeny bobří okusy dřevin. Soustředěněji se objevují tam, kde se vyskytují dřeviny pro bobry atraktivní. Jak vrby v blízkosti koryt postupně dorůstají větších rozměrů, objevují se „větší okusové práce“. Postupně takto bobři „pěstují“ porosty zmlazovaných vrb.

Poněkud zneklidňující bylo zjištění dvou nových mysliveckých posedů poblíž břehů Moravské Sázavy, umístěných právě s výhledem do míst častého výskytu bobrů.

Shrnutí k působení bobrů v nádrži Žichlínek k počátku roku 2023

- Stále aktivní těžiště působení bobrů je dle všeho v okolí jejich hráze na Lukovském potoce, nedaleko pod silničním mostem u Veterinárního asanačního ústavu. Stopy působení bobrů, včetně čerstvých okusů dřevin, se objevují i podél Moravské Sázavy ve střední a dolní části zátopy nádrže.
- Dosud jediná bobří hráz zásadním způsobem zlepšuje zavzdutím stav nadměrně zahloubeného revitalizačního koryta Lukovského potoka v délce vzdušnou čarou cca 350 m. Trasová délka zavzdutých meandrů činí (dle měření z leteckého snímku v Mapomatu) asi 570 m. Krom toho se díky bobří hrázi samovolně vyvinulo asi 370 m pravobřežního paralelního koryta zcela přírodního charakteru. Plocha mokřadu, vzniklého vlivem této hráze, nad i pod její úrovní, činí dle měření v leteckém snímku nejméně 3,9 ha.
- Jelikož bobři zatím neprojevují snahu zavzdouvat Lukovský potok dalšími hrázemi níž po toku (a předpoklady pro to jsou omezené vzhledem k nedostatečnému výskytu vhodného dřevinného materiálu v tomto úseku), měl by správce vodního toku pro zlepšení stavu zbytečně hluboko zaklesnutého potoka uvažovat o realizaci přírodě blízkých změlčovacích a rozčleňovacích prvků, které by bobří hráze funkčně napodobovaly. Nabízejí se třeba dnové pasy či výhony z kameniva a říčního dřeva.
- Zátopová plocha povodňové nádrže, mimo dílčí plochy již zamokřené, nabízí velký prostor pro případná další zlepšující opatření, jako třeba hloubení soustav biotopních tůní.
- Na případné námitky veřejnosti stran ztížené prostupnosti zátopové plochy vlivem zamokření je vhodné reagovat poukazem na posilování nejen přírodní, ale také myslivecké hodnoty území – větší klid i pro zvěř, případně též větší zážitková a sportovní hodnota lovu.
- Subjekty, vykonávající v území myslivost, je vhodné varovat před pokusy eliminovat bobry. Takové pokusy by byly nesmyslné i v tom ohledu, že bobři v nádrži Žichlínek zjevně nepředstavují ohrožení, ale naopak přinášejí užitek. (Upozornění v tomto smyslu bylo sděleno referátu ŽP Městského úřadu v Lanškrouně.)

Ocenění stavebních ekvivalentů práce bobrů v nádrži Žichlínek dle Nákladů obvyklých opatření resortu životního prostředí (NOO)

Do začátku roku 2023 byly v NOO nákladové limity zřizování tůní a mokřadů odvozovány od těžených a manipulovaných kubatur zemin. Tento způsob odvozování se ovšem přežil, neboť podporoval vznik ne vždy efektivních objektů, „hlubokých jam“ s poměrně malým množstvím zadržované vody. Naproti tomu nedostatečně podporoval ty nejefektivnější tůně a mokřady, vytvářené – bez nároků na větší objemy zemních prací – v různých terénních padlinách, v zátopách zaniklých malých rybníků apod. Nová verze NOO z února 2023 se příhodně vrátila ke kdysi fungujícímu odvozování nákladů zřizování tůní a mokřadů od ploch těchto objektů. NOO dále obsahují mimo jiné také nákladové limity revitalizací vodních toků a opatření k podpoře jejich renaturace.

Koncem roku 2022 nastalo nové programové období operačního programu Životní prostředí. S ním byl pro menší projekty navozen režim tzv. zjednodušených metod vykazování. Pro tento režim byly NOO povýšeny z úrovně kontrolních limitů do pozice dotačních sazebníků. (*Investor realizuje objekt určitých parametrů a následně obdrží dotaci ve výši, dané těmito parametry a příslušnými hodnotami NOO, aniž by poskytovatel podpory řešil, jakým stavebně-technologickým postupem byl zásah proveden a jaké byly skutečné realizační náklady.)*

Takto nastavené NOO ovšem nabízejí i možnost oceňovat efekty hydromorfologického působení bobrů, tedy vzniku mokřadů, renaturací technicky upravených nebo z jiných důvodů nadměrně zahloubených koryt a vzniku nových koryt, charakteru přírodního. Cena „bobřích prací“ by měla odpovídat z NOO odvozované ceně jejich stavebních ekvivalentů, jaké by byly realizovány člověkem.

„Bobří hydromorfologické práce“, provedené do začátku roku 2023 v zátopě nádrže Žichlínek, lze pomocí NOO oceňovat takto (bez DPH; indikátorové parametry měřeny v leteckém snímku v Mapomatu):

Únor 2023: Soustředění čerstvých okusů vrb v oblasti vzdutí, působeného bobří hrází

Únor 2023: Stále táž bobří hráz, zde v zimním aspektu. Po stranách se vyvíjejí obtokové proudy

