

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI / 2017 / 1

TÉMA

Voda a krajina

4 / Analýza vybraných morfologických charakteristik pro rybniční síť

17 / Vlastnosti povodí z hlediska jejich významu pro riziko vzniku intenzivního erozního odtoku

40 / Rozhovor s vedoucím Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství ČVUT

doc. Dr. Ing. Tomášem Dostálem

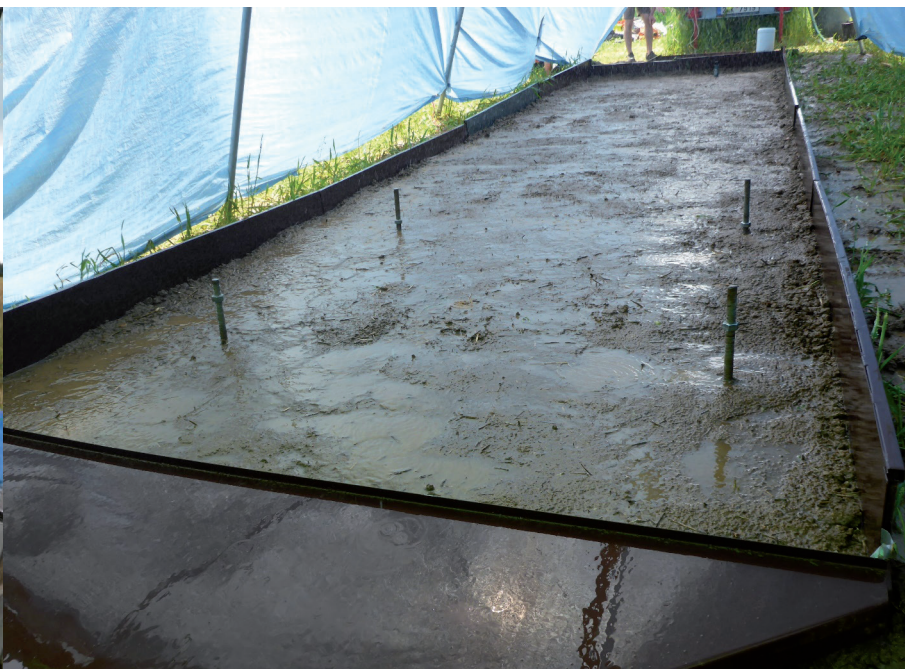
Mobilní dešťový simulátor

Odpověď na otázku „Proč dešťový simulátor“ je jednoduchá. Extrémní přívalové deště, bleskové povodně nebo eroze jsou stále aktuální. Dynamické jevy vedoucí ke vzniku přívalových dešťů jsou podmíněny tolika faktory, že je velmi obtížné předpovídat, kde k nim dojde. Proto je sledování přímého dopadu extrémních srážek na povrch samo o sobě obtížné, natož například ve chvíli, kdy je cílem zkoumat účinek srážky na určitou fázi vývoje vegetace.

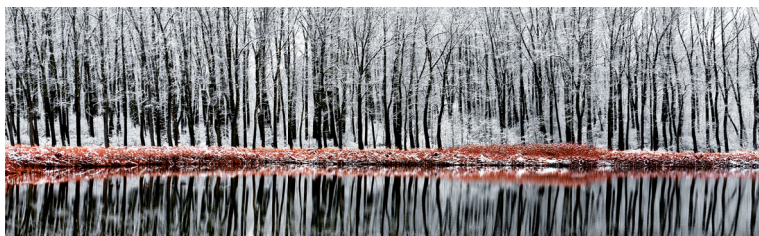
V roce 2011 zprovoznila Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství (Fakulta stavební, ČVUT v Praze) ve spolupráci s VÚMOP, v. v. i., mobilní dešťový simulátor tryskového typu. Celý přístroj je ve složeném stavu možné transportovat na přívěsném vozíku. Po rozložení je schopen zadešťovat plochu dva na deset metrů. Intenzita srážky je nastavitelná podle potřeby. Dešťové kapky svou charakteristikou odpovídají přirozeným srážkám. Řadu měření je možné kalibrovat na dešťovém simulátoru umístěném stabilně ve vodohospodářské hale fakulty.

Dešťový simulátor je pouhým nástrojem a jeho provoz na pokusných plochách umožňuje sledování mnoha přírodních procesů, kterými se Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství ve spolupráci s dalšími odbornými pracovišti zabývá. V současné době je výzkum orientován na sledování povrchových procesů na zemědělské půdě. Zkoumán je vliv vývojových fází různých plodin na režim odtoku a na množství erodované půdy. Je možné kvantifikovat jak vodní bilanci, tak i množství sedimentu. Mimo to zařízení umožňuje sledovat i vývoj rychlého podpovrchového odtoku, který je mnohdy významnější než na povrchu.

Ing. Petr Kavka, Ph.D.
(rain.fsv.cvut.cz)



Obsah



- 3** Úvod
- 4** Analýza vybraných morfologických charakteristik pro rybníční síť ve čtyřech oblastech
Václav David, Tereza Davidová
- 12** Příklad použití aktivního protiabrazního prvku – dvojitý zápleťový plůtek
Lenka Gernešová, Petr Pelikán, Miloslav Šlezinger, Jana Marková, Jaroslav Blahuta
- 17** Vlastnosti povodí z hlediska jejich významu pro riziko vzniku intenzivního erozního odtoku
Barbora Jáchymová, Josef Krása, Tomáš Dostál, Miroslav Bauer
- 
- 28** Proudění v oblouku Podkrušnohorského přivaděče
Martin Králík, Tomáš Kašpar, Michael Mildner
- 33** Vývoj povrchu holé orné půdy s využitím stereofotogrammetrie
Tomáš Laburda, Josef Krása, Martin Florian, Monika Macháčková

- 39** Autoři
- 40** Rozhovor s vedoucím Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství na Fakultě stavební ČVUT doc. Dr. Ing. Tomášem Dostálem
Redakce



- 43** Aktuální problematika malých vodních nádrží
Jiří Poláček
- 46** Ohlédnutí za seminářem Adolfa Patery 2016
Pavel Fošumpaur
- 47** Reakce na článek Zbytečná hysterie kolem používání glyfosátu
Ondřej Beneš



Vážení čtenáři,

rok 2017 pro nás, kteří máme co dočinění s hospodařením s vodou, vypadá nadějně. Zásoby vody ve sněhu by v letošním roce, na rozdíl od let předchozích, mohly být v normě a nemusely by být vytvořeny počáteční podmínky pro vznik sucha v průběhu roku. Nový rok začal tak, jak by v tomto ročním období měl začínat leden každého roku – mrazy, sníh, téměř ladovská idyla.

Chtěl bych Vám popřát, aby Váš osobní i profesní život v letošním roce probíhal idylicky a spokojeně a byl ještě o něco lepší, než byl v roce minulém. To samé bych rád popřál i třetímu roku vydávání obnoveného časopisu Vodohospodářské technicko-ekonomické informace. Hodně nadějí, idyl a štěstí v roce 2017.



Mgr. Mark Rieder
ředitel VÚV TGM, v. v. i.

Analýza vybraných morfologických charakteristik pro rybniční sítě ve čtyřech oblastech

VÁCLAV DAVID, TEREZA DAVIDOVÁ

Klíčová slova: historický rybník – krajina – hustota rybníků – fyzicko-geografické podmínky

SOUHRN

Rybníky jsou významnou organickou součástí krajiny České republiky již po staletí. Nachází se na většině území republiky a plní řadu funkcí kromě té historicky hlavní, kterou je chov ryb. Hustota rybníků a jejich vlastnosti jsou značně proměnlivé na různých místech republiky, což je ovlivněno mimo jiné přírodními podmínkami a historickým vývojem. Tento článek se zabývá porovnáním čtyř území, která byla vybrána pro zpracování případových studií pro potřeby výzkumného projektu DG16P02M036 Údržba, opravy a monitoring hrází historických rybníků jako našeho kulturního dědictví financovaného Ministerstvem kultury prostřednictvím programu NAKI II. Porovnání je zaměřeno především na hustotu a velikosti rybníků v oblasti Kosteletka, Blanicka, Blatenska a Třeboňska.

Výsledky analýz jednotlivých území provedených s ohledem na morfologické charakteristiky území a strukturu sítě rybníků ukazují značné odlišnosti mezi jednotlivými oblastmi. Jako ukazatele morfologie území byly použity průměrná nadmořská výška a průměrný sklon území, v případě rybníků se jednalo o hustotu rybníků, medián jejich velikosti a průměrnou velikost. Hodnoty morfologických ukazatelů a charakteristik rybníků byly vzájemně porovnány za účelem posouzení jejich závislosti. Výsledky ukazují vztah pouze v případě průměrné sklonitosti území a hustoty rybníků a jejich průměrnou velikostí. V obou případech se jedná o pokles, tj. s rostoucí sklonitostí klesá jak hustota rybníků, tak jejich velikost.

ÚVOD

Rybníky jsou již po staletí významným prvkem naší kulturní krajiny. Oplývá jimi značná část území naší republiky, přičemž tyto vodní nádrže plní řadu funkcí mimo té historicky nejvýznamnější, kterou je chov ryb. Hustota rybníků a jejich struktura s ohledem na velikost a další charakteristiky však mohou být velmi rozdílné při porovnání území s odlišným historickým vývojem, přírodními podmínkami a dalšími faktory.

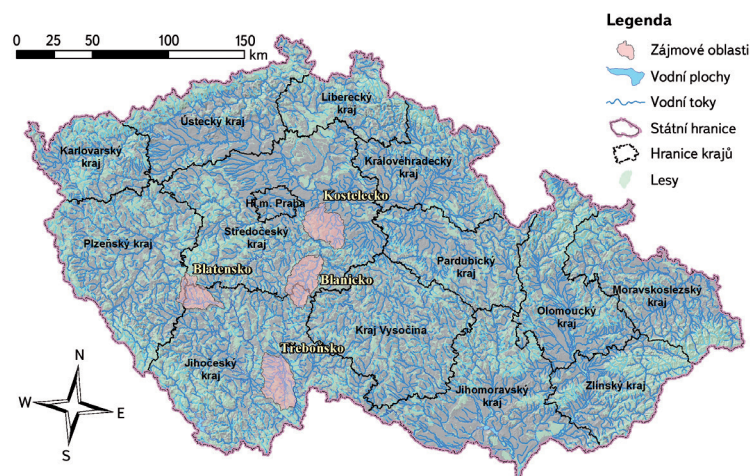
Význam rybníků je zmíněn již Karlem IV., který ve svém majestátu „*Ut regnum nostrum Bohemiae piscinis et vaporibus abundaret...*“ citovaném mnohými autory (např. Janským [1]) zmiňuje nejen funkci produkční, ale i hydrologickou a klimatickou. Stejně tak byl význam rybníků a rybníkářství vyzdvihován i v pozdějších obdobích, na počátku 20. stol. například Šustou a Mokřým [2], ze současných autorů se významu rybníkářství v minulosti i současnosti věnuje například Hule [3].

Tento příspěvek se zaměřuje na porovnání čtyř území, která byla zvolena pro případové studie pro potřeby projektu DG16P02M036 Údržba, opravy

a monitoring hrází historických rybníků jako našeho kulturního dědictví řešeného v rámci programu NAKI II financovaného Ministerstvem kultury ČR. Porovnání je zaměřeno na strukturu a hustotu rybníků v jednotlivých oblastech, kterými jsou Kosteletko, Blanicko, Blatensko a Třeboňsko ve vztahu k fyzicko-geografickým charakteristikám těchto území. Analýzy jsou zaměřeny především na rybníky s rozlohou větší než 0,5 ha s přihlédnutím ke skutečnosti, zda se jedná o rybníky historické či vystavené v nedávné minulosti. V případě těchto rybníků byly provedeny analýzy se zaměřením na kategorie jejich velikosti v rámci jednotlivých oblastí.

ZÁJMOVÉ OBLASTI

Zájmové oblasti byly vymezeny s ohledem na hydrologické poměry, tj. jako povodí. Ve většině případů se jedná o jedno či více povodí definovaných jednoznačně uzávěrovým profilem, v jednom případě však bylo nutno území vymežit komplikovaněji. Oblasti byly vybírány tak, aby pokrývaly různé fyzicko-geografické podmínky s tím, aby se v nich vyskytovalo dostatečné množství historických rybníků. Umístění zájmových oblastí v rámci České republiky je znázorněno na obr. 1.



Obr. 1. Vymezení zájmových oblastí
Fig. 1. Location of regions of interest

Kostelecko

Tato oblast se nachází 35 km východně od Prahy ve Středočeském kraji. Zahrnuje povodí Jevanského a Nučického potoka po jejich soutok se Sázavou, povodí Šembery a Bylanky po jejich soutok a povodí Výrovky po soutok s Vrbčanským potokem. Celková rozloha této oblasti činí 533,3 km². Území je intenzivně zemědělsky využíváno zejména v jeho východní části, v západní části jsou větší měrou zastoupeny lesní porosty. V obou případech se jedná o poměrně rozsáhlé a značně souvislé celky. Největšími sídly jsou zde Kostelec nad Černými Lesy, Kouřim, která je historickým správním střediskem, Uhlířské Janovice a na severozápadním okraji zasahuje do oblasti Český Brod. Z geomorfologického hlediska spadá toto území do Hercynského systému (provincie Česká vysočina, subprovincie Česko-moravská soustava a Česká tabule).

Blanicko

Oblast Blanicka se rozprostírá kolem hory Blaník (632 m n. m.) cca 55 km jihovýchodně od Prahy a zasahuje jednak do Středočeského kraje a jednak do Jihočeského kraje. Představuje celé povodí toku Blanice (Vlašimské) po její soutok se Sázavou 2 km nad Českým Šternberkem. Celková rozloha povodí Blanice k uzávěrovému profilu činí 543,3 km². V území jsou významně zastoupeny jak plochy zemědělské půdy, tak lesní porosty, obojí rozptýlené v menších plochách. Hlavními sídly území jsou Vlašim, Načeradec, Divišov a Postupice. Geomorfologicky náleží oblast Blanicka k Hercynskému systému (provincie Česká vysočina, subprovincie Česko-moravská soustava).

Blatensko

Tato oblast je pro daný účel definována povodím Lomnice po soutok se Skalicí. Oblast se nachází 80 km jihozápadně od Prahy na rozhraní tří krajů – Jihočeského, Plzeňského a Středočeského. Celková rozloha oblasti činí 394,6 km². V území jsou zastoupeny jak lesní porosty, které jsou soustředěny především v severní a jižní části území, tak zemědělská půda, významnou krajinnou složkou jsou zde ovšem právě i rybníky. Hlavní sídla v tomto území představují Blatná, Kasejovice, Mirovice a Bělčice. Oblast Blatenska spadá geomorfologicky do Hercynského systému (provincie Česká vysočina, subprovincie Česko-moravská soustava a částečně Poberounská soustava).

Třeboňsko

Území se nachází 120 km jižně od Prahy na území Jihočeského kraje a představuje s rozlohou 617,6 km² největší z analyzovaných oblastí. Oblast Třeboňsko je v tomto případě prostorově vymezena jako část povodí Lužnice po soutok s Nežárkou. Oproti hranicím hydrologických povodí je oddělena plocha na pravém břehu Lužnice v úseku od Suchdola nad Lužnicí po oddělení Nové řeky, území na pravém břehu Nové řeky a celá horní část povodí Lužnice k Suchdolu nad Lužnicí. Oblast je hojně pokryta lesními porosty včetně lužních lesů, nejdůležitější roli na značné části tohoto území však hrají rybníky. Geomorfologicky je i oblast Třeboňsko součástí Hercynského systému (provincie Česká vysočina, subprovincie Česko-moravská soustava a velmi okrajově Šumavská soustava).