- Samotná bobří hráz má půdorysnou „zastavěnou“ plochu cca 15 m². Pokud by její eventuální člověkem vytvářený stavební ekvivalent byl posuzován jako samostatný objekt k podpoře renaturace vodního toku (NOO = 1 650 Kč/m²), vycházel by limit jeho ceny na 24 750 Kč.
- Zavzdutí 570 metrů nadměrně zahloubeného koryta Lukovského potoka po hladinovou šířku orientačně 4 metry (zavzdutá plocha 2 280 m²) nejspíš nebude oceňováno jako samostatná revitalizace a proti použití výpočtu NOO pro renaturaci by bylo namítáno, že lze uvažovat jenom plochu samotného aktivního zásahu do koryta. Ale za ekvivalent tohoto zavzdutí může být nepochybně pokládáno vytvoření tůně či mokřadu v dané ploše (NOO = 265 Kč/m²). Jde o sazbu NOO pro vytváření tůní a mokřadů strojem, s ukládáním vytěženého materiálu v lokalitě. Bobří stroje nepoužívají a materiál ukládají nanejvýše do samotného tělesa hráze, nicméně, jak uváděno výše, v prostředí současných dotačních programů je tendence posuzovat výsledný efekt a neřešit cesty, jakými jej bylo dosaženo. (Aby nebylo namítáno, že zde uváděná odvození jsou přepjatá, nepokoušíme se zde uplatnit NOO sazbu tvorby tůní ručně, která činí 2 080 Kč/m², jakkoliv bobři pracují výhradně ručně.) Tedy 2 280 m² x 265 Kč/m² = 604 200 Kč.
- Nové, zcela přírodní koryto, modelované vodami, které se vlivem bobří hráze vylévají do nivy, má délku zhruba 370 m a střední šíři 1,5 m (skutečností asi bude o něco větší rozsah, jelikož koryto se větví). Za jeho stavební ekvivalent lze pokládat revitalizaci drobného vodního toku (NOO = 1 200 Kč/m²). Tedy 555 m² x 1 200 Kč/m² = 666 000 Kč.
- Nad i pod úrovní příčinné bobří hráze zatím vznikly mokřady o ploše nejméně 39 000 m². Od toho odečteme plochu koryta potoka z předešlého bodu, aby nebylo započítáváno dvakrát. Pak zaokrouhleně uvažujme, že vznikl mokřad o ploše 38 000 m². Ten lze dle NOO ocenit opět nejnižší sazbou pro tvorbu tůní a mokřadů (bez vyvážení materiálu mimo lokalitu) – 265 Kč/m². Tedy 38 000 m² x 265 Kč/m² = 10 070 000 Kč.

Sečtením položek, týkajících se vzniku mokřadů a revitalizace, dospíváme k částce 11 340 200 Kč.

Slovy: **Jedna bobří hráz, jejíž stavební ekvivalent by mohl být (dle zastavěné plochy) oceňován částkou 25 tisíc Kč, přinesla revitalizační efekty, jejichž stavební ekvivalenty by byly dle NOO resortu životního prostředí ocenitelné částkou 11,34 milionu korun.**

Co s tím, pokud nehodláme bobrům za jejich práci platit?

Tento pohled by nám mohl pomoci – nejen na Žichlínku – začít si víc vážit bobří práce, podporující zlepšování stavu vodních toků, zadržování vody v krajině a obnovování mokřadních formací a vůbec přirozených říčních území. Začít víc porovnávat tyto příznivé efekty s dosud dost jednostranně zmiňovanými tzv. škodami, působenými bobrem. V ocenění přínosných bobřích prací nacházet opodstatnění výdajů nezbytných ke kompenzaci případných škod nebo k vykupování ovlivněných pozemků. Oceňovat, že bobři dosahují významných krajinotvorných efektů bez dotací, bez papírů a razítek, bez rušivých efektů stavební činnosti a s předpokladem výrazně rychlejšího nástupu ekosystémových dopadů než v případě člověkem prováděných stavebních opatření. Prakticky vždy se lze spoléhat na vysokou efektivnost bobřího činění, což bohužel o všech vodohospodářských činnostech člověka nelze říct.

Zde naznačených postupů lze také použít k posuzování škod, jaké by nastávaly mařením bobří činnosti. Správní orgány, nejčastěji krajské úřady, řeší žádosti o výjimky z podmínek ochrany zvláště chráněného druhu, bobra evropského, na jejichž základě by měly být odstraňovány bobří hráze. Podle všeho zatím není zcela zavedenou praxí, že by ten, kdo žádá o výjimku a usiluje o nějaké restrikce vůči bobrům, vyčísloval, jaká negativa mu jejich působení přináší. Není však pochyb o tom, že je třeba takové dokladování začít požadovat, protože bez něj je rozhodování správních orgánů střílením od boku. Správní úřad pak může výše naznačeným postupem, na základě NOO, ocenit hodnotu „bobřího díla“, které by mělo být mařeno, a při rozhodování pak přihlížet k poměru škod a přínosů. Jistěže na protější misku vah budou kladeny například škody, které bobři působí poškozováním porostů nebo omezováním hospodářské využitelnosti zatopených či zamokřených ploch.

Tyto postupy se nabízejí také pro posuzování případů neprávněného poškozování nebo odstraňování bobřích hrází... oficiální dokument resortu životního prostředí, jakým jsou Náklady obvyklých opatření, by měl být dobrým podkladem i pro soudně-znaleckou činnost.

Na odbornících v oblasti oceňování ekosystémových služeb necháme posouzení, zda i jim by zde naznačovaná interpretace NOO nemohla být k užitku.

Lokalit, kde bobři vytvořili rozsáhlejší mokřady nebo napomohli renaturaci technicky upraveného vodního toku, již u nás není málo. Chovali bychom se pošetile, pokud bychom na jedné straně financovali drahá, náročná a ne vždy ideálně efektivní opatření k zadržování vody v krajině a zlepšování stavu vodních toků, a na druhé straně nechávali příliš lehkovážně ničit práci bobrů, která jde tímtéž směrem. Oceňování hodnoty bobří práce může být užitečnou pomůckou. Jistěže si zůstáváme vědomi toho, že různé typy životních projevů bobrů mohou být v různých místech akceptovatelné různou měrou.

Ing. Tomáš Just
předseda odborné skupiny
pro vodní ekosystémy
Agentury ochrany přírody a krajiny ČR
AOPK ČR, regionální pracoviště
Střední Čechy
Podbabská 30
160 00 Praha 6
tomas.just@nature.cz

INFORMUJEME

Jaká je situace s modro-zelenou infrastrukturou v Písku?

Kateřina Králová

Město Písek je situováno v severní části Jihočeského kraje. K 1. 1. 2021 zde žilo 29 837 obyvatel. Vzhledem k významným regionálněvornýmprocesům je město zároveň městem okresním. Na severu sousedí se středočeským okresem Příbram, dále hraničí s okresy Tábor, České Budějovice a Strakonice.

Životní podmínky a krajina města

Podobně jako většinu českých měst, i toto jihočeské město sužuje nedostatek prvků modro-zelené infrastruktury a s tím související zhoršené životní podmínky. Teplem nejzranitelnější je oblast Táborského Předměstí, sídliště Jih (**obr. 1**) a Budějovická. Kromě Píseckých lesů a oblastí jižně od Smrkovic je horkem ohroženo celé katastrální území.

Hlavní dominantou města je protékající řeka Otava. Její břehy jsou z velké části nepřístupné. Koryto je v území vnitřního města vybetonováno, směrem k Pražskému předměstí se břehy zelení, jsou však v mírném svahu, a proto je k nim znesnadněn přístup. Podél obou břehů vede cyklostezka s proměnlivě řešeným povrchem. Další vodní plochy představují Šarlatský rybník, Malý Hánovec a Velký Hánovec. Kuriozitou je Městský ostrov, který je přístupný z obou břehů po nově zrekonstruované lávce. Nachází se zde restaurace, dětská hřiště a odpočinková zóna.

V periferních oblastech, ale i v centru města se nachází velké množství parkovacích ploch (**obr. 2**), které jsou mnohdy předimenzované a svým provedením znehodnocují krajinný ráz. Žádná z ploch nevykazuje výraznou aplikaci prvků modro-zelené infrastruktury tak, aby snížila svůj negativní dopad na území.

Obr. 1. Sídliště Jih

Obr. 2. Parkovací plochy

Obr. 3. Velké náměstí

Problémy v oblasti vodního hospodářství

Písek je nížinné město. Směrem na jihovýchod nadmořská výška roste až k nejvyššímu bodu Velkého Mehelníku (632 m n. m.). Rozdílnost ve sklonitosti komplikuje povrchový odtok ve městě. Přicházející extravilánová voda mířící do kanalizačního systému je tedy velkým problémem. Do budoucna je plánována realizace oddílné kanalizace v rozvojových plochách, realizace opatření ke zpomalování odtoku srážkových vod a zvyšování míry jejich vsakování. V krajině je možné zlepšit retenci vody vhodným obhospodařováním zemědělských pozemků ve svažitém území.

Problém se zelení

Město disponuje velkým množstvím zelených ploch, které bohužel nejsou v mnoha případech v dobrém stavu a je nutná jejich údržba. V nejhorším stavu je zeleň v uličním prostoru, kde je malá rozloha, která neumožňuje dlouhodobou existenci stromů. V oblasti zeleně je žádoucí zvýšit kvalitu stávajících zelených ploch pomocí pěstebních a revitalizačních opatření, zabránit úbytku nezpevněných ploch, uvolnit prostor pro výsadbu dřevin, řešit možnost jímání vody nebo postupně realizovat opatření navržená ve studii *Využití řeky Otavy jako přírodního fenoménu města Písek*. Velmi přínosný je v tomto ohledu územní plán, který vymezuje nové plochy zeleně např. v lokalitách Václavského Předměstí nebo v části Písek-jih. Cílem je propojení ploch sídelní a krajinné zeleně. Mezi krajinnou zeleň lze v případě města Písek řadit prvky územního systému ekologické stability. Ač má tento systém svoji agendu, jedná se o prvek modro-zelené infrastruktury, který zabraňuje

erozi, zadržuje vodu v krajině a omezuje extrémy počasí. V lokalitě ORP Písek se nachází nadregionální biocentrum Dědovické Stráně, Řežabinec nebo Velká Kuš – Řežabinec. Přímo městem vede osa nadregionálního biokoridoru 114-V/1, která kopíruje vodní tok, a K114-MH/1 v severní části města.

Kvalita veřejného prostranství

Veřejná prostranství mají velký potenciál pro tvorbu modro-zelené infrastruktury. Pozemky jsou ve většině případů v majetku města. Výhodou pro tvorbu zelené infrastruktury je vypracovaný *Pasport zeleně*, který obsahuje přes 21 tisíc bodů označujících jednotlivé dřeviny a necelých 7 tisíc plošných prvků zeleně. Neméně důležité jsou dokument *Plán udržitelné mobility a Plán udržitelné zeleně*, neboť analyzuje stávající a navrhované zelené plochy a jejich problémy. Hodnotí kvalitu veřejného prostoru a navrhuje možná řešení.

Směrem ke korytu řeky Otavy zeleň ubývá, což je nežádoucí. Řešení otázky realizace modro-zelené infrastruktury v historické části města, která se nachází právě v oblasti řeky, může být lehce problematická, neboť je historické centrum od roku 1990 památkovou zónou.

Vybrané realizované a připravované projekty

V letech 2013–2018 probíhala rekonstrukce panelového sídliště Jih. Nedílnou součástí rekonstrukce byla částečná obnova zeleně. Důležitým bodem byl i Nový park u svatého Václava v Písku. Návrh se zabýval převážně funkční náplní parku a jeho provozního řešení. Podrobně bylo navrženo prostorové uspořádání výsadeb dřevin, diferencovány byly různé typy travnatých ploch nebo květinové výsadby. Nacházejí se zde nové herní prvky, povrchy cest i odpočívadla. Mezi klíčovými projekty bylo i vypracování dokumentu *Stanovení zásad ozelenění komunikací na území města Písek při jejich výstavbě nebo rekonstrukci (2013)*. Na základě dokumentu *Revitalizace historického centra města Písek (2017)* je řešena obnova stávajících stromořadí a výsadba skupin stromů v bytových oblastech.

Metodické dokumenty, kterými disponuje město Písek

Město má zpracovanou *Studii modrozelené infrastruktury*. Hlavním cílem tvorby dokumentu byla příprava města a širšího okolí na dopady klimatické změny. Kromě zmíněné studie je pro město důležitá *Modrožlutá kniha Smart Písek*. Modro-zelená infrastruktura je chytré řešení, které je nástrojem veřejné správy pro optimalizaci fungování města. V roce 2020 vznikl zásadní dokument, již zmíněný *Plán udržitelné mobility a plán udržitelné zeleně města Písku*. Stejně jako většina měst má Písek vypracovaný *Strategický plán rozvoje města Písku* a *SECAP: Akční plán udržitelné energetiky a adaptace města Písek na klimatické změny do roku 2030*.

Seznam použitých zdrojů je na vyžádání u autorky.