ANALÝZY OBLASTÍ

V prvním kroku byly provedeny analýzy jednotlivých oblastí s ohledem na jejich morfologii, a to na základě předpokladu, že morfologie území je jedním z důležitých faktorů hrajících v minulosti roli při výběru lokalit pro výstavbu rybníků. Z tohoto pohledu byly posuzovány nadmořské výšky jednotlivých oblastí a jejich sklonitost. Následně byla provedena statistická analýza velikosti rybníků v jednotlivých oblastech a identifikace těch, které existovaly již v první polovině 19. stol. a byly větší než 0,5 ha.

Morfologie oblastí

Analýza morfologie terénu v jednotlivých oblastech byla provedena s využitím nejpodrobnějších dostupných výškopisných dat poskytovaných ČÚZK. Jedná se o digitální model reliéfu 5. generace, což je podklad s vysokou přesností a velkou podrobností [4]. Nejprve byly stanoveny základní charakteristiky nadmořské výšky jednotlivých oblastí. Jednalo se o minimální a maximální výšku a o průměrnou nadmořskou výšku jednotlivých oblastí.

Dalším krokem bylo posouzení sklonitostních charakteristik území. K tomuto účelu byl proveden výpočet sklonů v každé z oblastí s využitím modelu terénu převzorkovaného na rozlišení 10 × 10 m. V případě sklonů byla určena jeho průměrná hodnota. Morfologické ukazatele jednotlivých oblastí jsou uvedeny v *tabulce 1*.

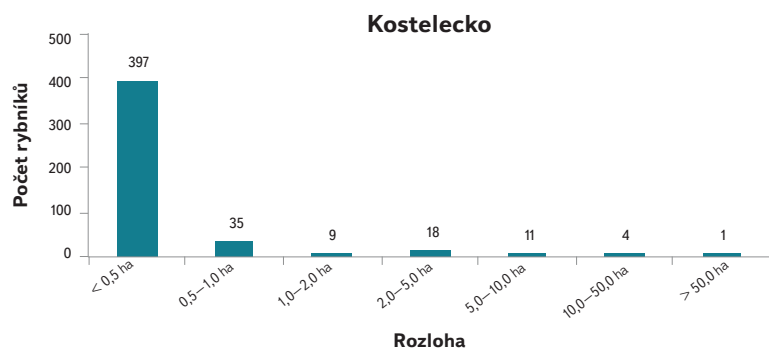
Tabulka 1. Morfologické ukazatele jednotlivých oblastí
Table 1. Morphological properties of regions of interest

Oblast	Minimální nadmořská výška (m n. m.)	Maximální nadmořská výška (m n. m.)	Průměrná nadmořská výška (m n. m.)	Průměrný sklon (%)
Kostelecko	163,9	556,9	352,5	7,4
Blanicko	304,6	723,9	480,5	9,9
Blatensko	357,2	827,1	509,4	6,6
Třeboňsko	406,9	569,9	456,2	2,6

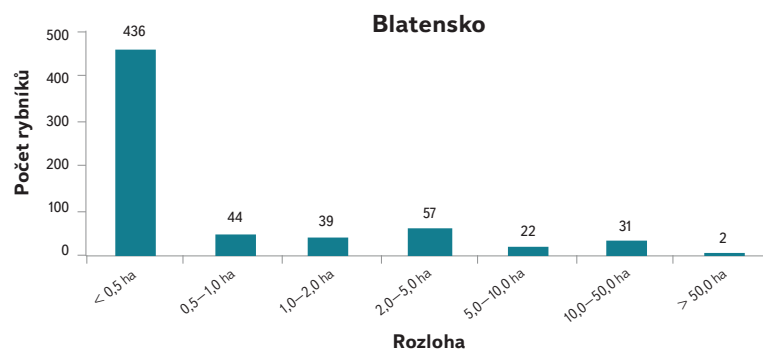
Výsledky této základní analýzy ukazují, že nejvýše položenou oblastí je Blatensko (průměrná nadmořská výška 509,4 m n. m.), zatímco nejnižší položenou je Kostelecko (průměrná nadmořská výška 352,5 m n. m.). Naproti tomu nejplošším územím je Třeboňsko (průměrný sklon 2,6 %) a nejsvažitéjším Blanicko (průměrný sklon 9,9 %).

Struktura rybníků v jednotlivých oblastech

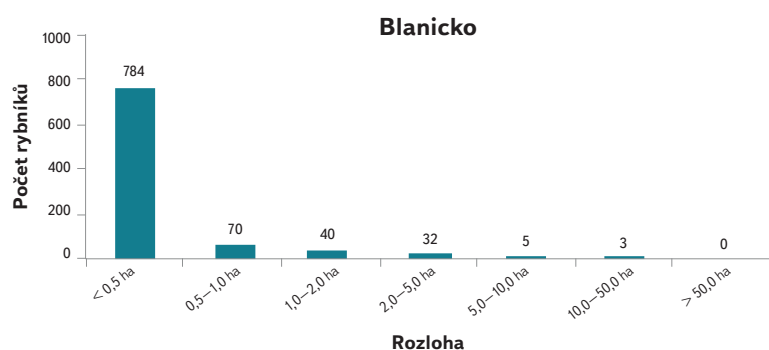
Pro potřeby hodnocení rybníků v jednotlivých oblastech byla použita prostorová vektorová data dostupná v databázi DIBAVOD – vrstva A05_vodni_nadrze [5]. V první řadě byla provedena analýza rybníků s ohledem na jejich velikost. Z tohoto pohledu byly rybníky a vodní plochy zatříděny do kategorií 0–0,5 ha, 0,5–1 ha, 1–2 ha, 2–5 ha, 5–10 ha, 10–50 ha a více než 50 ha. Podle předpokladu byla nejčetněji zastoupena kategorie do 0,5 ha, která zahrnuje i malé návesní nádrže a ostatní drobné vodní plochy z pohledu rybníkářství a rybníků pouze málo významné. Nejvyšší zastoupení těchto malých vodních ploch vykazuje oblast Blanicka, kde vodní plochy menší než 0,5 ha představují



Obr. 2. Počty rybníků v jednotlivých velikostních kategoriích v oblasti Kosteletcka
Fig. 2. Frequencies of fishponds in size categories in the region Kosteletcko



Obr. 4. Počty rybníků v jednotlivých velikostních kategoriích v oblasti Blatenska
Fig. 4. Frequencies of fishponds in size categories in the region Blatensko



Obr. 3. Počty rybníků v jednotlivých velikostních kategoriích v oblasti Blanicka
Fig. 3. Frequencies of fishponds in size categories in the region Blanicko



Obr. 5. Počty rybníků v jednotlivých velikostních kategoriích v oblasti Třeboňsko
Fig. 5. Frequencies of fishponds in size categories in the region Třeboňsko

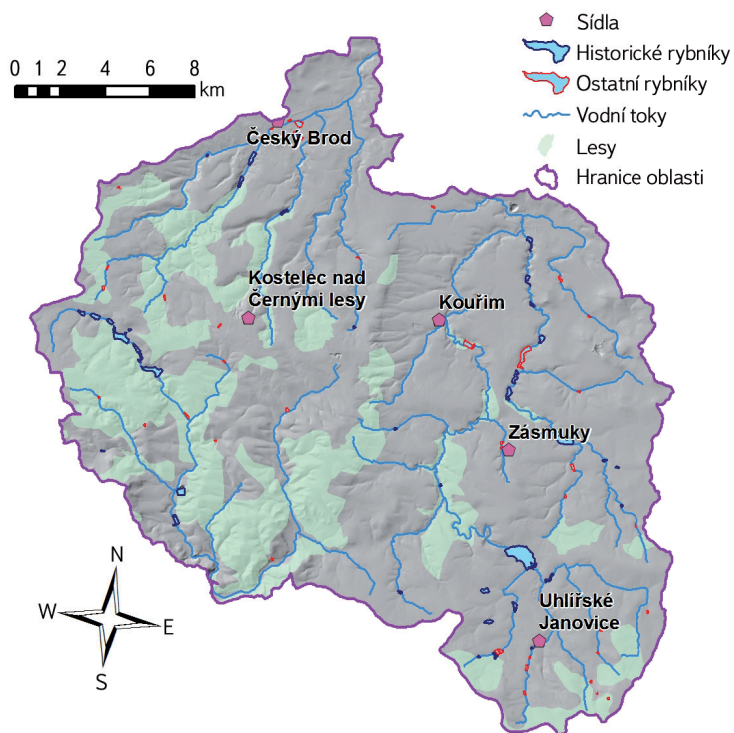
23 % celkové současné rozlohy vodních ploch, v ostatních případech se jedná o 10 % (Kosteletcko) či mnohem méně (4 % pro Blatensko a 1 % pro Třeboňsko). Zastoupení uvedených velikostních kategorií v jednotlivých oblastech je znázorněno v grafech na obr. 2 až 5 a v tabulce 2.

Dalšími ukazateli velikosti rybníků, které byly určeny, byla maximální velikost (velikost největší vodní plochy/rybníka) a medián velikosti pro soubory rybníků s rozlohou nad 0,5 ha. V případě první oblasti (Kosteletcko) je největší

vodní plochou Vavřínecký rybník z roku 1472 s výměrou 77,9 ha. Medián velikosti rybníků nad 0,5 ha činí v případě Kosteletcka 1,37 ha. V případě druhé oblasti (Blanicko) je největší vodní plochou rybník Smikov, který se nachází na toku Chotýšanky, s rozlohou 23,2 ha. V oblasti Blanicka dosahuje hodnota mediánu 1,10 ha. Na Blatensku je největším rybníkem Labuť založeným v roce 1492 [6] s rozlohou 101 ha. Hodnota mediánu v tomto případě činí 2,90 ha. Na Třeboňsku se nachází největší rybníky ze všech analyzovaných oblastí, celkem 77 z nich má rozlohu větší než 10 ha.

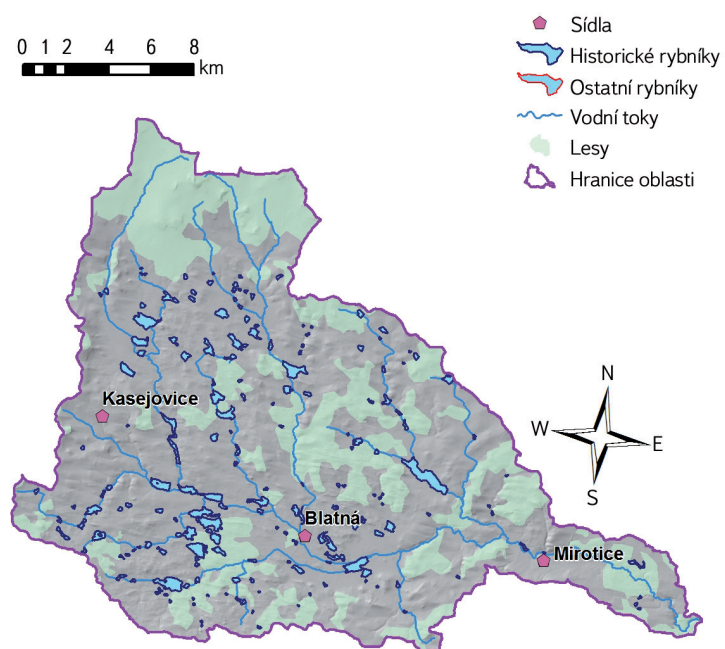
Tabulka 2. Zastoupení velikostních kategorií rybníků a vodních ploch v jednotlivých oblastech
Table 2. Frequencies of fishponds and water bodies in size categories in regions of interest

Velikost (ha)	Kosteletcko		Blanicko		Blatensko		Třeboňsko	
	Počet	Výměra (ha)	Počet	Výměra (ha)	Počet	Výměra (ha)	Počet	Výměra (ha)
< 0,5	397	37,3	784	85,8	436	57,3	589	70,7
0,5–1	35	24,7	70	47,7	44	31,7	90	64
1–2	9	12,5	40	54,2	39	57,2	62	90,8
2–5	18	60,6	32	101	57	197,5	79	254,8
5–10	11	77,1	5	37	22	161,1	31	214,4
10–50	4	75,9	3	47,1	31	679,6	53	1057
> 50	1	77,9	0	0	2	152,5	24	3438,5



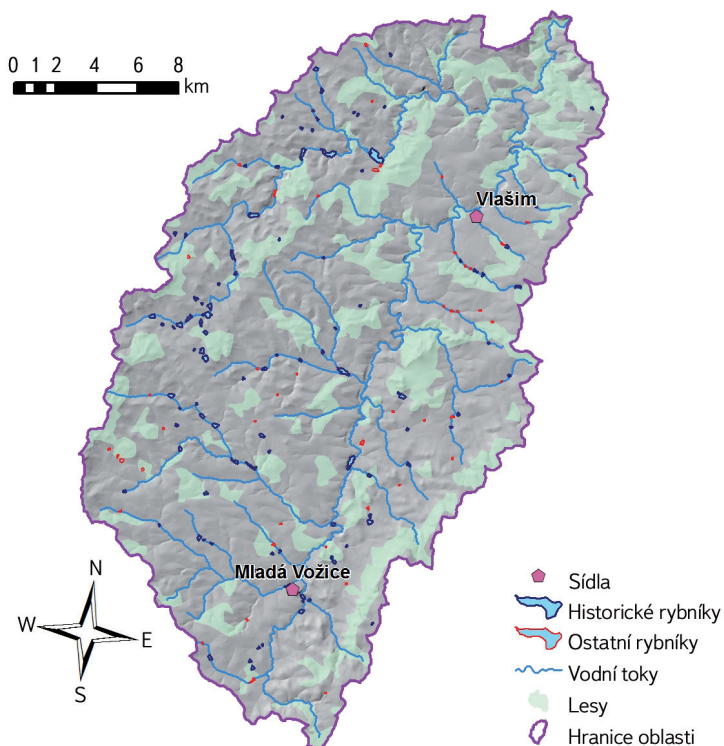
Obr. 6. Mapa zachycující rybníky v oblasti Kostecka s rozlišením rybníků historických a ostatních

Fig. 6. Map showing fishponds in the region Kostecko distinguishing those historical and others



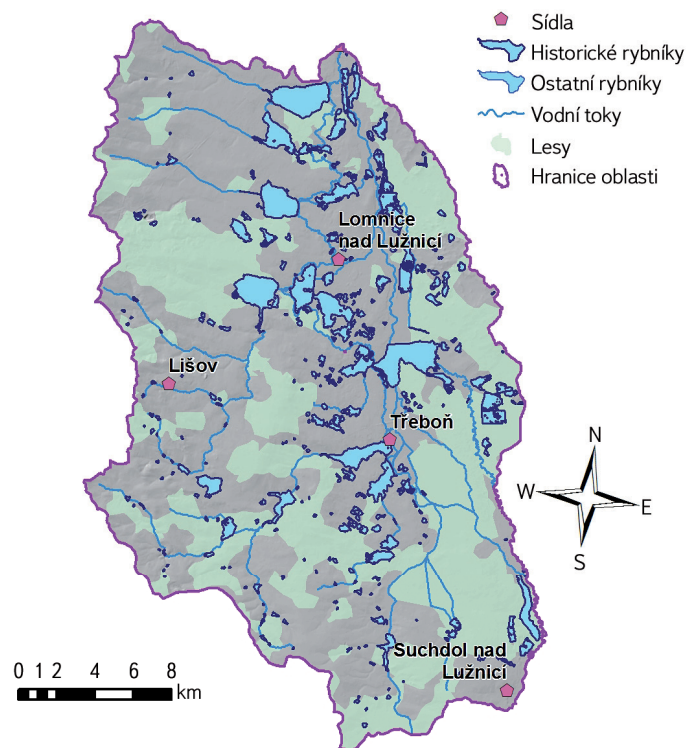
Obr. 8. Mapa zachycující rybníky v oblasti Blatenska s rozlišením rybníků historických a ostatních

Fig. 8. Map showing fishponds in the region Blatensko distinguishing those historical and others