Poděkování: Článek vznikl díky projektu „Počítáme s vodou“ (*www.pocitamesvodou.cz*)

Použité fotografie: Kateřina Králová

Bc. Kateřina Králová
katerina.kralova@ekocentrumkoniklec.cz
www.pocitamesvodou.cz

• Sanace kontaminovaných lokalit
• Ekologické konzultační služby EIA, IPPC, Due Diligence
• Biotechnologické a analytické laboratoře
• Výzkum v oblasti životního prostředí
• Likvidace, recyklace a úprava odpadů
• Zařízení pro čištění vzdušnin a vod
• Nepřetržitá ekologická havarijní služba

DEKONTA, a.s.
VOLUTOVÁ 2523, 158 00 PRAHA 5
+420 235 522 252
INFO@DEKONTA.CZ
WWW.DEKONTA.CZ

VRV
VODOHOSPODÁŘSKÝ ROZVOJ A VÝSTAVBA
akciová společnost
150 56 Praha 5 - Smíchov, Nábřežní 4
tel.: 257 110 338 fax: 257 322 321 e-mail: vrv@vrv.cz web: www.vrv.cz

- **příprava a řízení investičních projektů, výkon TD a správce stavby**
- **projektové práce, včetně výkonu autorského dozoru**
- **výkon koordinátora BOZP dle zák. 309/2006 Sb.**
- **koncepce, strategické plánování, analýzy rizik**
- **finanční montáže pro zajištění investic s účastí finančních zdrojů ČR a EU**
- **digitální povodňové plány**
- **zajištění koncesních projektů a organizace koncesních řízení**

Culligan
Technologie úpravy vod
CULLIGAN.CZ – nový a jediný nástupce tradiční osvědčené značky výrobce a dodavatele technologií úpravy vody, člen skupiny ENVI-PUR, s.r.o.

Originální patentovaná filtrační technika pro:
- úpravu pitných vod
- průmysl a chladící okruhy
- domácnosti a rodinné domy
- membránové technologie

CULLIGAN.CZ s.r.o.
Chráštany 140, 252 19 Rudná u Prahy
Tel. 731 629 796, e-mail: kancelar@culligancz.cz
www.culligancz.cz

AQUATEAM spol. s r. o.
Vše pro sledování kvality pitných, technologických, odpadních vod
- **on-line analyzátory pro měření – TOC, TC, TIC, CHSK, BSK, TNb, TP, toxicity, ropných látek**
- **provozní měření - koncentrace kalu a nerozpuštěných látek, koncentrace rozpuštěného kyslíku** (optické senzory)
- **analyzátory pro měření na úpravnách vod**
- **průtokoměry pro měření v otevřených a uzavřených profilech** (přenosné, stacionární)

e-mail: aquateam@aquateam.cz
tel.: 461 725 306
www.aquateam.cz

www.in-eko.cz
ALL FOR WATER
IN-EKO TEAM
LEADER VE FILTRACI A MIKROFILTRACI
Celosvětově nejpoužívanější řešení pro odstranění NL a redukci P
intenzifikovaný diskový filtr

BENEFITY ↓
až 57% úspora nákladů na údržbu
až 40% úspora elektrické energie

Mikropolutanty v technologii vody

Robert Kvaček, Dominik Stránský

1. Úvod

Neutuchající vývoj společnosti přinesl v průběhu věků řadu problémů, kterým civilizace čelila. Našim předkům se povedlo nasazením mechanizovaných strojů a používáním chemických hnojiv a dalších prostředků významně snížit potřebu lidské práce v zemědělství za zvýšení množství potravin. Pečlivou výzkumnou prací bylo zjištěno, co stojí za lidskými nemocemi. Mnohé z nich byly vymýceny a na další byly nalezeny účinné léky. I díky tomu dnes mohou plnohodnotně žít i lidé s nemocemi jako jsou cukrovka, dna či astma. Plnými doušky si i díky těmto vymoženostem dopřáváme vysokou úroveň života. S pocitem hrdosti na činy našich předchůdců je ale třeba neustále myslet dopředu na další výzvy, kterým můžeme a budeme čelit.

Pozornému čtenáři jistě neušla spojitost mezi jednotlivými zmíněnými inovacemi. Základem je ve všech případech aplikace nových chemických sloučenin. Jejich přítomnost v prostředí ale zdaleka nekončí usmrcením plevele nebo uzdravením pacienta. Část účinných látek totiž po průchodu metabolismem, ať už v původní či metabolizované formě, zůstává v životním prostředím, kterým se dostává na místa, kde je jejich přítomnost nežádoucí a kde mohou působit negativním vlivem vůči okolnímu prostředí. Tyto látky nacházíme v životním prostředí pouze v malém množství, podle kterého dostaly svůj název. Říkáme jim mikropolutanty. Na místě není panika, ale respekt, se kterým je potřeba k mikropolutantům přistupovat. Základem je, aby lidé věděli, co mikropolutanty jsou, co dělají odborníci pro to, aby minimalizovali potenciální rizika, a co mohou běžní občané sami udělat, aby mikropolutanty do prostředí nešířili. Tento článek si klade za cíl seznámit čtenáře s problematikou mikropolutantů ve vodním hospodářství.

2. Mikropolutanty

Mikropolutanty ve vodách dělíme na tři hlavní skupiny: pesticidy a jejich metabolity, léčiva a jejich metabolity a mikroplasty. Metabolit je látka, která z původního pesticidu či léčiva vzniká v živočišném či rostlinném organismu. Může být úplně neškodná, ale některé metabolity jsou více toxické než její mateřské látky. Proto je jim odbornou veřejností věnována patřičná pozornost.

Pesticidy jsou látky používané v zemědělství pro ochranu rostlin, hubení rostlinných plevelů a živočišných škůdců. Jednoduše řečeno: Jsou používány proto, aby ze stejné plochy zemědělské půdy mohlo být získáno větší množství potravy. Pesticidy se neaplikují všechny v jednu chvíli, ale každý se používá tehdy, kdy je jeho efekt nejvyšší. Do vodního prostředí se nejčastěji dostávají při deštích, které spláchnou pesticidy z pole, a tím se šíří buďto do podzemních vod nebo častěji do blízké řeky či potoka. Pokud takovou řeku nebo vodní nádrž, do které řeka ústí, využíváme jako zdroj pro výrobu pitné vody, může se pesticid dostat až k nám domů do vodovodního kohoutku. Aby k takovým situacím nedocházelo, jsou výrobci pitné vody povinni dodržovat platné zákony a vyhlášky. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví (MZ) č. 252/2004 Sb., v platném znění, která mimo jiné upravuje hygienické požadavky na pitnou vodu, říká, že přítomnost pesticidních látek a jejich metabolitů musí být pravidelně monitorována a že při překročení hraniční hodnoty, která je 100 ng l^{-1} pro jednotlivou látku a 500 ng l^{-1} pro sumu všech látek, nemůže být voda používána jako pitná [1]. Pro bližší představu, koncentrace pesticidu 100 ng l^{-1} lze vyjádřit i jako 0,1 ppb (částic v miliardě), což zjednodušeně znamená, že když si představíte deset miliard molekul vody, připadá na ně jedna molekula pesticidu. Díky těmto přísným požadavkům se v úpravnách vod v České republice zavádí opatření pro zajištění ještě vyšší kvality pitné vody, než tomu bylo dříve. O tom, jak tato opatření vypadají, se dozvíte více v následující kapitole.

Druhou skupinu mikropolutantů můžeme zjednodušeně označit jako **léčiva a jejich metabolity**, přestože do této skupiny řadíme i veškeré hormonálně aktivní látky, veterinární léčiva a kosmetické přípravky. Jednu velkou skupinu tyto látky tvoří zejména proto, že jejich společným účelem je snaha o zlepšení zdravotního či vizuálního stavu člověka či zvířete. Ať už se jedná o lék proti bolení hlavy, který si vezmete na noc, antibiotika, která dostávají kuřata na farmách, nebo krém na obličej, kterým chcete zlepšit stav své pleti, vždy existuje část, kterou organismus nevyužije a vyloučí ho ze svého těla. Taková látka pak putuje většinou kanalizací na čistírnu odpadních vod. Městské čistírny jsou určeny zejména k odstraňování běžného znečištění a s mikropolutanty si nedokáží účinně poradit. Velká část léčiv proto končí buď v řece, nebo v čistírenském kalu (odpadní produkt z čistírny). V kalu se léčiva následně mohou potkat s bakteriemi, které si mohou při nízkých koncentracích vytvářet na vybraná léčiva odolnost a v krajním případě si vyvinout tzv. antibiotickou rezistenci. Předcházení vzniku antibiotické rezistence tak je významným úkolem vodních hospodářů. Opatření nutná pro potlačení jejího vzniku jsou drahá, a proto je jejich prosazení velice náročné. V pitné vodě ani odpadní vodě léčiva zatím limitovaná nejsou. I přesto se jejich koncentrace v pitné vodě během úpravy vody významně snižuje, protože opatření potřebná k odstranění pesticidních látek jsou účinná i na léčiva.

Poslední skupinou mikropolutantů jsou **mikroplasty**. Mikroplasty vznikají buďto rozpadem plastového odpadu, praním syntetického textilu, opotřebováváním pneumatik při jízdě nebo se do prostředí dostávají z produktů, ve kterých mikroplasty používáme, např. v kosmetice. Vzhledem k tomu, že vědci zatím nenalezli žádný negativní zdravotní efekt, který by mikroplasty způsobovaly, nejsou v pitné vodě limitované. Jejich přítomnost v životním prostředí je ale i tak nežádoucí, jelikož působí problémy nižším vodním organismům. Pro snížení výskytu mikroplastů v životním prostředí je nutné potlačit množství produkovaného odpadu. Tímto směrem se ubírá i legislativa Evropské unie, která navrhuje omezení a následně i úplný zákaz používání tzv. primárních mikroplastů, tedy těch mikroplastů, které úmyslně dáváme do produktů pro zlepšení jejich funkce [2].

3. Odstranění mikropolutantů ve vodárenství

Místo, kde se stává ze surové vody voda pitná, se nazývá úpravna vody, v běžné mluvě též vodárna. Surovou vodou se rozumí voda z řek, vodních nádrží a také voda z podzemních zdrojů. Surová voda je na začátku úpravárenského cyklu odebírána z vodního zdroje a vedena do úpravny vody.

V případě úpravy povrchových vod je po odstranění hrubých nečistot nejčastěji prvním procesem koagulace. Tento proces slouží k odstranění nečistot organického původu za pomoci dávkování chemikálie zvané koagulační činidlo. Principem koagulace je shlukování nečistot do větších celků, které jsou následně odděleny pomocí usazování nebo flotace (nadnesení nečistot bublinkami vzduchu) a filtrace přes písek. Poté je voda dezinfikována (např. UV zářením, chlorováním, choraminací atd.) a je dopravována pomocí distribuční sítě až k vám domů. Pokud takto upravená voda splňuje hygienické limity

VTA®
www.vta.cc

Chemie pro komunální a průmyslové ČOV

Zařízení pro hospodaření s kaly – dezintegrace, VTA mudinator

Energie na ČOV – VTA mikroturbína

Technologie, poradenství

VTA Česká republika spol. s r.o.
Větrná 1454/72, 370 05 České Budějovice
www.vta.cc +420 603 854 020
j.losonsky@vta.cc vta-cz@vta.cc

dle vyhlášky MZ č. 252/2004 Sb. v platném znění, je klasifikována jako voda pitná.

V případě úpravy podzemní vody je technologická linka úpravny vody jednodušší, protože podzemní voda má často vyšší kvalitu než voda povrchová. U podzemní vody se potýkáme buďto s vyšší koncentraci rozpuštěných plynů, nebo s přítomností kovů, zejména železa a manganu. Rozpuštěné plyny lze z vody odvětrat zvýšením mezifázového rozhraní (mezi kapalinou a vzduchem), čehož lze dosáhnout třeba rozstřikováním vody. Železo a mangan dokážeme ve vodě oxidovat pomocí vzduchu nebo jiných chemikálií a následně je odstraníme na pískové filtraci.

Pro odstraňování mikropolutantů se ve vodárenství využívá zejména filtrace přes aktivní uhlí. Aktivní uhlí má tvar malých granulek, které mají ohromný povrch. Mechanismus odstranění je takový, že aktivní uhlí zachytí molekuly mikropolutantů, které pevně uchytí fyzikálními silami či chemickou vazbou. Tomuto jevu se říká adsorpce.

Mezi další technologie, které mají schopnost odstraňovat mikropolutanty z vody s vysokou účinností, řadíme některé membránové nebo pokročilé oxidační procesy. Zmíněné technologie nejsou prozatím příliš využívané v tuzemské praxi, ale postupně se množství jejich instalací zvyšuje. Nanofiltrace a reverzní osmóza jsou technologie, které pracují na principu průchodu upravované vody přes membránu, která je tvořena ze specifických materiálů. Membrána má určitou plochu a velikost pórů („děr"), skrze které se mikropolutanty nedostanou, a do další fáze úpravy se dostane jen čistá voda a vybrané ionty dle zvoleného procesu. Pokročilé oxidační procesy fungují na principu oxidace organických látek. Oxidace v ideálním případě probíhá až na oxid uhličitý a vodu. Za pokročilými oxidačními procesy se ve vodárenství přidává filtrace přes granulované aktivní uhlí.