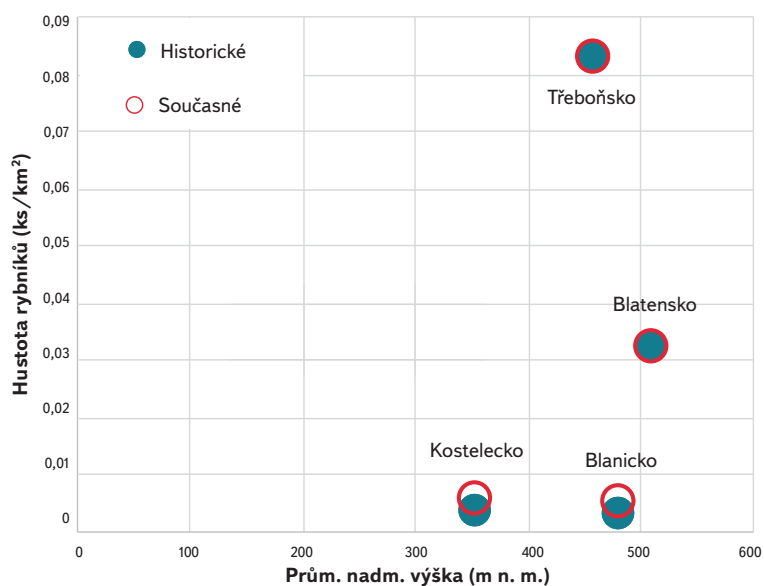
Obr. 7. Mapa zachycující rybníky v oblasti Blanicka s rozlišením rybníků historických a ostatních

Fig. 7. Map showing fishponds in the region Blanicko distinguishing those historical and others



Obr. 9. Mapa zachycující rybníky v oblasti Třeboňsko s rozlišením rybníků historických a ostatních

Fig. 9. Map showing fishponds in the region Třeboňsko distinguishing those historical and others

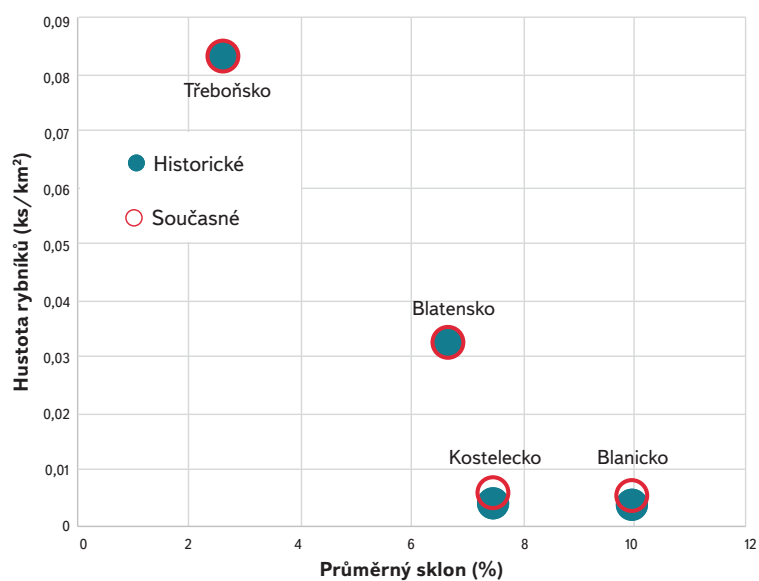


Obr. 10. Vztah mezi průměrnou nadmořskou výškou (m n. m.) a hustotou rybníků větších než 0,5 ha (ks.km⁻²)

Fig. 10. The relationship between average elevation (m a.s.l.) and density of fishponds larger than 0.5 ha (pcs.km⁻²)

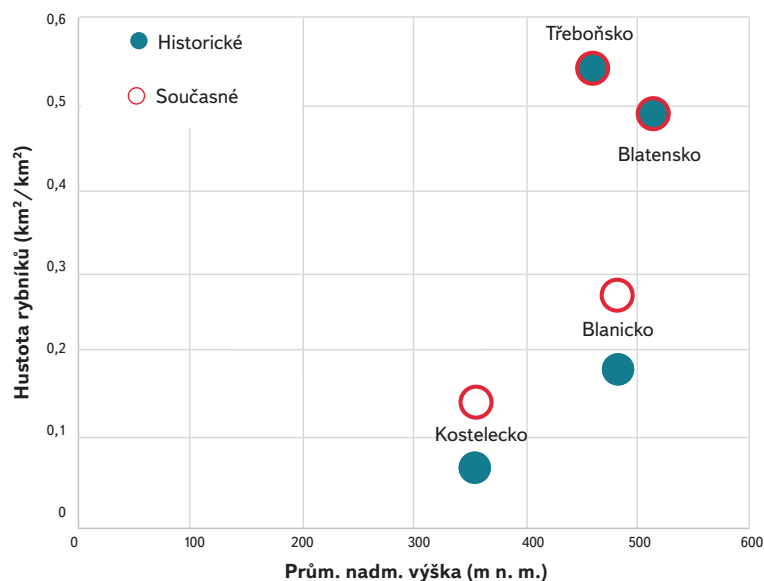
Největším z nich je rybník Rožmberk založený v roce 1584 [6], který je s rozlohou 4271 ha i největším rybníkem České republiky, byť v minulosti se ještě větší rybníky (Čeperka a Blato) nacházely v Polabí [7]. Medián velikosti rybníků větších než 0,5 ha v tomto případě dosahuje hodnoty 2,51 ha.

Dalším krokem byla s ohledem na zaměření projektu, pro jehož potřeby byly analýzy zpracovány, identifikace těch rybníků, které lze považovat za historické. V tomto případě byly jako historické označeny ty, které jsou zaznamenány již na mapách II. vojenského mapování. Ty jsou nejstarším mapovým podkladem, který má dostatečnou polohovou přesnost a podrobnost a pokrývá celé území České republiky. Starší mapy, například mapy I. vojenského mapování, mají k danému účelu nedostatečnou polohovou přesnost [8]. K analýzám byla využita digitalizovaná vrstva vodních ploch zachycených na těchto mapách [9].



Obr. 11. Vztah mezi průměrnou sklonitostí (%) a hustotou rybníků větších než 0,5 ha (ks.km⁻²)

Fig. 11. The relationship between average slope (%) and density of fishponds larger than 0.5 ha (pcs.km⁻²)

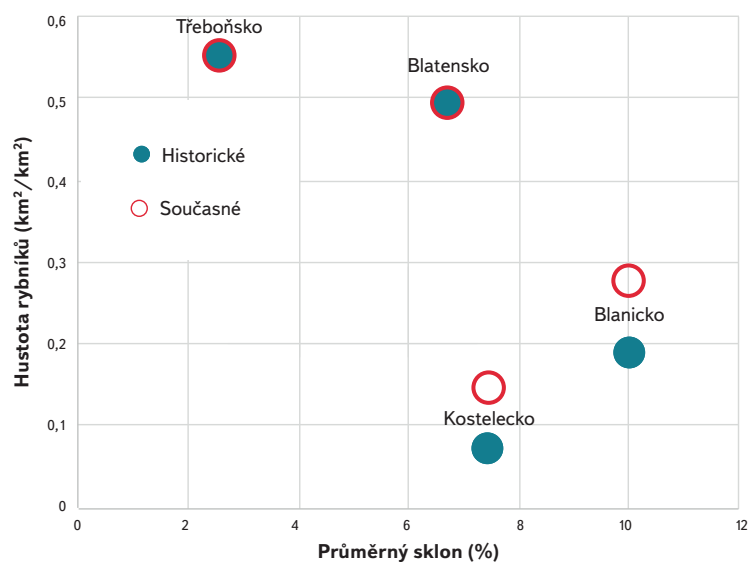


Obr. 12. Vztah mezi průměrnou nadmořskou výškou (m n. m.) a hustotou rybníků větších než 0,5 ha (km².km⁻²)

Fig. 12. The relationship between average elevation (m a.s.l.) and density of fishponds larger than 0.5 ha (km².km⁻²)

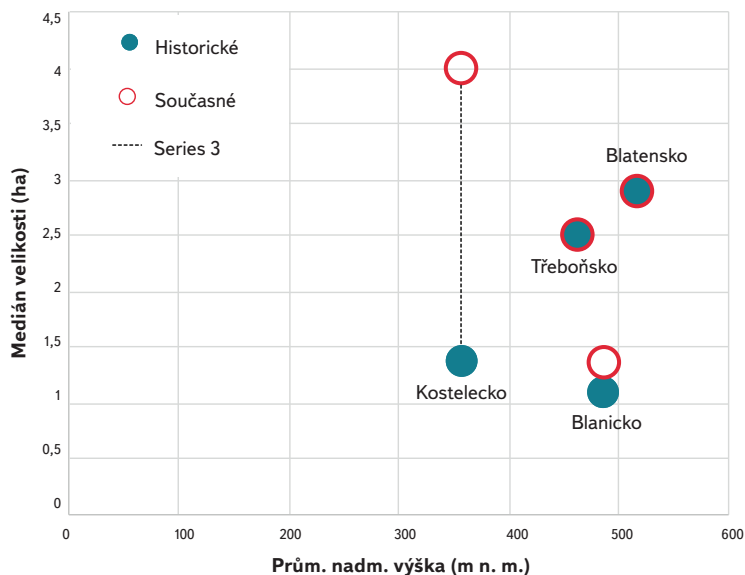
Vrstva obsahuje pouze vodní plochy s rozlohou nad 0,5 ha, jelikož menší vodní plochy vykazují značné odchylky v poloze, které vylučují jejich automatizované zpracování v prostředí GIS. Historické rybníky byly identifikovány tak, že současná vrstva vodních ploch byla překryta vrstvou historických rybníků a byly z ní vybrány ty, které protínaly některý z historických rybníků.

S ohledem na zastoupení historických rybníků vykazují jednotlivé oblasti značné odlišnosti. Zatímco v případě Třeboňska a Blatenska spadají všechny vodní plochy s rozlohou větší než 0,5 ha mezi historické, na Kosteletcku a Blanicku jich je významné množství mladších než cca 160 let. Konkrétně se jedná o přibližně polovinu nádrží v případě Kosteletcka a třetinu nádrží v případě Blanicka. Mapy prezentující vodní nádrže v jednotlivých oblastech včetně rozdělení na historické a ostatní jsou znázorněny na obr. 2.



Obr. 13. Vztah mezi průměrnou sklonitostí (%) a hustotou rybníků větších než 0,5 ha (km².km⁻²)

Fig. 13. The relationship between average slope (%) and density of fishponds larger than 0.5 ha (km².km⁻²)

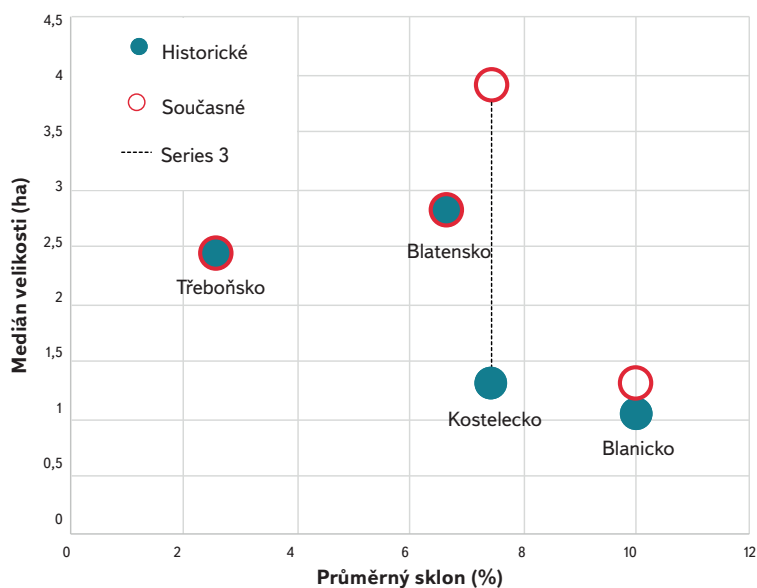


Obr. 14. Vztah mezi průměrnou nadmořskou výškou (m n. m.) a mediánem velikosti rybníků větších než 0,5 ha (ha)

Fig. 14. The relationship between average elevation (m a.s.l.) and median of fishponds areas larger than 0.5 ha (ha)

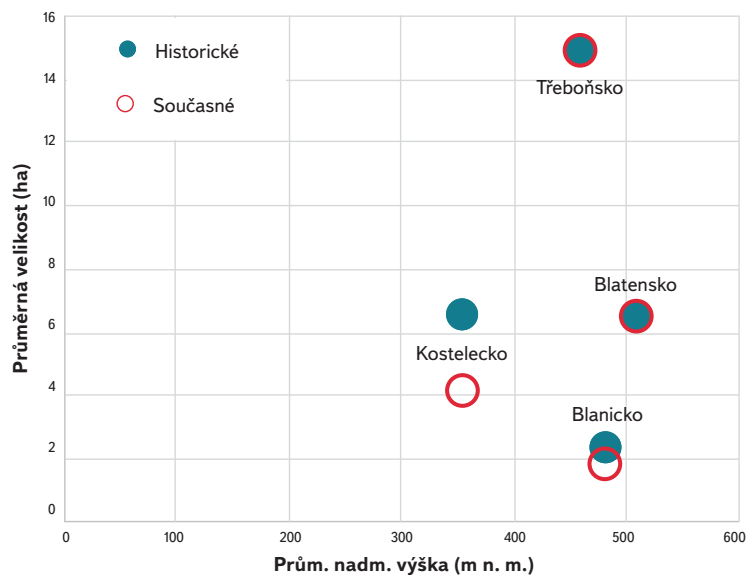
HODNOCENÍ

Posuzované oblasti vykazují s ohledem na strukturu rybníků a vodních nádrží značné odlišnosti. Při konfrontaci struktury sítě vodních nádrží s morfologickými ukazateli je zřejmé, že s narůstající sklonitostí území se obecně zmenšuje velikost vodních nádrží i jejich celkové množství a celková rozloha při uvažování vodních ploch s rozlohou nad 0,5 ha. Největší rybníky se tak nachází na Třeboňsku (Rožmberk, Horusický rybník, Dvořiště a další, tedy rybníky, které patří k největším v celé České republice [10]), které vykazuje nejnižší hodnotu průměrného sklonu, stejně tak tato oblast vykazuje největší počet rybníků i největší celkovou rozlohu vodních ploch. Celkově menší rybníky se pak nachází v oblastech s vyššími hodnotami průměrného sklonu (Kosteletcko, Blanicko). Naopak jako málo významnou



Obr. 15. Vztah mezi průměrnou sklonitostí (%) a mediánem velikosti rybníků větších než 0,5 ha (ha)

Fig. 15. The relationship between average slope (%) and median of fishponds areas larger than 0.5 ha (ha)

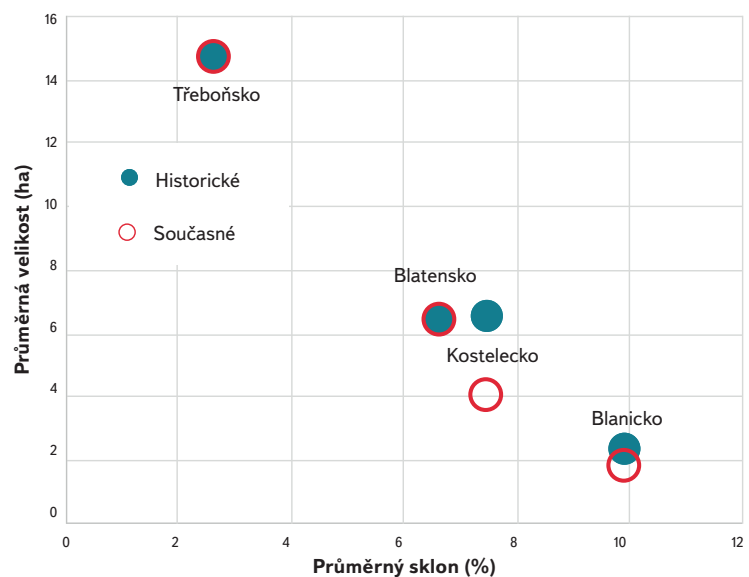


Obr. 16. Vztah mezi průměrnou nadmořskou výškou (m n. m.) a průměrnou velikostí rybníků větších než 0,5 ha (ha)

Fig. 16. The relationship between average elevation (m a.s.l.) and average area of fishponds larger than 0.5 ha (ha)

lze považovat nadmořskou výšku jednotlivých oblastí, jelikož Kosteletcko s nejnižší průměrnou nadmořskou výškou se vyznačuje nízkým množstvím rybníků a jejich relativně malou rozlohou, zatímco Třeboňsko s druhou nejnižší průměrnou nadmořskou výškou je v tomto ohledu na opačném pólu.

Pro potřeby podrobnějšího hodnocení byly vypočteny hustoty vodních ploch nad 0,5 ha vyjádřené jednak jako procentuální zastoupení vodních ploch v jednotlivých oblastech ($\text{km}^2.\text{km}^{-2}$) a jednak jako počet vodních ploch na jednotku plochy ($\text{ks}.\text{km}^{-2}$). I v případě těchto ukazatelů se vyznačuje největším zastoupením rybníků a vodních nádrží nad 0,5 ha Třeboňsko s hodnotami 0,083 $\text{km}^2.\text{km}^{-2}$ a 0,55 $\text{ks}.\text{km}^{-2}$. Poměrně vysoké hodnoty odpovídají i oblasti Blatenska – 0,032 $\text{km}^2.\text{km}^{-2}$ a 0,49 $\text{ks}.\text{km}^{-2}$. Na opačném pólu se nachází oblasti Kosteletcka a Blanicka s hodnotami 0,006 a 0,005 $\text{km}^2.\text{km}^{-2}$ a 0,15 a 0,28 $\text{ks}.\text{km}^{-2}$.



Obr. 17. Vztah mezi průměrnou sklonitostí (%) a průměrnou velikostí rybníků větších než 0,5 ha (ha)

Fig. 17. The relationship between average slope (%) and average area of fishponds larger than 0.5 ha (ha)

Pro potřeby podrobnějšího posouzení vztahu mezi morfologickými ukazateli a strukturou rybníků v jednotlivých oblastech bylo zpracováno grafické znázornění jejich hodnot, a to jak pro rybníky historické, tak pro ty současné. Pro posouzení byly jako charakteristiky popisující morfologii zvoleny průměrná nadmořská výška a průměrný sklon, pro rybníky pak hustota vodních ploch a hodnota mediánu a průměru velikost rybníků s rozlohou nad 0,5 ha. Tyto hodnoty jsou znázorněny v grafech na obr. 10 až 17. Z grafického znázornění je patrné, že ve většině případů neexistuje významný vztah mezi porovnávanými ukazateli. Výjimku tvoří vztah mezi hustotou rybníků v ks.km⁻² a průměrnou sklonitostí oblasti a průměrnou velikostí rybníků a jejich průměrné velikosti s klesající průměrnou sklonitostí. To naznačuje, že rybníky byly budovány spíše v plošších územích a že v těchto územích byly stavěny rybníky s větší výměrou.

Za pozornost stojí dále skutečnost, že v případě oblastí s vysokou hustotou vodních ploch (Blatensko a Třeboňsko) jsou všechny nádrže nad 0,5 ha starší než cca 160 let a že se zde tedy nenachází žádné relativně nové nádrže. To lze chápat především tak, že s ohledem na vysokou hustotu vodních ploch v těchto územích jednak nebyl prostor a vhodné profily pro budování nových a jednak nebyla potřeba budovat další nádrže.

ZÁVĚR

Prezentované oblasti byly voleny tak, aby reprezentovaly území s odlišnými charakteristikami. Předmětem analýzy byl historický vývoj, morfologie terénu a samotná struktura sítě vodních nádrží v řešeném území. Výsledky ukazují, že vytvářené oblasti jsou vhodné pro další řešení projektu, jelikož jsou výrazně odlišné vzhledem k uvažovaným charakteristikám. Liší se jak strukturou rybníční sítě, tak morfologickými charakteristikami. V případě morfologických charakteristik se ukazuje zejména závislost mezi sklonitostí terénu v oblasti a hustotou vodních ploch. Ta má podobu klesající hustoty vodních ploch s narůstající sklonitostí. Stejně tak výsledky naznačují nárůst velikosti vodních ploch s klesajícím průměrným sklonem. Obojí patrně souvisí s tím, že historicky byly rybníky zakládány v plochých podmáčených oblastech, jelikož zejména mělké rybníky byly vhodné pro teplovodní chov ryb. Naopak v případě dalších posuzovaných kombinací ukazatelů se závislost neukazuje.

V případě hodnocených oblastí byl odlišný i jejich historický vývoj, který však bude nutno podrobně posoudit na základě studia historických map i dostupných písemných pramenů. Prvotní analýzy však ukazují, že v oblastech s vysokou hustotou vodních ploch se v podstatě nevyskytují žádné novodobé vodní nádrže. V dalších krocích budou zkoumány mimo jiné vlastnosti hrázových těles a podrobný historický vývoj množství vodních ploch v jednotlivých oblastech s využitím mapových a dalších podkladů zachycujících období starší než v případě druhého vojenského mapování, tedy první poloviny 19. stol. To však bude představovat značný objem manuální práce vzhledem ke skutečnosti, že starší mapové podklady nemají dostatečnou polohovou přesnost. S ohledem na zaměření projektu, v jehož rámci byly prezentované analýzy provedeny, je však znalost historického kontextu nezbytná. Péče o hráze historických rybníků je velmi náročná a znalost období jejich vzniku umožňuje jednak identifikaci těch nejcennějších a jednak pomáhá, při znalosti vývoje technologií stavby rybníků v minulosti, zvolit vhodný přístup k péči či postupu opravy.

Navazující výzkum bude též zahrnovat rozšíření hodnocení na více oblastí s cílem získat větší soubor, s jehož využitím by bylo možno provést hodnocení struktury rybníků v širším měřítku. To může dále sloužit jako podklad pro identifikaci území, v nichž je žádoucí nádrže obnovovat či nově budovat. Pokud se pak ukáží některé charakteristiky území jako významně determinující některé charakteristiky rybníků a vodních nádrží, lze výsledky získané popsáním postupem využít pro potřeby formulace doporučení pro výstavbu nových nádrží.

Literatura

- [1] JANSKÝ, B. Mladotický rybník – historie a současnost. In: *Rybníky 2016*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2016, s. 41–53. ISBN 978-80-01-05978-4.
- [2] ŠUSTA, V. a MOKRÝ, T. *Význam jihočeského rybníkářství: Jeho vznik a vývoj*. Praha: Československá akademie zemědělská, 1931.
- [3] URBÁNEK, M., ed. *Naše rybníkářství*. České Budějovice: TYP, 2015. ISBN 978-80-87699-05-8.
- [4] BRÁZDIL, K., ed. Technická zpráva k digitálnímu modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G). In: K. BRÁZDIL, ed. *Geoportál ČÚZK* [online]. Praha: Zeměměřický úřad a Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad, 2015 [cit. 04. září 2016]. Dostupné z: http://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf
- [5] ZBOŘIL, A. Digitální báze vodohospodářských dat – DIBAVOD. In: *Hydroekologický informační systém VÚV TGM* [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2005 [cit. 04. září 2016]. Dostupné z: http://heis.vuv.cz/informace/cojeto/VUV_DIBAVOD.pdf
- [6] KOUTEK, T. *Nejkrásnější české rybníky*. B.m.: Brána, 2008. ISBN 978-80-7243-376-6.
- [7] LIEBSCHER, P. *Ryby, rybníky, rybníkáři: [historie a tradice rybníkářství v Čechách]*. Ostrava: Matúšek, 2010. ISBN 978-80-254-8246-9.
- [8] CAJTHAML, J. a KREJČÍ, J. Využití starých map pro výzkum krajiny. In: *Sborník z 15. ročníku mezinárodního symposia GIS Ostrava 2008*. Ostrava: TANGER, spol. s r. o., 2008. ISBN 978-80-254-1340-1.
- [9] PAVELKOVÁ, R., FRAJER, J., HAVLÍČEK, M., et al. Historical ponds of the Czech Republic: an example of the interpretation of historic maps: an example of the interpretation of historic maps. *Journal of Maps* [online]. 2016/07/12, p. 1–9. ISSN 1744-5647. Dostupné z: [doi:10.1080/17445647.2016.1203830](https://doi.org/10.1080/17445647.2016.1203830)
- [10] LIEBSCHER, P. a RENDEK, J. *Rybníky České republiky*. Praha: Academia, 2014. Průvodce (Academia). ISBN 978-80-200-2368-1.

Poděkování

Výsledky prezentované v tomto příspěvku byly dosaženy v rámci řešení výzkumného projektu DG16P02M036 Údržba, opravy a monitoring hrází historických rybníků jako našeho kulturního dědictví řešeného v rámci programu NAKI II financovaného Ministerstvem kultury ČR.

Autoři

Ing. Václav David, Ph.D.

✉ vaclav.david@fsv.cvut.cz

Ing. Tereza Davidová, Ph.D.

✉ tereza.davidova@fsv.cvut.cz

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební,
Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství

Příspěvek prošel lektorským řízením.

POND SYSTEMS IN SELECTED REGIONS

DAVID, V.; DAVIDOVA, T.

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering,
Department of Irrigation, Drainage and Landscape Engineering

Keywords: historical pond – landscape – density
of ponds – physical-geographic conditions

Ponds are an important and organic part of the landscape in the Czech Republic through ages. They are spread over most of the area of the republic and have different functions besides the one which is historically the most important – fish farming. The density and properties of ponds vary a lot among the different regions which is determined mainly by the natural conditions and historical development. This paper presents the comparison of four different areas

which were selected for case studies within the research project DG16P02M036 Conservation, reparations and monitoring of historical pond dams as our cultural heritage funded by the Ministry of culture through the programme NAKI II. The comparison is focused on the density and sizes of ponds in the area surrounding Kostelec nad Černými Lesy (Kostecko), in the catchment of Blanice River (Blanicko), in the area around Blatná (Blatensko) and in the area surrounding Třeboň and Lužnice River (Třeboňsko).

The results show differences between assessed areas with respect to both morphological characteristics of relief and structure of fishponds. As descriptors of relief, mean elevation and average slope were considered, while as descriptors of fishponds, density of fishponds, median size and average size were used. Relief descriptors were related to those describing fishponds in order to check if there is a relationship between them. The only indicative relationship was found in case of average slope and density of fishponds and in case of average slope and the average size of fishponds. In both cases, the decrease of fishpond descriptors was identified with increasing average slope.



Příklad použití aktivního protiabrazního prvku – dvojitý zápleťový plůtek

LENKA GERNEŠOVÁ, PETR PELIKÁN, MILOSLAV ŠLEZINGR, JANA MARKOVÁ, JAROSLAV BLAHUTA

Klíčová slova: vodní dílo Brno – abraze – ochrana břehů – vlnění

SOUHRN

Článek řeší problematiku stability břehů vodních nádrží s rozvinutou břehovou abrazí a možnosti využití aktivních stabilizačních prvků za použití zejména přírodních materiálů. Problematika stability břehů je demonstrována na příkladu vodního díla Brno, konkrétně v oblasti Osada. Právě v této části nádrže se nejvíce projevila rozvinutá abrazní činnost, která se zde vyskytuje v podobě značných abrazních srubů a abrazní plošiny. Dalším specifkem této lokality je stavební uzávěra – tzn. znemožnění jakýchkoliv zásahů do břehů. Z hlediska zachování takového břehu je vhodné použít prvky aktivní protiabrazní ochrany.

ÚVOD

Abraze je jednou ze základních forem přetváření břehů vodních nádrží. Do těchto forem dále spadají sesuvy a jiné svahové pohyby, akumulace a omývání [1]. Jedná se o plošné obroušování dna a břehů způsobené pohybem vody s následným transportem a ukládáním erodovaného materiálu do prostoru nádrže [2]. Samotná abraze bývá definována jako proces mechanické destrukce hornin způsobený vlnobitím a prouděním, což vede při déletrvající úrovni hladiny v nádrži k vytváření strmého případně svíslého abrazního srubu. Při patách abrazního srubu dalším působením pohybu vody dochází k vyplavování jemné frakce a následně až ke vzniku kaveren zasahujících do svahu. Takto vzniklý převis se může zřítit [1].

Pásmo, kde se projevila abraze, bývá tvořeno abrazní částí, kde se projevuje destrukční činnost vln, a částí akumulační, kam je abradovaný materiál ukládán [1]. Tento proces se však neprojevuje na všech březích nádrží, ale pouze v místech, která jsou k abrazi náchylná [2].

Břehová abraze se projevila i na vodním díle Brno (dále jen VD Brno), konkrétně v rekreační oblasti Osada, která se nachází na levém břehu nádrže. Jedná se o oblast, která je vlivem spolupůsobení několika faktorů nejvíce postižena břehovou abrazí (faktory ovlivňující abrazi na VD Brno v oblasti Osada: délka rozběhu větru, převažující směr a rychlost větru nad vodní hladinou, geologické a morfologické podmínky pobřežní oblasti nádrže a vodní doprava) (obr. 1). Břehy v této oblasti jsou neustále rozrušovány v celkové délce cca 250 m. Abrazní činnost se zde projevila ve formě kolmých abrazních srubů s výškou dosahující až 5 m a abrazní plošinou, kde je abradovaný materiál dále rozmílán a odplavován do prostoru nádrže (obr. 2). Takové projevy vodní eroze mohou mít negativní dopady jak na stabilitu různých objektů nacházející se v těsné blízkosti břehu (chaty a jiná rekreační zařízení včetně komunikací) a ohrožení samotných návštěvníků či rekreačních, ale také dochází ke smyvu půdy do nádrže, což vede k jejímu zanášení a zároveň ztrátám půdy [3, 4]. Nicméně tyto útvary vzniklé především lidskou činností (vybudováním a provozováním

vodního díla) v případě VD Brno podléhají ochraně v podobě stavební uzávěry, která má nejen chránit tento úkaz, ale také zachovat hnízdiště ledňáčka říčního (*Alcedo attis*, L.), který hnízdí právě na kolmých stěnách abrazních srubů. Vlivem tedy stavební uzávěry není možné jakkoliv zasahovat do těchto břehů. Proto je velmi vhodné v takové lokalitě použít aktivních stabilizačních prvků, které jednak omezí rozplavování břehů a zároveň zachovají břehové struktury (biodiverzita vázaná na takový typ břehů).



Obr. 1. Vodní dílo Brno – zájmová lokalita

Fig. 1. Brno dam reservoir – location of interest

MATERIÁL A METODIKA

V oblasti Osada bylo navrženo a následně zrealizováno několik typů prvků aktivní protiabrazní ochrany břehů, které mají za úkol snížit účinek dopadu vlnění vodní hladiny a následného rozvoje abrazní činnosti na břehy a ochránit tak biotop živočichů vázaných na kolmé stěny abrazních srubů. Kromě aktivní ochrany břehů může být použita i pasivní ochrana jako součást břehového zpevnění. Pokud však vzniknou vlivem abraze vysoké abrazní sruby, pak je užití pasivní ochrany velmi nákladné.

K realizaci aktivních ochranných prvků byly použity biotechnické a biologické konstrukce na bázi vlnolamů – jedná se o oživený gabion, jednoduchý a dvojitý zápleťový plůtek a vrbový porost. Tyto stabilizační prvky jsou tvořeny především místním přírodním materiálem, jako je kámen a živé prýty dřevin, zejména rodu *Salix*, z pobřežní části přehrady.