4. Odstranění mikropolutantů v čistírenství

Čištění splaškové vody z komunální kanalizace probíhá v čistírnách odpadních vod (ČOV), které znáte z hovorové řeči jako čističky. Odpadní voda je nejdříve předčištěna hrubým mechanickým předčištěním, které se skládá z lapáku štěrku, česlí a lapáku písku. Tato ochranná část ČOV má za cíl zachytit hrubé nerozpustné nečistoty od velkých po dně posouvaných předmětů (např. kamení) až po jemnější nerozpustné nečistoty (např. písek nebo vlhčené ubrousky) a plovoucí tuky. Dalším krokem je primární usazování, které odstraňuje nejjemnější frakce nerozpuštěných a usaditelných látek. Odsazené nečistoty jsou odvedeny jako primární kal. Spolu s ochrannou částí tvoří mechanické čištění odpadních vod. Po primárním usazování je odpadní voda vedena do biologické části ČOV. Tato část začíná aktivačními nádržemi, kde se pomocí mikroorganismů odstraňují organické látky a sloučeniny dusíku. V některých případech je aktivační nádrž navržena tak, aby docházelo i k odstranění sloučenin fosforu. Narostlé mikroorganismy v aktivačních nádržích tvoří aktivovaný kal. Po aktivačním procesu následuje dosazovací nádrž, ve které je oddělen aktivovaný kal usazováním. Odsazený aktivovaný kal je většinou vracen do systému a přebytečně narostlá biomasa je odváděna jako přebytečný aktivovaný kal. Voda odtékající z dosazovací nádrže je v mnoha případech považována za vyčištěnou vodu. Pokud je potřeba vyčištěnou odpadní vodu ještě dočistit, je nutno ji vést na terciární stupeň, kde jsou využívané nejrůznější technologie dle požadované výstupní kvality. Vyčištěná odpadní voda vypouštěná do povrchových vod musí splňovat nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v platném znění.

Odstranění mikropolutantů probíhá v určitém množství na komunálních ČOV i stávající technologií. Například mikroplasty, které patří mezi specifickou skupinu mikropolutantů, jsou odstraňovány s velkou účinností. Důvodem je to, že se jedná o nerozpuštěné částice, které jsou mechanicky separovatelné. Odstraňování léčiv a pesticidů z odpadních vod, se kterými si neporadí aktivovaný kal, je prováděno v terciárním stupni čištění. Využívané technologie pro jejich odstranění se pak víceméně shodují s těmi, které využíváme ve vodárenství (aktivní uhlí, membránové procesy, pokročilé oxidační procesy). Vzhledem k tomu, že žádná legislativa neupravuje přítomnost mikropolutantů ve vyčištěné odpadní vodě, není terciární čištění mikropolutantů, i z finančních důvodů, v České republice příliš rozšířené.

Jednou ze zásadních otázek při navrhování koncepce odstraňování mikropolutantů z odpadních vod je, zda je odstraňovat v rámci městských ČOV, nebo zařadit technologie pro odstraňování mikropolutantů do menších ČOV u majoritních zdrojů tohoto znečištění (nemocnice, domovy seniorů, textilní průmysl).

5. Závěr

Výčet technologií a přístupů, které používají odborníci, vám pomůže pochopit, že problematika mikropolutantů není vodohospodářům lhostejná a že dělají vše pro to, aby bylo životní prostředí zdravé a čisté. Leckoho však může napadnout otázka: „Co můžu udělat pro zabránění šíření mikropolutantů v prostředí já?" Pro běžného občana je nejdůležitější zabránit nadbytečnému využívání produktů obsahujících potenciální mikropolutanty a tím zamezit jejich šíření do životního prostředí.

Prvním způsobem, kterým můžete přispět ke snížení šíření mikropolutantů (v tomto případě hlavně mikroplastů) v životním prostředí, je dbát na třídění odpadů. Při správném třídění můžeme odpad opětovně využít, a proto nemusíme následně vyrábět tolik nových plastových produktů, které mohou působit jako další zdroje mikroplastů. Významnou roli při prevenci vzniku mikroplastů hraje i omezení využívání jednorázových obalů.

Druhým způsobem je omezení využívání kosmetických prostředků, které obsahují primární částice mikroplastů. Mohou být přítomny v produktech pro tělový peeling, zubních pastách apod.

Třetím a posledním v tomto článku zmíněným postupem je zodpovědné nakládání s léky. Tato oblast je citlivým tématem, protože nikdo po vás nemůže chtít, abyste si nevzali lék, když vás něco trápí. Když jste nemocní a ošetřující lékař vám předepíše antibiotika, nechte si vysvětlit proč, pokud máte pochybnosti. Nadužívání antibiotik je bohužel velkým problémem, který vede k nárůstu antibiotické rezistence u bakterií. Ve zkratce řečeno: Berte léky s rozmyslem a po datu spotřeby je náležitě vraťte do lékárny. Rozhodně je nesplachujte do záchodu, aby neskončily na čistírně odpadních vod a nedostaly se zbytečně do životního prostředí!

Poděkování: *Tento článek je jedním z výstupu projektu vzniklém na základě výzvy Reine SGS-4 z programu „Životní prostředí, ekosystémy a změna klimatu", financovaného z Norských fondů 2014–2021, Státní fond životního prostředí ČR.*
Tématem projektu je „Snižování negativního vlivu lidské činnosti na kvalitu vod". Základní myšlenkou projektu je přednostně osvěta zaměřená na znečišťování vod mikropolutanty zejména z domácností, ale také proškolení žáků a pedagogů formou aktivního zapojení do workshopů či laboratorních cvičení pod vedením odborníků z VŠ nebo praxe. Téma znečištění vod farmaky a produkty osobní péče je téma relativně nové, které do vzdělávání žáků a osvěty veřejnosti dosud nebylo významně vřazeno.
Žadatel projektu dlouhodobě podporuje environmentálně orientovanou výchovu, přírodovědnou gramotnost a spolupráci se 42 základními a středními školami z různých krajů České republiky. V rámci projektu využije žadatel tyto zkušenosti z minulých let na šíření osvěty o potřebě snižování znečišťujících látek ve vodním prostředí, o inovaci technologií zvyšujících efektivitu odstranění PPCP z vod na školskou veřejnost na celorepublikové úrovni.