V následujících částech článku budou uvedeny popisy měření a výsledky vztahující se pouze k dvojitému zápleťovému plůtku. Tento typ aktivní protiabrazní ochrany byl založen na jaře roku 2014 na abrazní plošině rovnoběžně



Obr. 2. Vodní dílo Brno, oblast Osada – abrazní srub
Fig. 2. Brno dam reservoir, Osada area – abrasion cover

s břehovou linií ve vzdálenosti cca 5 m od paty abrazního srubu (který je vysoký cca 4–5 m). Práce byly započaty během jarního období, kdy hladina vody v nádrži ještě nedosahovala běžného stavu nadržení a nacházela se 4 m pod normálem (úroveň hladiny v měsících duben–září). Rozměry konstrukce jsou 0,6 × 0,3 × 7,0 m (výška × šířka × délka). Jako stavební materiál byl použit kámen a štěrk z abrazní plošiny (frakce 4–125 mm, kámen do hmotnosti 1,5 kg), vrbové kůly s průměrem 3–4 cm a délkou 1,2 m. Dále byly použity vrbové prýty s minimální délkou 1,5 m. Vrbové kůly byly zaraženy do abrazní plošiny ve vzdálenosti 0,5 m (vztaženo k jedné řadě zápleťového plůtku) a dále vyplety vrbovými prýty. Druhá řada zápletu je souběžná s řadou první a nachází se ve vzdálenosti 0,3 m od řady první. Takto vytvořené zápleťové plůtky byly vyplněny místním kamenem a štěrkem. Finální podoba takového opatření je kombinací biologických a technických prvků. Jak již bylo zmíněno, objekt se nachází 5 m od paty abrazního srubu směrem do nádrže. Výška objektu respektuje úroveň nejčtenější hladiny vody v nádrži, která se zde vyskytuje od dubna do září. Úroveň nejčtenější hladiny v nádrži s hodnotou 228,80 m n. m. byla stanovena statistickými metodami (data úrovní hladin z let 2010–2014). Horní část konstrukce dosahuje výšky úrovně hladiny 228,70 m n. m., tzn., že během hlavní sezony je vrch konstrukce zatopený, nachází se 5–10 cm pod hladinou (nicméně v rámci manipulace s vodou v nádrži dochází ke kolísání hladiny) a i tak tato konstrukce plní funkci vlnolamu.

V případě VD Brno, oblasti Osada mají největší vliv na rozvoj břehové abraze právě vlny neboli vlnění vodní hladiny vzniklé působením větru. I když převládající směr větru na VD Brno je severo-západní, tak vítr mající největší vliv na rozvoj abraze je spíše opačný, a to jiho-východní. To je dáno zejména délkou rozběhu větru po hladině nádrže, která v tomto směru je asi 2 050 m. Prováděné experimenty na této lokalitě jsou založeny na teorii nepravidelných vln. Analýza průběhu vln je dána statistickým zpracováním naměřených dat [5, 6]. Data jsou získána pomocí záznamu zachycující průběh pohybu vodní hladiny k určitému místu. Každá vlna je pak určena určitým lokálním maximem (vrchol vlny) a lokálním minimem (úžlabí vlny) z celého záznamu pohybu vodní hladiny [7].

V rámci naměřených hodnot (průběhu vln) není možné říci, že všechny vlny jsou stejné, a to v důsledku náhodného pohybu vodní hladiny. Ale v případě, pokud budeme brát hladinu jako stacionární, pak budou statistické vlastnosti rozložení periody a výšky vln v rámci několika záznamů obdobné. Proto je nevhodnější pro popis stavu hladiny vody – naměřených dat – použít statistické metody [8, 9].

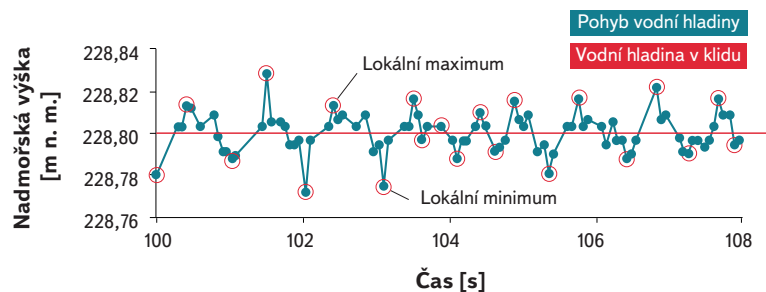
Teorie charakterizující pohyb vodní hladiny (vlnění) jsou založeny na konceptu určení významné nebo také charakteristické výšky vlny ($H_{1/3}$). Významná výška vlny je tedy průměrná výška jedné třetiny nejvyšších vln z celého záznamu, nebo také výška vlny s 13% pravděpodobností výskytu [10]. Tento termín je používán při řadě výpočtů nejen v zahraniční literatuře, ale i v ČSN 75 0255 [11], Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích.

Jednotlivá data jsou pořízena jako záznam průběhu pohybu vodní hladiny. Tento záznam byl pořízen dvěma synchronizovanými senzory s nepřetržitým měřením na základě elektrického odporu, které byly umístěny na dno před a za (na návětrné a závětrné straně) prvek aktivní protiabrazní konstrukce, v našem případě dvojité zápleťové plůtky.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Perioda a výška vlny nejsou s postupem času konstantní, jednotlivé vlny se v čase od sebe liší. V rámci teorie postupných vln je nutné určit vlastnosti vln (tedy výšku vlny) pomocí statistické analýzy jednotlivých složek vln obsažených v celém záznamu. Je velmi důležité, aby celkový záznam zachycující pohyb vodní hladiny byl dostatečně dlouhý a obsahoval několik stovek vln, tak aby statistické výpočty vykazovaly spolehlivé výsledky. Námi prezentované výsledky byly zpracovány na základě kontinuálního sběru dat, který trval cca 53 minut. Celý datový soubor obsahoval přibližně 41 500 záznamů zachycujících průběh vodní hladiny vztažené k určité nadmořské výšce, a to pro každé čidlo (tedy asi 13 záznamů za vteřinu).

Analýza průběhu vln je spíše manuální proces, během něhož je nutné určit výšku a periodu vlny v rámci celého záznamu a vylišit tak pouze části vln, které překračují nulovou hladinu (úroveň nebo nadmořská výška vodní hladiny, která by nastala, kdyby byla vodní hladina v naprostém klidu), a určit jednotlivé vrcholy a úžlabí vln. Nejprve je tedy nutné celý záznam rozdělit do několika segmentů neboli časových úseků, pro které byly určeny jednotlivé výšky vln. V našem případě byl celý záznam rozdělen do pětiminutových úseků. Výška vlny je pak definována jako svislá vzdálenost mezi dvěma po sobě jdoucími body s maximální a minimální hodnotou vztažené k nulové hladině [12]. Všechny lokální maxima a minima, které nepřekračují nulovou hladinu, jsou z výpočtů vyřazeny (obr. 3). Celý proces zpracování dat byl proveden v programu MS Excel za pomoci logických rozhodovacích funkcí, filtrování a skriptů.



Obr. 3. Část časového úseku pořízeného záznamu s vyznačenou nulovou hladinou, detailem křížení naměřených dat s nulovou hladinou a určení bodů, které definují parametry vln

Fig. 3. Segment of water surface record and zero-crossing technique in detail

Pomocí metody křížení nulové hladiny bylo celkem získáno přibližně 5500 vln (2900 vln ze senzoru umístěného na návětrné straně konstrukce a 2600 vln ze senzoru na závětrné straně). Jakmile byla zjištěna skutečná nadmožská výška vodní hladiny, byla vypočítána hodnota výšky vlny H pro každou vlnu.

Z vypočítaných výšek vln bylo dále nutné statisticky zpracovat a určit tři typy vln s konkrétní pravděpodobností výskytu: průměrná výška vlny s pravděpodobností výskytu 50 %, charakteristická výška vlny s pravděpodobností výskytu 13 % a maximální výška vlny s pravděpodobností výskytu 1 %, což znamená výška vlny s 50, 87 a 99 percentily získaných dat. Pro lepší přehlednost byla tato data zobrazena v následující tabulce (tabulka 1).

Pořízený záznam zachycující pohyb vodní hladiny o délce cca 53 minut bylo nejprve nutné rozdělit do kratších časových úseků s intervalem 5 minut (v tabulce jsou data uvedeny v sekundách), a to pro každý senzor zvlášť – v tabulce uvedeny jako: I. data ze senzoru na návětrné straně a II. data ze senzoru umístěného na závětrné straně ochranného prvku. V dalších sloupcích jsou uvedeny hodnoty výšek vln pro průměrnou, charakteristickou a maximální výšku vlny. Ve sloupci redukce je pak uvedeno srovnání záznamů z obou senzorů ve stejném časovém úseku. Hodnota v tomto sloupci je uvedena v procentech a vypovídá o účinnosti, s jakou dojde ke snížení výšky vlny vlivem aktivní protiabrazní ochrany. V případě průměrné výšky vlny ($H_{50\%}$) byla účinnost v průměru 58 %, charakteristická výška vlny ($H_{13\%}$) byla účinnost 54 % a hodnoty maximální výšky vlny ($H_{1\%}$) byly poníženy v průměru o 57 %.

Obecný princip procesu snížení výšky vlny díky ochrannému prvku je znázorněn na obr. 4. Vlny se šíří po nádrži směrem k ochrannému prvku (v našem případě dvojitému zápleťovému plůtce) v závislosti na směru větru. Jakmile vlny dorazí k překážce, začnou se při jejím horním okraji deformovat a lámat, i když se jedná o zatopenou konstrukci. To je způsobeno tím, že pohyb vodních částic je ovlivněn právě pohybem vodní hladiny do hloubky, která se rovná polovině výšky vlny (vztaženo k hladině v klidu), další podrobnosti v [6, 13]. V době měření měla vodní hladina výšku 228,75 m n. m. (úroveň vodní hladiny, kdyby se zde nevyskytovalo vlnění) a horní hrana konstrukce se nacházela 5 cm pod úrovní hladiny. Vlivem této skutečnosti a dále vlivem propustnosti konstrukce nedochází k úplné redukci vln. Díky tomu můžeme pozorovat vlny na závětrné straně konstrukce se sníženými parametry vln. Rozdíl mezi parametry vln z návětrné a závětrné strany konstrukce v relativním tvaru může být považováno za účinnost konstrukce. Snížení energie vln vlivem ochranných konstrukcí může vést ke zmírnění dopadu abraze v místě dotyku vodní hladiny a narušeného břehu.

Aktivní ochrana břehů, která byla realizována na VD Brno v oblasti Osada, je tvořena zejména místním materiálem (kámen přímo z abrazní plošiny nádrže, vrbové prýty dovezeny z nedaleké obce Veverská Bítýška (z konce vzdutí nádrže) a z toho důvodu se jedná o konstrukce velmi levné – náklady jsou spojeny pouze s dopravou materiálu. V případě aktivní ochrany tvořené gabionem byly náklady asi 1000 Kč na metr konstrukce. Jako výplňové kamenivo

posloužil opět místní materiál. Pokud by měly být jednotlivé realizované konstrukce posouzeny z hlediska trvanlivosti, pak by jako nejtrvanlivější a nejdolnější byl právě gabion. Naopak jednoduchý zápleťový plůtek vykazoval nejnižší trvanlivost a odolnost.

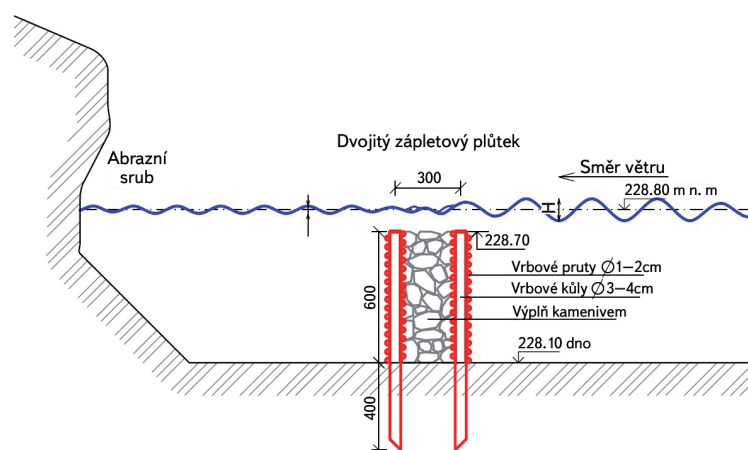
Dvojitý zápleťový plůtek je konstrukce, kterou je vhodné použít v lokalitách s dostatkem stavebního materiálu. Samotná konstrukce je na provedení nenáročná, téměř bez finančních nároků (pokud není počítána doprava) a poměrně odolná proti účinkům vln. Nevýhodou této konstrukce je její životnost, která je dána degradací vrbového materiálu.

Data zde uváděná byla získána za podpory projektů Aktivní protiabrazní konstrukce a Minimalizace ztrát lesní a zemědělské půdy vlivem erozních a abrazních procesů v krajině. V současné době jsou prováděna další měření a následné zpracování dat. Výsledky mohou přispět k diskusi o možných stabilizačních opatřeních pobřežních lokalit, kde není možné či zcela vhodné použít tradiční pasivní ochranu břehů.

ZÁVĚR

Celý článek se zabýval tématem použití aktivních protiabrazních opatření jako možný způsob ochrany břehů, vztaženo ke konkrétní lokalitě, a to na VD Brno, oblast Osada, kde se projevila rozsáhlá abrazní činnost v celkové délce asi 250 m pobřeží. Právě zde bylo vytvořeno několik experimentálních ochranných opatření, pro které byla zjišťována jejich efektivita – snížení vlivu účinků vln vzniklých pomocí větru či vlivem lodní dopravy. Byly zde vytvořeny konstrukce technické, biologické i biotechnické. Tento článek však neřešil všechny typy konstrukcí, pouze však jednu, a to dvojitý zápleťový plůtek (biotechnické opatření), který funguje na základě ponořené vlnolamy.

Rozměry použité konstrukce jsou $0,6 \times 0,3 \times 7,0$ m (výška \times šířka \times délka). Celá konstrukce je umístěna ve vzdálenosti 5 m od paty abrazního srubu rovnoběžně s břehovou linií. Výška konstrukce byla zvolena s ohledem na výšku hladiny s nejčtetnějším výskytem (stanoveno pro měsíce duben až září).



Obr. 4. Schéma zachycující účinnost ochranné konstrukce: redukce výšky vlny vlivem konstrukce

Fig. 4. Scheme of structure effectivity: wave height reduction by active stabilization structure

Tabulka 1. Výsledky statistického zpracování naměřených dat – účinnost ochranné konstrukce
 Table 1. Results of statistical processing of measured data – the effectiveness of the protective structure

Časový úsek [s]	Senzor	$H_{50\%}$ [m]	Redukce [%]	$H_{13\%}$ [m]	Redukce [%]	$H_{1\%}$ [m]	Redukce [%]
0–300	I.	0,041	- 50	0,065	- 58	0,085	- 59
	II.	0,021		0,028		0,035	
300–600	I.	0,039	- 48	0,062	- 55	0,085	- 59
	II.	0,021		0,028		0,035	
600–900	I.	0,044	- 53	0,067	- 59	0,091	- 61
	II.	0,021		0,028		0,035	
900–1200	I.	0,040	- 49	0,063	- 56	0,087	- 60
	II.	0,021		0,028		0,035	
1200–1500	I.	0,043	- 68	0,068	- 59	0,139	- 75
	II.	0,014		0,028		0,035	
1500–1800	I.	0,041	- 67	0,056	- 51	0,079	- 57
	II.	0,014		0,028		0,034	
1800–2100	I.	0,035	- 62	0,055	- 50	0,070	- 50
	II.	0,014		0,028		0,035	
2100–2400	I.	0,033	- 59	0,053	- 47	0,071	- 43
	II.	0,014		0,028		0,041	
2400–2700	I.	0,032	- 58	0,047	- 57	0,062	- 46
	II.	0,014		0,021		0,034	
2700–3000	I.	0,037	- 64	0,056	- 52	0,082	- 59
	II.	0,014		0,027		0,034	
3000–3200	I.	0,033	- 59	0,051	- 47	0,084	- 59
	II.	0,014		0,027		0,034	
Průměrná redukce [%]		- 58		- 54		- 57	

Cílem experimentu bylo zjistit účinnost tohoto ochranného opatření. To bylo prováděno pomocí dvou synchronních senzorů zachycujících pohyb vodní hladiny jak na návětrné straně, tak na závětrné straně ochranné konstrukce. Záznam zachycující průběh pohybu vodní hladiny trval 53 minut a obsahoval přibližně 41500 záznamů z každého senzoru. Tento záznam bylo nutné dále zpracovat pomocí statistických výpočtů. Pro lepší orientaci ve velkém množství dat byl celý časový záznam rozdělen do několika časových úseků s intervalem 5 minut. Následně pro všechny data byla vypočítána výška vlny. Pomocí metody křížení nulové hladiny bylo zjištěno, že záznam obsahoval přibližně 5500 vln (údaje z obou senzorů).