Literatura

[1] Ministerstvo zdravotnictví ČR, (2018). *Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění.*

[2] *COMMISSION REGULATION (EU) …/… of XXX amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as regards synthetic polymer microparticles,* E. Union, 2022.

Ing. Robert Kvaček
Bc. Dominik Stránský
Gymnázium Globe, s.r.o.
Bzenecká 23
628 00 Brno
gymglobe@gymglobe.cz

Poznámka šéfredaktora: *Jak plyne z poděkování na konci tohoto příspěvku, byl financován z Norských fondů. Jednou z podmínek grantu bylo právě otištění v odborném periodiku. Když mě organizátoři požádali o uveřejnění, váhal jsem, zda je článek pro časopis vhodný Malovodařům se příspěvek bude jevit jako malá násobilka. Věřím, že pro ostatní může být poučným kompendiem. Sám jsem si ho s chutí přečetl a mnohé jsem si v hlavě urovnal.*

Ostatně, jak jsem zmiňoval v minulém úvodníku, nejsem až na výjimky příznivcem dotací. Jednou z těch výjimek je právě vzdělávání. Snad časopis otištěním sdělení přispěl k dobré věci. Byl pro vás příspěvek přínosem?

vodní hospodářství®
water management®

6/2023 ◆ ROČNÍK 73

Specializovaný vědeckotechnický časopis pro projektování, realizaci a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí v ČR a SR

Specialized scientific and technical journal for projection, implementation and planning in water management and related environmental fields in the Czech Republic and in the Slovak Republic

Redakční rada: prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc. – předseda; doc. RNDr. Jana Říhová Ambrožová, PhD.; RNDr. Petr Blabolil, Ph.D.; prof. Ing. Igor Bodík, PhD.; Ing. Václav David, Ing. Pavel Dobiáš, Ph.D.; Ing. Pavel Hucko, CSc.; Ing. Tomáš Just; Mgr. Jaroslava Nietscheová; RNDr. Pavel Punčochář, CSc.; Ing. Jiří Švancara; Ing. Lenka Wimmerová, MSc., Ph.D.

Šéfredaktor: Ing. Václav Stránský
stransky@vodnihospodarstvi.cz, mobil 603 431 597
Objednávky časopisu, vyúčtování inzerce:
administrace@vodnihospodarstvi.cz
Adresa vydavatele a redakce (Editor's office):
Vodní hospodářství, spol. s r. o., Bohumilice 89, 384 81 Čkyně, Czech Republic
www.vodnihospodarstvi.cz

Roční předplatné 1100 Kč, pro individuální nepodnikající předplatitele 770 Kč. Ceny jsou uvedeny s DPH. **Roční předplatné na Slovensko** 33 €. Cena je uvedena bez DPH.

Objednávky předplatného a inzerce přijímá redakce.

Expedici a reklamace zajišťuje DUPRESS, Podolská 110, 147 00 Praha 4, tel.: 241 433 396.

Distribuce a reklamace na Slovensku:
Mediaprint–Kapa Pressegrosso, a. s., oddelenie inej formy predaja, P. O. BOX 183, Vajnorská 137, 830 00 Bratislava 3, tel.: +421 244 458 821, +421 244 458 816, +421 244 442 773, fax: +421 244 458 819, e-mail: predplatne@abompkapa.sk

Sazba: Martin Tománek – grafické a tiskové služby, tel.: 603 531 688, e-mail: martin@tomanek.cz

Tisk: Tiskárna Macík, s.r.o., Církvičská 290, 264 01 Sedlčany, www.tiskarnamacik.cz

6319 ISSN 1211-0760. Registrace MK ČR E 6319.
© Vodní hospodářství, spol. s r. o.

Rubrikové příspěvky nejsou lektorovány
Obsah příspěvků a názory v časopise otištěné nemusejí být v souladu se stanoviskem redakce a redakční rady.
Neoznačené fotografie – archiv redakce.

Časopis je v Seznamu recenzovaných neimpaktovaných periodik vydávaných v České republice. Časopis je sledován v Chemical abstract.

NENECHTE si ujít

20.–24. 8. Světový týden vody. Info: www.worldwaterweek.org/

5.–6. 9. Membránové procesy pro udržitelný rozvoj. Pardubice. Info: www.mempur.cz

6.–7. 9. Hospodaření s vodou v krajině. Konference. Třeboň. Info: jaroslav.roznovsky@chmi.cz

7.–8. 9. Inteligentní aerační zařízení. Odborný seminář. Hotel Beatrice v Prušánkách. Přednášky, exkurze, ochutnávka vín. Info: martina.kucerova@zemsky.cz

11.–17. 9. Voda, moře, oceány. Mezinárodní filmový festival. Hluboká nad Vltavou. Info: https://vodamoreoceany.eu/

13.–15. 9. Krajinné inženýrství 2023. Praha. Info: www.cski-cr.cz

20.–22. 9. Voda 2023. Bienální konference. Litomyšl. Info: czwa@czwa.cz

Říjen. Rybí přechody. Seminář. Praha. Info. hladik@vrv.cz

5.–6. 10. Městské vody. Velké Bílovice. Info: iva.hlavinkova@ardec.cz

7. 10. Seminář k 70. výročí Ústavu technologie vody a prostředí na VŠCHT. Info: https://tvp.vscht.cz/

11.–12. 10. Magdeburský seminář o ochraně vod 2023, Karlovy Vary. Info: mgs2023@poh.cz

18.–20. 10. Rekonštrukcie stokových sietí a čistiarní odpadových vôd. Podbanské. Info: www.vuvh.sk, dagmar.drahovska@vuvh.sk

1.–2. 11. Provoz vodovodů a kanalizací. Konference. Liberec. Info: sovak@sovak.cz

9. 11. Počítáme s vodou. Praha. Info: moki.topiarzova@ekocentrumkoniklec.cz

19. 11. World Toilet Day 2023. (od roku 2013) https://waterinstitute.unc.edu/ Motto: Lets create a water secure future together

7. 11. Nové trendy v čistírenství. Tábor. Info: www.envi-pur.cz

21.–23. 11. Hodnocení úspěšnosti revitalizací mokřadů a vodních toků. Konference. Vodňany. Info: Zuzana Urbanová; urbanz00@prf.jcu.cz

21.–22. 11. Vodní toky. Konference. Hradec Králové. Info: plechaty@vrv.cz

7. 12. Kalový den. Praha. Info: Os-ko@czwa.cz

22.–23. 2. 2024 **Řešení extrémních požadavků na čištění odpadních vod.** 10. konference. Blansko. Info: czwa@czwa.cz

Tento přehled je průběžně aktualizovaný. Nově přidané akce oproti minulému číslu jsou vysázeny modře. Přehled najdete také na www.vodnihospodarstvi.cz

Krásné pohodové léto přeje redakce Vodního hospodářství

Příprava odborné konference Magdeburský seminář o ochraně vod 2023

Magdeburský seminář o ochraně vod je dvoudenní odborná konference zaměřená na ochranu vod. Koná se pravidelně od roku 1988, pořádá se střídavě v České republice a v Německu. V průběhu let si seminář získal pověst jedné z nejvýznamnějších odborných a vědeckých akcí v oblasti ochrany vod v povodí Labe. Semináře se pravidelně aktivně účastní zástupci z oblasti vědy, z praxe i orgánů státní správy. Stal se platformou k výměně nejnovějších poznatků a zkušeností.

Magdeburský seminář o ochraně vod v roce 2023 pořádá státní podnik Povodí Ohře ve spolupráci s Mezinárodní komisí pro ochranu Labe. Seminář se uskuteční v Karlových Varech ve Spa hotelu Thermal ve dnech 11.–12. října 2023 s tématem „**Extrémní hydrologické jevy a jejich dopady v povodí Labe**“.

Obsahová náplň semináře je rozdělena do čtyř odborných celků:

- Omezení následků hydrologických extrémů,
- Dopady změny klimatu na vodní zdroje a ekosystémy,
- Rekultivace území po důlní činnosti,
- Polutanty a jejich dynamika ve vodním prostředí.

Druhý den konání Magdeburského semináře o ochraně vod jsme po přednáškách pro účastníky semináře připravili odborné exkurze. První exkurzi jsme naplánovali na vodní nádrž Stanovice a úpravnu vody Březová. Druhou exkurzi jsme nasměrovali na jezero Medard a jez Loket s rybím přechodem na vodním toku Ohře. **Přiložené fotografie přibližují cíle odborných exkurzí.**

Záštity nad touto odbornou konferencí se ujal Ing. Zdeněk Nekula, ministr zemědělství ČR a Ing. Petr Kulhánek, hejtman Karlovarského kraje.

Konference se zúčastní 150 osob z řad odborné veřejnosti. Jednacími jazyky budou čeština a němčina. Přednášky budou simultánně tlumočeny. Prezentace a postery budou v angličtině. Odborné příspěvky budou uveřejněny ve sborníku v angličtině.

Internetové stránky semináře jsou: **www.poh.cz/mgs2023.** Zde naleznete pozvánku, program, on-line přihlášku na seminář, nabídku ubytování, prostě vše, co budete pro účast na semináři potřebovat.

Jistě Vás připravený seminář zaujme, proto doufáme, že se v říjnu na semináři uvidíme.

Jan Svejkovský
Povodí Ohře, státní podnik
jsvejkovsky@poh.cz

Jez Loket s rybím přechodem na Ohři

Jezero Medard, výsledek hydrické rekultivace po těžbě hnědého uhlí

Vodní dílo Stanovice

Úpravna vody Březová

Magdeburský seminář 2023 se uskuteční v Spa hotelu Thermal

MAGDEBURSKÝ SEMINÁŘ O OCHRANĚ VOD 2023

11. – 12.10.2023

KARLOVY VARY

EXTRÉMNÍ HYDROLOGICKÉ JEVY A JEJICH DOPADY V POVODÍ LABE

Magdeburger Gewässerschutzseminar MGS 2023 Magdeburský seminář o ochraně vod

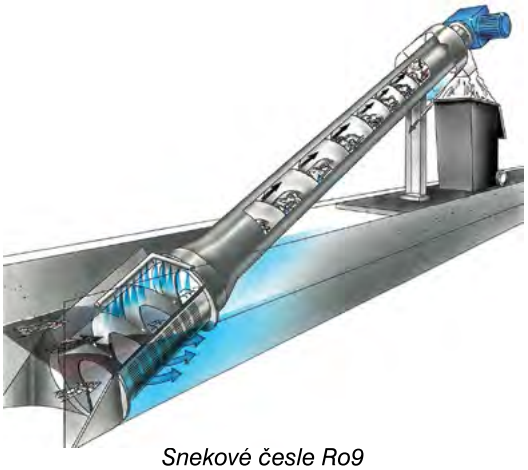
IKSE • MKOL

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

Karlovarský kraj

HUBER
TECHNOLOGY
WASTE WATER Solutions

Moderní řešení pro ČOV



Snekové česle Ro9

Nejlepší je originál

HUBER CS spol. s r.o.
Cihlářská 19, 602 00 Brno
tel.: 532 191 545 info@hubercs.cz
www.hubercs.cz

Česká membránová platforma Vás zve na čtvrtý ročník konference **MEMPUR**, která se uskuteční ve dnech **5. - 6. září 2023 v Pardubicích** na Fakultě chemicko-technologické Univerzity Pardubice. Klíčovým tématem letošního ročníku konference **MEMPUR 2023** je voda – uzavřené cykly vodního hospodářství a zpracování koncentrátů, implementace membránových procesů, nové postupy a technologie, které zvyšují kvalitu membránových procesů.

Jedním z hlavních záměrů organizátorů konference je dosažení vhodného propojení výzkumných a vzdělávacích subjektů s výrobní sférou a dalšími institucemi, které se zabývají technologiemi pro trvale udržitelný rozvoj společnosti.

vodní hospodářství

Plenárními přednášejícími letošního ročníku jsou: www.mempur.cz

- **prof. Ing. Karel Friess, Ph.D. (VŠCHT Praha)**
  Nové kompozitní materiály pro membránové separační procesy
- **Ing. Mgr. Lukáš Dvořák, Ph.D. (TUL)**
  Příkladové studie čištění odpadních vod v kontextu jejich možného opětovného využití
- **Ing. Tomáš Kotala (MemBrain s.r.o.)**
  Role elektrodialýzy v čištění průmyslových vod, recyklačních technologiích a ochraně životního prostředí
- **doc. Ing. Jaroslav Raclavský, Ph.D. (VUT Brno)**
  Navrhování a provozování membránových technologií pro čištění odpadních vod z pohledu vodohospodáře