Pro takto získané výšky vln byly statisticky zjištěny pravděpodobnosti výskytu vln: průměrná výška vlny $H_{50\%}$, charakteristická výška vlny $H_{13\%}$ a maximální výška vlny $H_{1\%}$. Srovnáním hodnot výšek vln z obou senzorů za stejný časový úsek jsme získaly účinnost ochranného prvku spočívající v redukcí výšky vlny. V případě průměrné výšky vlny ($H_{50\%}$) došlo k redukcí výšky vlny o 58 %, v případě charakteristické výšky vlny ($H_{13\%}$) to bylo 54 % a v případě maximální výšky vlny ($H_{1\%}$) došlo v průměru k redukcí o 57 %. Toto jednoduché a levné ochranné opatření z přírodních materiálů, a pokud je dobře umístěné, může zklidnit účinky vlnění a přispívat tak k ochraně pobřeží.

Literatura

- [1] SPANILÁ, T. *Přehledná zpráva o stavu výzkumu přetváření břehů vodních nádrží*. Vyd. 1. Praha: Geologický ústav, ČSAV, 1975, 76 s.
- [2] ŠLEZINGR, M. *Břehová abraze – možnosti stabilizace břehů: Bank erosion – possible ways of bank stabilization*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011. ISBN 978-80-7375-566-9.
- [3] ŠLEZINGR, M. *Břehová abraze: příspěvek k problematice zajištění stability břehů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-7204-342-0.
- [4] ŠLEZINGR, M. Stabilisation of reservoir banks using an „armoured earth structure“. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. Praha: Ústav pro hydrodynamiku AVČR, 2007. ISSN 0042-790x.
- [5] THE COASTAL ENGINEERING RESEARCH CENTER (CERC). *Shore protection manual. Waterways Experiment Station, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C.* 1973, 1977, 1984.
- [6] U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE). *Coastal Engineering Manual*. Engineer Manual 1110-2-1100, Vol. I-VI, Washington, D.C., 2002–2011, (2009) 2923 p.
- [7] LUKÁČ, M.A., ABAFFY, D. *Vlnenie na nádržiach, jeho účinky a protibrázné opatrenia*. Priroda, Bratislava, 1980.
- [8] WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Guide to Wave Analysis and Forecasting*. 2. edition, WMO No. 702, Geneva, Switzerland, 1998. 168 p. ISBN 92-63-12702-6.
- [9] OZEREN, Y. and WREN, D.G. Predicting wind-driven waves in small reservoirs. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 2009, Vol. 52, No. 4, p. 1213–1221. ISSN 0001-2351.
- [10] HOLTHUIJSEN, L.H. *Waves in oceanic and coastal waters*. Reprinted with corr. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. ISBN 9780521129954.
- [11] VOTRUBA, L. a KRATOCHVÍL, S. *ČSN 75 0255 (750255) Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdřích: Calculation of wave effects on waterworks and weir basins*. Praha: Český normalizační institut, 1987.
- [12] U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS (USACE). *Coastal Engineering Manual*. Engineer Manual 1110-2-1100, Vol. I-VI, Washington, D.C., 2002–2011, (2008) 2923 p.
- [13] PELIKÁN, P. *Přetváření břehů vodních nádrží vlivem břehové abraze*. Disertační práce. Brno: Mendelova Univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, 2013, 147 s.

Poděkování

Tento výzkum byl spolufinancován projekty IGA – MENDELU:

- číslo projektu: LDF_VT_2015011 – Aktivní protibrázní konstrukce,
- číslo projektu: LDSF_PSV_2016002 – Minimalizace ztrát lesní a zemědělské půdy vlivem erozních a abrazních procesů v krajině.

Autoři

Ing. Lenka Gernešová

✉ xgerneso@node.mendelu.cz

Ing. Petr Pelikán, Ph.D.

✉ petr.pelikan@mendelu.cz

prof. Dr. Ing. Miloslav Šlezinger

✉ miloslav.slezinger@mendelu.cz

Ing. Jana Marková, Ph.D.

✉ jana.markova@mendelu.cz

Ing. Jaroslav Blahuta

✉ xblahuta@node.mendelu.cz

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny

Příspěvek prošel lektorským řízením.

EXAMPLE OF USING THE ACTIVE ANTI-ABRASIVE STRUCTION – DOUBLE WILLOW WATLING

GERNESOVA, L.; PELIKAN, P.; SLEZINGR, M.; MARKOVA, J.; BLAHUTA, J.

Mendel University in Brno, Faculty of Forestry and Wood Technology, Department of Engineering Construction, Landscape Design and Protection

Keywords: Brno dam reservoir – abrasion – bank protection – waving

The article deals with issue of water reservoir banks stability in places where the abrasion is developed, and possibility of using active anti-abrasive protection that is designed from natural materials. The issue of banks stability is demonstrated on the example of the reservoir dam Brno particularly in the Osada area. In this part of reservoir shovd the most developed bank abrasion as high abrasion caverns and abrasion platform. This natural structures are home of kingfisher (*Alcedo attis, L.*) who nests on this headwalls. As a result, there is a conflict of interests – the banks are subject to special protection statute under which the banks are not allowed to alter. From this mason is very suitable use active anti-abrasive protection of banks.

Vlastnosti povodí z hlediska jejich významu pro riziko vzniku intenzivního erozního odtoku

BARBORA JÁCHYMOVÁ, JOSEF KRÁSA, TOMÁŠ DOSTÁL, MIROSLAV BAUER

Klíčová slova: vodní eroze – analýza hlavních komponent – vlastnosti povodí – transport sedimentu

SOUHRN

Prostřednictvím modelu WaTEM/SEDEM byla modelována erozní ohroženost obcí České republiky. V okolí ohrožených obcí bylo vyhledáno 130 000 kritických mikropovodí, která byla následně rozdělena do pěti kategorií podle míry hrozby vzniku intenzivního erozního odtoku. Modelování poskytlo rozsáhlou databázi téměř 130 tisíc mikropovodí s rizikovými uzávěrovými profily z hlediska produkce sedimentu, klasifikovanými do tříd jednak podle míry hrozby transportu sedimentu, jednak podle rizika vzniku škod v intravilánu obcí. Unikátní datová sada byla poté využita k analýze, jejímž cílem je odpovědět na následující otázky. Jak vypadá průměrné povodí produkující nebezpečné hodnoty smyvu? Které jsou klíčové parametry pro produkci splavenin a jejich transport plošným a soustředěným odtokem? Je možno spolehlivě identifikovat rizikový bod a zdrojovou plochu (díleč povodí) pomocí jednoduchých metod na základě všeobecně dostupných parametrů? Analýza byla zaměřena na význam 11 faktorů popisujících využití území, morfologické a morfometrické charakteristiky povodí a půdní a srážkové charakteristiky z hlediska jejich vlivu na míru rizika vzniku erozního odtoku. Jako riziková se ukazují velká povodí konvergentního tvaru s výrazným sklonem v místech v okolí uzávěrového profilu.

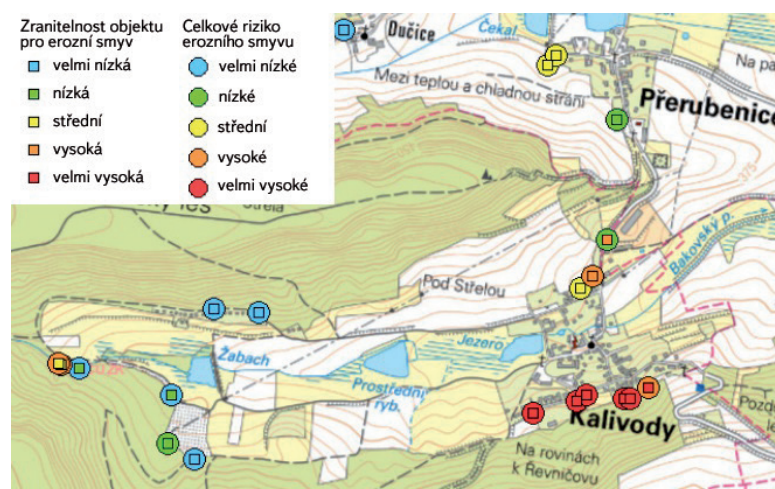
ÚVOD

Eroze půdy a transport splavenin po přívalových srážkách jsou celosvětovým problémem, který má za následek narušení zdrojů v krajině (zhoršení kvality orné půdy a vodních zdrojů). Zároveň může způsobit rozsáhlé škody na infrastruktuře obcí a dokonce přímo ohrožovat životy jejich obyvatel [1]. Ve třetině členských států OECD je více než 20 % zemědělské půdy ohroženo střední až intenzivní erózí [2]. Na území České republiky je v důsledku kolektivizace a intenzifikace zemědělství erózí ohroženo nejméně 50 % zemědělské půdy [3]. Vodní toky jsou pak následně ohroženy transportem splavenin. To se projevuje nejen degradací zemědělské půdy, vodních toků a nádrží, ale také zanášením obcí a poškozením infrastruktury.

S cílem navrhnout koncepční postupy pro hodnocení a klasifikaci rizikových lokalit ohrožených erózí půdy a transportem splavenin byl v letech 2012–2015 řešen projekt s názvem Erozní smyv – zvýšené riziko ohrožení obyvatel a jakosti vody v souvislosti s očekávanou změnou klimatu (projekt Ministerstva vnitra ČR s číslem VG20122015092).

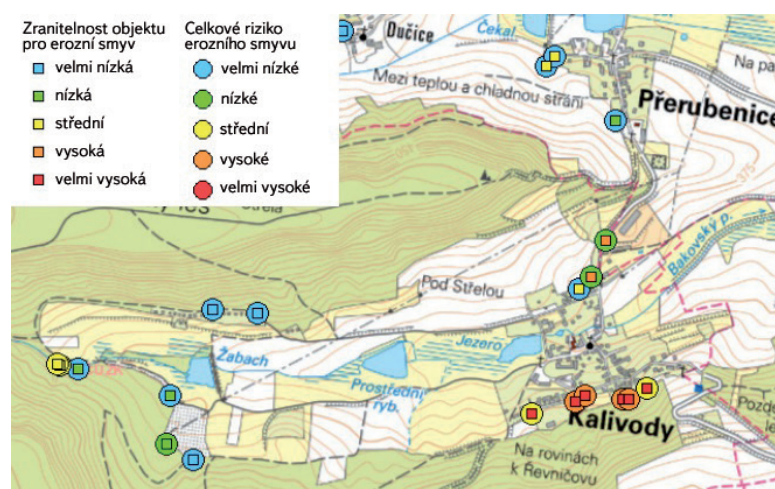
Stěžejní částí řešení projektu bylo určení kritických bodů na území celé České republiky, kde eroze půdy a transport splavenin ohrožuje objekty v obcích, sídelní infrastrukturu, vodní zdroje, vodní útvary využívané k rekreaci a další objekty vyžadující ochranu. A to vše jak pro současné podmínky, tak i pro podmínky očekávané změny klimatu. Výsledkem je soubor téměř 130 000 lokalit,

kteří byly určeny jako potenciálně rizikové s různou mírou nebezpečí ohrožení erozními splaveninami. Po kalibraci na rozsáhlých modelových oblastech byl pro celé území ČR k výběru rizikových lokalit využit simulační model WaTEM/SEDEM.



Obr. 1. Riziko erozního smyvu v současných klimatických podmínkách bez aplikace opatření – výstup webové aplikace [4]

Fig. 1. Current erosion transport risk level – output from web application [4]



Obr. 2. Riziko erozního smyvu v současných klimatických podmínkách při trvalém zatravnění – výstup webové aplikace [4]

Fig. 2. Erosion transport risk level – arable land converted into grassland – output from web application [4]



Rizikové lokality i účinnost možných adaptačních opatření (obr. 1a2) jsou prezentovány formou mapového portálu a interaktivní webové aplikace [4] na stránkách Hydroekologického informačního systému VÚV TGM (<http://www.heis.vuv.cz/>).

Riziko vzniku intenzivního erozního odtoku je ovlivněno řadou faktorů. Hlavní z nich jsou zahrnuty v empirické metodě výpočtu erozního smyvu – Univerzální rovnici ztráty půdy [5], která je rovněž základem zvoleného erozního modelu WaTEM/SEDEM [6]. Pro rozsáhlá území je však modelování časově náročné a získání vhodných datových podkladů může vyžadovat značné finanční prostředky. Proto byla s využitím výstupní databáze všech kritických bodů na území ČR následně provedena doplňující analýza, jejímž cílem bylo posoudit vliv jednotlivých vybraných charakteristik povodí na míru ohroženosti lokality a zjistit zda je možné určit parametry, které jsou klíčové pro produkci a transport splavenin.

Dále prokázat zda a jak spolehlivě je možné na základě všeobecně dostupných parametrů identifikovat rizikové povodí. Tento přístup pak může být využit pro zjednodušení postupu v rámci protierozní ochrany obcí. Lokality určené zjednodušeným postupem na základě kombinace vybraných rizikových charakteristik je možné následně modelovat s větší podrobností, než umožňuje generální modelování rozsáhlých území.

LITERÁRNÍ PŘEHLED

Chceme-li modelovat a následně vyhodnotit míru ohrožení dané lokality z hlediska intenzivního erozního odtoku, je možné využít některého z erozních a transportních modelů pro určení ztráty půdy, resp. intenzity eroze na pozemku nebo v řešeném povodí. Obecně lze modely rozdělit na empirické/statistické, konceptuální a fyzikální [7]. Jednotlivé modely se vzájemně liší požadovanou kvalitou a množstvím vstupů na jedné straně a výslednou kvalitou a reprezentativností poskytovaných výsledků na straně druhé.

Pro určení erozního rizika v rozsáhlých územích jsou nejčastěji využívány empirické modely založené na principu Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE), která stanovuje dlouhodobou průměrnou ztrátu půdy v povodí způsobenou plošnou erozí [5, 8, 9]. Jedním z takových modelů je prostorově distribuovaný model WaTEM/SEDEM [6, 10, 11]. Ten poskytuje dostatečně přesný odhad intenzity eroze a transportovaného množství erodovaného materiálu na základě poměrně nízkého počtu vstupních dat [12]. Model byl v minulosti rovněž intenzivně testován a aplikován pro určování transportu splavenin a zanášení nádrží v podmínkách České republiky [13–16].

Míra hrozby intenzivního erozního odtoku v jednotlivých lokalitách je významně závislá na řadě faktorů [17], které mají vliv na průběh srážko-odtokové události. Tyto charakteristiky lze rozdělit do několika skupin – morfologické, morfometrické, využití území (přítomnost a stav vegetace) a klimatické (především kvalita půdy a charakteristika srážek).

Nejčastěji sledovanou morfologickou charakteristikou z hlediska vlivu na vznik a intenzitu eroze je sklon, který se ukazuje jako zásadní z hlediska přechodu od narušení půdního povrchu k transportu erodovaných částic po svahu dolů [18]. Velikost sklonu pozemku či povodí má velký význam z hlediska účinnosti některých protierozních opatření [19]. Sklon povodí je významně spjat s využitím území [20]. Pozemky s vyšším sklonem, které jsou náhlnější ke vzniku intenzivní eroze, jsou často využívány způsobem, který naopak riziko eroze snižuje (vegetační kryt s vyšším půdoochranným účinkem). Z tohoto důvodu pak může paradoxně docházet k větším erozním škodám na pozemcích, kde není sklon příliš vysoký. V takovém případě roste vliv délky svahu a morfologie území.

Pro popis průběhu srážko-odtokových, erozních a transportních procesů v zájmovém území jsou významné morfometrické parametry. Z nich pak především tvar povodí a převažující tvar svahů (konvergentní/divergentní, konvexní/konkávní). Vliv tvaru povodí vyjádřený specifickou šířkou povodí

(plocha/délka povodí), planární křivostí (vyjadřující konvergenci/divergenci svahu), profilovou křivostí (vyjadřující konvexnost/konkávnost svahu), indexy vyjadřující hydrologické chování povodí a náhlnost na erozi a další morfometrické parametry na riziko a formu erozní události jsou posuzovány v řadě studií [21–26].

Využití území i způsob hospodaření hraje z hlediska ochrany před intenzivním erozním odtokem významnou roli. Během sledování vzniku povrchového odtoku v důsledku reálných srážek byl zjištěn přímý vztah mezi vegetačním krytem a objemem povrchového odtoku. Při zvýšení vegetačního krytu dojde ke snížení odtoku i transportovaného materiálu. Významný vliv přítomnosti a stavu vegetace na intenzitu eroze byl prokázán i v České republice v rámci experimentálního výzkumu [27].

Morfologické a morfometrické parametry, přítomnost a stav vegetace spolu s půdními vlastnostmi, intenzitou a četností srážek významně ovlivňují vznik a průběh srážko-odtokových a následně erozních epizod. Jednotlivé charakteristiky a vlastnosti povodí se vzájemně ovlivňují a spoluurčují výslednou míru ohroženosti dané lokality z hlediska vzniku intenzivního erozního odtoku.

METODIKA

WaTEM/SEDEM

WaTEM/SEDEM je erozní a transportní model, který je postavený na základě Revidovaná univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE) [8].

$$A = R \times K \times C \times LS \times P \quad (1)$$

A	je	průměrná ztráta půdy [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$],
R		faktor erozní účinnosti deštěm [$MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$],
K		faktor erodibility půdy [$t \cdot h \cdot MJ^{-1} \cdot cm^{-1}$],
LS		topografický faktor [-],
C		ochranný účinek vegetace [-],
P		faktor protierozních opatření [-].

Model využívá tzv. Multiple Flow algoritmus dělení odtoku [9]. Byla využita část modelu, která provádí distribuovaný výpočet ztráty půdy a transportu sedimentu (bez využití transportu sedimentu říční sítí nebo akumulace ve vodních nádržích). Říční síť a vodní nádrže byly do výpočtu zahrnuty v rámci využití území jako plocha, která negeneruje povrchový odtok ani erozní smyv, naopak erozní odtok vstupující do těchto ploch je zde ukončen a nepropaguje se dále do plochy povodí.

Model na rozdíl od GIS přístupu výpočtu pomocí RUSLE počítá v každém elementu transportní kapacitu (TC) a na jejím základě eroduje nebo sedimentuje v daném území.

$$TC = K_{TC} \times Ep_{rill} \quad (2)$$

T	je	transportní kapacita [$t \cdot ha^{-1} \cdot m^{-1}$],
K_{TC}		koefficient transportní kapacity [m],
Ep_{rill}		potenciál vzniku rýhové eroze [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$].

Datové podklady

Datové podklady pro výpočet vychází z požadavků výpočetního modelu (RUSLE jako součást modelu WaTEM/SEDEM). Data byla využita k zjištění následujících charakteristik.

Distribované hodnoty R faktoru v rozlišení 1 km pro modelované území byly odvozeny Hanelem [28]. Mapa R faktoru byla vypočtena podle původní Wischmeierovy metodiky zpracováním ombrometrických dat z 96 měrných stanic pro časové období 1989–2003. Byly vybrány srážkové události přesahující úhrn 12,5 mm, které zároveň dosahují maximální intenzity vyšší než 6 mm za 10 minut. Pro určení kinetické energie srážky byla využita novější metoda [29]. Průměrná hodnota R faktoru v České republice je 64 [MJ·ha⁻¹·cm·h⁻¹]. Data týkající se využití území vychází z dat Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED) v kombinaci s daty Veřejného registru půdy (LPIS, měřítko 1 : 10 000). Řešené území bylo rozděleno do základních kategorií využití území (orná půda, trvale travnatý porost, les atd.). Byly uvažovány obvyklé hodnoty C faktoru v České republice pro jednotlivé kategorie landuse [30]. Hodnota C faktoru pro ornou půdu byla určena jako průměrná hodnota podle osevního postupu [31] v každém okrese ČR v období 1995–2001. Digitální model terénu (DMT), který vznikl interpolací z vrstevnic (výškový krok 2 m, 1 : 10 000) byl využit pro odvození LS faktoru. Bezodtoká místa byla ošetřena v rámci programu ArcGIS. Výsledný DMT má rozlišení 10 m. Hodnoty K faktoru byly určeny podle národní metodiky [32]. Vstupními podklady byly mapy bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ, 1 : 5 000). Všechny datové vstupy pro výpočetní model WaTEM/SEDEM byly převedeny do rastrového formátu Idrisi (.rst) s rozlišením 10 m, které odpovídá rozlišení DMT.

Kritické body, určení kategorie hrozby

V rámci projektu, jehož cílem bylo určit míru ohroženosti intravilánu obcí intenzivním erozním odtokem, byly na území České republiky určeny tzv. kritické body – místa na okraji intravilánu obcí, kde lze očekávat vstup významného množství erozního odtoku spojeného s transportem erozních splavenin do obce.

Pomocí modelu WaTEM/SEDEM byla modelována eroze a transport sedimentu na celém území České republiky. Cílem bylo na základě výstupů z modelu jednotlivým kritickým bodům, resp. jejich povodím přiřadit významnost hrozby transportu sedimentu do intravilánu.

Pro správné nastavení hranic pěti kategorií hrozby (množství erozních splavenin vstupujících do intravilánu) byla vybrána tři testovací povodí, ve kterých bylo provedeno terénní šetření, během kterého byla kritickým povodím přiřazena skutečná kategorie hrozby (1–5) z hlediska erozního odtoku. Výsledky tohoto šetření byly konfrontovány s vypočtenými charakteristikami kritických povodí za účelem nalezení vhodného parametru pro rozdělení kritických povodí do kategorií hrozby.

Jako nejvhodnější pro popis hrozby transportu erozních splavenin fluvialním odtokem do intravilánu byl vybrán parametr Inflow (celkové množství sedimentu vstupující do zóny v okruhu 100 m od kritického bodu [t.rok⁻¹]).

Předpokládané rozložení pěti kategorií míry hrozby transportu sedimentu v databázi všech KB není rovnoměrné. Kritické body zařazené do nejvyšší kategorie 5, resp. kategorie 4 se objevují s výrazně nižší četností než body v kategorii 1, do které jsou zařazené body s velmi malou mírou rizika. Vzhledem k log-normálnímu rozložení hodnot Inflow a požadovanému logaritmickému průběhu počtu povodí v jednotlivých kategoriích hrozby byly nastaveny hraniční hodnoty pro jednotlivé kategorie (*tabulka 1*).

Posuzované charakteristiky povodí

Pro určení vlivu na riziko daného povodí z hlediska generování odtoku vody se sedimentem byla posuzována následující kritéria:

- Vlastnosti půdy jsou popsány pomocí K faktoru [t·h·MJ⁻¹·cm⁻¹]. Pro stanovení hodnot K faktoru byly využity mapy BPEJ v měřítku 1 : 5 000, ze kterých byly hodnoty K faktoru stanoveny [32].
- Charakteristiky srážek v lokalitě jsou pro analýzu vyjádřeny pomocí R faktoru [MJ·ha⁻¹·cm·h⁻¹]. Průměrná roční hodnota R faktoru pro každou lokalitu byla odvozena z mapy dlouhodobého R faktoru v České republice [28].
- Využití území ve studovaných povodích. Využití území bylo popsáno podílem orné půdy, lesa a trvale travnatých ploch v těchto povodích.
- Morfologické charakteristiky povodí byly do analýzy zahrnuty prostřednictvím hodnot průměrného sklonu povodí [%] a plochy povodí [ha].
- Z morfometrických charakteristik byla analyzována: specifická šířka povodí [m] – podíl plochy povodí a nejdelší odtokové dráhy, profilová křivost (ve směru maximálního sklonu) – Curve_{profile} a planární křivost (kolmo na směr maximálního sklonu) – Curve_{plane} [33].
- Dále byl uvažován hydrologický index SPI (Stream Power Index [m·rad]), který vyjadřuje erozní potenciál povrchového odtoku. Index, který zohledňuje sklon v daném místě povodí a odtokovou plochu, která tomuto místu odpovídá [34].

Charakteristiky, které nejvíce ovlivňují generování povrchového odtoku v povodí, je možné popsat řadou dalších kritérií, která často přesněji popisují sledovanou charakteristiku (např. osevní postup na jednotlivých pozemcích, půdní typ apod.). Studie je však zaměřena na možnost posouzení míry hrozby vzniku intenzivního odtoku pomocí běžně dostupných dat. Z tohoto důvodu byly sledované charakteristiky voleny tak, aby bylo možné je snadno získat a následně vyhodnotit pro řadu povodí různé velikosti.

Princip statistického zhodnocení vztahu mezi Inflow a charakteristikami povodí

Nejprve byla provedena jednoduchá korelační analýza vyjadřující vztah mezi sledovanou hodnotou Inflow (vyjadřující míru hrozby intenzivního erozního odtoku) a analyzovanými charakteristikami kritických povodí. Na základě výsledků jednoduché korelační analýzy byla provedena vícekritériální analýza. Cílem vícekritériální analýzy bylo analyzovat vzájemný vztah charakteristik kritických povodí a zjednodušit popis povodí nahrazením 11 charakteristik nižším

Tabulka 1. Hodnoty parametru Inflow a počet bodů pro jednotlivé kategorie hrozby
Table 1. Number of critical watersheds in five threat categories

	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4	Kategorie 5	Celkem
Rozsah hodnot Inflow [t.rok ⁻¹]	0–2	2–7	7–20	20–55	> 55	
Počet povodí	53 835	32 596	24 389	12 780	3 884	127 484

počtem tzv. hlavních komponent. Pro toto posouzení byla využita Analýza hlavních komponent (PCA), která je jednou z nejstarších a nejvíce používaných metod vícerozměrné analýzy dat [35]. Tato metoda převádí proměnné (charakteristiky kritických povodí) na hlavní komponenty, které jsou lineární kombinací původních proměnných s cílem zjednodušení popisu – snížení počtu proměnných. S využitím pěti komponent (z původního počtu 11 proměnných) je zajištěno vysvětlení 75% variability původních dat. Následně byl testován vztah těchto komponent k hodnotám Inflow, aby bylo možné vyjádřit, které charakteristiky povodí jsou z hlediska hrozby intenzivní eroze významné. Ke statistickým analýzám byl využit software R [36].

Tabulka 2. Korelační koeficienty mezi charakteristikami a hodnotou Inflow
Table 2. Correlation coefficients between catchment characteristics and Inflow

Parametr		R
K	[t.h.MJ ⁻¹ .cm ⁻¹ .rok ⁻¹]	0,11
R	[MJ.ha ⁻¹ .cm.h ⁻¹]	0,08
Sklon	[%]	0,13
Orná půda	[%]	0,13
Les	[%]	- 0,02
TTP	[%]	- 0,15
Plocha	[ha]	0,17
Curve _{plane}	[-]	- 0,10
Curve _{profile}	[-]	- 0,06
Spec. šířka	[m]	0,12
SPI	[m.rad]	0,30

Tabulka 3. Průměrné hodnoty sledovaných parametrů pro jednotlivé kategorie hrozby
Table 3. Average values of the analyzed characteristics in the five threat categories

Parametr		Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4	Kategorie 5
K	[t.h.MJ ⁻¹ .cm ⁻¹ .rok ⁻¹]	0,36	0,38	0,39	0,4	0,41
R	[MJ.ha ⁻¹ .cm.h ⁻¹]	63	64	65	67	69
Sklon	[%]	9	11	12	13	15
Orná půda	[%]	35	52	59	62	63
Les	[%]	30	28	25	25	27
TTP	[%]	35	20	17	14	11
Plocha	[ha]	7,12	9,7	14,24	19,77	30,81
Curveplane	[-]	0	0	- 0,01	- 0,01	- 0,02
Curveprofile	[-]	0	- 0,01	- 0,01	- 0,01	- 0,02
Spec. šířka	[m]	15	16	16	17	17
SPI	[m.rad]	1 257	2 057	2 697	3 728	5 571

Tabulka 4. Podíl variability vysvětlený jednotlivými komponentami
Table 4. The variability proportion explained by components (PC1–PC11)

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Vysvětlující podíl	0,24	0,16	0,14	0,12	0,08	0,07
Kumulativní vysvětlující podíl	0,24	0,4	0,54	0,66	0,75	0,81
	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11	
Vysvětlující podíl	0,06	0,05	0,05	0,02	0	
Kumulativní vysvětlující podíl	0,87	0,93	0,98	1	1	

VÝSLEDKY

Jednoduchá korelační analýza

Nejprve byla analyzována jednoduchá závislost hodnot Inflow na jednotlivých analyzovaných proměnných. Z výsledků korelační analýzy (tabulka 2) nebylo možno vypořádat významnou závislost hodnot Inflow na jednom vybraném parametru (střední závislost, $R \geq 0,4$). Tato skutečnost je dána komplexností fenoménu intenzivních srážko-odtokových a erozních událostí. Riziko erozní a transportní události je ovlivněno řadou faktorů, které jsou vzájemně propojeny. Reálně je vždy třeba řešit jednotlivé lokality individuálně a s ohledem na komplexní přístup.

Průměrné hodnoty parametrů (především zastoupení orné půdy, SPI, plocha povodí) pro všechny KB v jednotlivých kategoriích hrozby se více či méně odlišují. Z tabulky 3 je zřejmá významná změna v zastoupení základních kategorií využití území. S rostoucí kategorií hrozby roste podíl orné půdy a naopak klesá zastoupení trvale travnatých porostů. Podíl zastoupení lesa se výrazně nemění, resp. mírně klesá. Zároveň dochází s rostoucí kategorií rizika k mírnému nárůstu průměrného sklonu, specifické šířky povodí a značnému nárůstu plochy řešených povodí. Zásadním způsobem se zvyšuje hodnota hydrologického koeficientu SPI (průměrná hodnota pro povodí kategorie 5 je téměř čtyřnásobná než je tomu u kategorie 1). Hodnoty ostatních sledovaných proměnných se pro kategorie rizika mění málo.

Na základě analýzy datové sady téměř 130 000 lokality lze předpokládat, že vyšší míra hrozby intenzivního erozního odtoku bude u povodí, kde je kombinován vysoký podíl orné půdy, vyšší sklon povodí a jeho specifická šířka s velkou plochou povodí a vysokou hodnotou koeficientu SPI. Pro ověření tohoto předpokladu byla provedena vícekritériální analýza.

Analýza hlavních komponent

Výsledky PCA analýzy pro kompletní datovou řadu jsou znázorněny v *tabulce 4*. Z tabulky je zřejmé, že provázanost analyzovaných charakteristik a jejich vztah k navrženým komponentám je poměrně komplikovaný. Vysvětlující podíl prvních dvou komponent je poměrně nízký (PC1 24 %, PC2 16 %). Pro další analýzy bylo uvažováno prvních pět komponent, které vysvětlují 75 % variability 11 analyzovaných.

Z výsledků analýzy hlavních komponent (*tabulka 5*) je zřejmé, že první komponenta PC1 pozitivně koreluje se sklonem, zastoupením lesní plochy a hydrologickým koeficientem SPI v povodí. Naopak význam zastoupení orné půdy je ve vztahu k PC1 opačný. Komponenta PC1 může být popsána jako komponenta „využití území a sklonu“. Komponenta PC2 pozitivně koreluje s plochou a specifickou šířkou povodí a stejně jako PC1 s hodnotou hydrologického koeficientu SPI. Rovněž s hodnotou K faktoru vykazuje pozitivní korelaci k PC2, naopak podíl zastoupení trvale travnatého porostu koreluje s PC2 negativně. Komponenta PC2 je komponentou morfologických a morfometrických vlastností povodí. Třetí komponenta koreluje pozitivně s plochou povodí, specifickou šířkou a zastoupením trvale travnatých porostů, negativně s hodnotou K faktoru. Čtvrtá komponenta PC4 je komponentou křivosti, protože vykazuje významnou pozitivní korelaci s hodnotou planární i profilové křivosti. Komponenta PC5 koreluje pouze s hodnotou R faktoru a je proto nazývána komponentou erozní účinnosti deště.

Tabulka 5. Korelační koeficienty sledovaných charakteristik k 5 komponentám
Table 5. Correlation coefficients between the characteristics and components PC1–PC5

Parametr		PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
K	[t.h.MJ ⁻¹ .cm ⁻¹ .rok ⁻¹]	0,17	0,42	-0,53	0,21	0,22
R	[MJ.ha ⁻¹ .cm.h ⁻¹]	0,36	-0,26	0,06	0,07	0,87
Sklon	[%]	0,84	-0,04	-0,11	-0,01	-0,04
Orná půda	[%]	-0,84	0,34	-0,16	0,04	0,2
Les	[%]	0,8	0,19	-0,34	0,12	-0,21
TTP	[%]	0,2	-0,65	0,58	-0,19	-0,03
Plocha	[ha]	0,06	0,54	0,44	0,24	-0,02
Curveplane	[-]	-0,01	-0,3	-0,02	0,78	-0,06
Curveprofile	[-]	-0,14	-0,26	0,13	0,77	-0,08
Spec. šířka	[m]	-0,08	0,56	0,6	0,07	0,07
SPI	[m.rad]	0,6	0,5	0,37	0,06	0,04

Vztah hlavních komponent a Inflow

Pro určení významu jednotlivých komponent a tím nepřímo i zkoumaných charakteristik ve vztahu k hodnotě Inflow, byl stanoven korelační koeficient mezi hodnotami komponent (PC1 až PC5) a hodnotou Inflow. Výsledné korelační

Tabulka 6. Korelační koeficienty mezi komponentami a hodnotou Inflow
Table 6. Correlation coefficients between components and Inflow

R	
PC1	0,07
PC2	0,28
PC3	0,05
PC4	0,00
PC5	0,17

koeficienty uvedené v *tabulce 5* ukazují, že nejvýznamnější vzhledem k Inflow je druhá komponenta PC2 (R = 0,28), dále pak pátá komponenta PC5 (R = 0,17). Výrazně nižší význam vzhledem k Inflow mají první a třetí komponenta (PC1, PC3) s hodnotou korelačního koeficientu 0,05, resp. 0,07. Mezi čtvrtou komponentou PC4 a Inflow je korelace nulová.

Výsledky analýzy hlavních komponent spolu s hodnotami korelačních koeficientů mezi hodnotami hlavních komponent a Inflow (*tabulka 6*) ukazují, že největší význam z hlediska hrozby intenzivní eroze a erozního odtoku má komponenta PC2. Na základě hodnot korelací lze tedy předpokládat, že u povodí s morfologickými a morfometrickými vlastnostmi, které jsou z hlediska erozních vlastností nevhodné (velká plocha a sklon povodí, nevhodný tvar povodí), v kombinaci s malým zastoupením trvale travnatých ploch a špatných půdních vlastností z hlediska její eroze (vše PC2), případně rostoucí účinností srážek (PC5), bude větší riziko hrozby intenzivního erozního odtoku. Výsledky analýzy zároveň ukazují na značnou provázanost jednotlivých parametrů. Z tohoto důvodu není možné jednoduše definovat hraniční hodnoty jednotlivých parametrů, které zvyšují míru hrozby.

Příklady ohrožených lokalit

Výsledky analýzy ukazují na velkou variabilitu kombinací vlastností povodí, které způsobují riziko vzniku erozního odtoku v těchto lokalitách. Pro dokumentaci této variability byly vybrány tři lokality, které byly zároveň podrobeny terénnímu šetření. Vybrané lokality (stupeň hrozby 3–4) se odlišují svými vlastnostmi i kombinací charakteristik, které vedou k eroznímu ohrožení. Dále jsou na příkladu tří povodí dokumentovány možné chyby vzniklé během určování hrozny intenzivního erozního odtoku.

— Model podhodnocuje míru hrozby

V povodí (*obr. 3*) nedaleko obce Chlístovice (okres Kutná Hora, Středočeský kraj) je podle výpočetního modelu riziko hrozby vzniku intenzivního erozního odtoku na stupni 3 – střední. Podle statistického zhodnocení jsou rozhodujícími charakteristikami této lokality relativně velká rozloha povodí (56 ha), vysoké zastoupení orné půdy (99,4 %), nevhodný tvar povodí (specifická šířka povodí je 19,7 m) a vyšší erodibilita půdy (K faktor = 0,6 t.h.MJ⁻¹.cm⁻¹).

V rámci terénního šetření byla lokalita označena jako vysoce riziková (úroveň rizika 4–5). Důvodem tohoto zařazení je především nevhodný tvar povodí – dlouhý konvergentní svah. V lokalitě byly zaznamenány intenzivní erozní a odtokové události (podle informací místních obyvatel). Tuto skutečnost dokumentuje také budování záchytných příkopů (*obr. 4*).



Obr. 3. Větší povodí s vysokým zastoupením orné půdy
Fig. 3. Large catchment with high proportion of arable land



Obr. 5. Povodí nad obcí Opatovice
Fig. 5. Catchment flows into Opatovice



Obr. 4. Ochranný příkop nad obcí Chlístovice
Fig. 4. Ditch for protection of Chlístovice

— Model je ve shodě s terénním průzkumem

V povodí (obr. 5) u obce Opatovice (okres Kutná Hora, Středočeský kraj) je podle výpočetního modelu riziko hrozby intenzivního erozního odtoku na úrovni 5 – velmi vysoké. Podle statistické analýzy je hlavní charakteristikou, která zvyšuje míru rizika v lokalitě morfometrie povodí, konkrétně koeficient SPI (2100 m·rad). Vysoká míra hrozby intenzivního erozního odtoku zde vzniká i přes relativně malou plochu povodí (9,2 ha) a 30 % zastoupení travnatých porostů.

Rovněž v rámci terénního průzkumu byla lokalita označena jako vysoce riziková (stupeň hrozby 4–5). Jako problematické bylo během terénního šetření označeno především umístění budov přímo do údolnice.

— Nedostatků v datových podkladech a definici intravilánu

Jedná se o středně velké povodí vějířovitého tvaru nedaleko obce Černý (okres Kutná Hora, Středočeský kraj), které je z velké části zalesněno (obr. 6). Výpočetní model stanovil míru hrozby intenzivní eroze na úrovni 3 – střední. Rozhodujícími vlastnostmi jsou zde především morfologické a morfometrické vlastnosti povodí (plocha 130 ha, specifická šířka 20 m) v kombinaci s lesním porostem, který nemá z hlediska protierozní ochrany jednoznačný efekt. V důsledku těchto charakteristik stanovuje model střední míru hrozby i přes velmi malý sklon povodí.

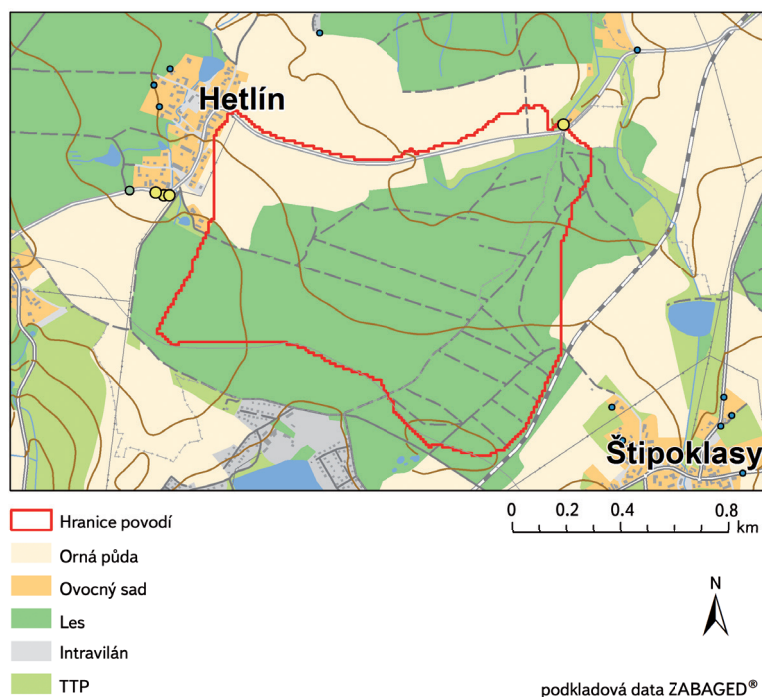
Tato lokalita byla v rámci terénního průzkumu vyhodnocena jako neo-hrožená lokalita. V místě uzávěrového profilu nebyla oproti datové nalezena obytná budova. Z tohoto důvodu povodí nespadá mezi lokality, které jsou v rámci projektu i následně analýzy vyhodnocovány.

DISKUSE

Rozsáhlý soubor téměř 130 000 lokalit, pro které byl pomocí erozního modelu WaTEM/SEDEM stanoven průměrný roční erozní odtok, byl využit pro analýzu vlivu vybraných charakteristik těchto lokalit na míru rizika vzniku intenzivního erozního odtoku.

V rámci analýzy bylo vybráno 11 parametrů, které mají vliv na erozní transportní chování povodí. Vzhledem k cíli práce byl vyhledán, stanoven a následně analyzován vliv faktorů, které je možné získat na základě běžně dostupných dat a informací o lokalitách. Parametry je možné rozdělit na: využití území (podíl zastoupení základních kategorií využití území), morfologické parametry (průměrný sklon, plocha povodí), morfometrické parametry (tvar povodí, tvar jednotlivých svahů), charakteristiku půdy a srážek v lokalitě.

V rámci jednoduché korelační analýzy nebyla zjištěna významná závislost parametru Inflow na žádné ze sledovaných charakteristik. Hodnoty korelačního koeficientu mezi jednotlivými parametry a Inflow mají značný rozptyl. Maximální hodnota ($R = 0,3$) byla zjištěna pro hydrologický koeficient SPI, který spojuje specifickou odtokovou plochu a sklon v povodí. Rovněž korelace mezi parametry navzájem jsou velmi proměnlivé. Z korelační matice je zřejmá slabá závislost ($R = 0,24$) mezi hodnotami R faktoru (resp. intenzitou a četností erozní významných srážek) a sklonem povodí. Tato skutečnost odpovídá podmínkám České republiky –



Obr. 6. Velké, rovinaté povodí s lesním porostem nad obcí Černíný
 Fig. 6. Large, flat, forest basin above Černíný

vyšší nadmořské výšky (horské a podhorské oblasti) jsou charakteristické většími průměrnými sklony pozemků a zároveň vyšší hodnotou R faktoru. Další významný vztah je mezi sklonem povodí a zastoupením jednotlivých kategorií využití území, především orné půdy a lesa. I tyto korelace ($R = -0,57$, resp. $0,57$) jsou ve shodě s podmínkami České republiky. Orná půda se vyskytuje především v rovinatých a mírně sklonitých územích převážně ve vnitrozemí. S rostoucí nadmořskou výškou roste zastoupení travnatých porostů a lesních ploch.

Sledujeme-li průměrné hodnoty charakteristik pro jednotlivé kategorie rizika, je možné vypočítat nárůst nebo naopak pokles průměrných hodnot vybraných charakteristik. Dochází k nárůstu zastoupení orné půdy, roste průměrný sklon povodí a výrazně roste průměrná hodnota koeficientu SPI. Právě nárůst průměrné hodnoty je nejvýraznější, průměrná hodnota SPI v kategorii 5 je 6000, což je 4x vyšší než průměrná hodnota v kategorii 1.

Výsledky následné vícekritériální analýzy metodou hlavních komponent (PCA) opět poukazují na to, že riziko vzniku intenzivního erozního odtoku v dané lokalitě vzniká souhrou řady faktorů. Jedenáct sledovaných charakteristik povodí je v rámci PCA analýzy transformováno na 11 komponent. Vysvětlující podíly jednotlivých komponent jsou nízké (PC1 24 %, PC2 16 %). K vysvětlení 75 % variability dat je třeba uvažovat pět komponent, dvě hlavní komponenty (PC1 a PC2) dohromady vysvětlují jen 40 % variability.

Uvažujeme-li, že komponenta vysvětluje ty charakteristiky, k nimž má korelační koeficient $R > 0,4$, je zřejmé, že komponenty PC1, PC2 a PC3 mají vztah k řadě charakteristik, komponenta PC4 vysvětluje křivost povodí a PC5 má vztah k srážkovým charakteristikám (tabulka 4). Všechny sledované charakteristiky jsou významné pro některou z pěti komponent vysvětlujících 75 % variability dat.

Nejvíce vysvětlující je koeficient SPI, který vykazuje vysokou míru korelace s prvními dvěma hlavními komponentami (PC1 a PC2). Naopak nejasný je význam kvality půdy (K faktoru) a podílu zastoupení trvale travnatého porostu, které vykazují významnou korelaci ($R > 0,4$) k dvěma komponentám PC2 a PC3, ale s opačným znaménkem (pozitivní/negativní korelace).

Pro zjištění míry významnosti jednotlivých charakteristik na míru ohrožení intenzivním erozním odtokem byla zjištěna korelace hodnot pěti významných

komponent k hodnotě Inflow, která míru rizika vyjadřuje (tabulka 5). Korelační koeficienty všech pěti sledovaných komponent s hodnotami Inflow jsou poměrně nízké, což opět dokumentuje, že erozní riziko závisí na řadě faktorů. Tato analýza ukazuje nulový vztah hodnot Inflow ke komponentě PC4, což vyjadřuje nízký význam hodnot průměrné křivosti povodí na míru hrozby vzniku intenzivního erozního odtoku. Velmi nízkých korelací bylo dosaženo také v případě komponenty PC3 ($R = 0,05$) a PC1 ($R = 0,07$). Jako relativně významná se ukazuje především komponenta PC2 ($R = 0,28$) a PC5 ($R = 0,17$). V důsledku malého R pro PC3 a naopak relativně vysokého R pro PC2 lze konstatovat, že kvalita půdy (hodnota K faktoru) koreluje s Inflow pozitivně a naopak zastoupení travnatých porostů vykazuje s Inflow negativní korelaci.

Z kombinace analýzy hlavních komponent v kombinaci s korelací komponent s hodnotami Inflow vyplývá, že nejvýznamnějšími vlastnostmi povodí z hlediska míry rizika vzniku intenzivní eroze jsou morfometrické charakteristiky (tvar povodí vyjádřený specifickou šířkou a sklon v různých částech svahu vyjádřený koeficientem SPI), plocha povodí kvalita půdy a zastoupení travnatých ploch. Významný vliv má rovněž charakteristika srážek. V řadě prací se jeví právě intenzita srážky jako faktor, který má vliv na množství odtoku [19], průběh erozní události a intenzitu transportu erodovaného materiálu [18], ale i vlastnosti vzniklého odtoku a jeho erozní potenciál [37].

Jako méně významné se ukazuje využití území, resp. podíl zastoupení orné půdy a lesních porostů. Landuse obecně má zcela zásadní vliv na erozně transportní chování v lokalitě [1]. Využití území je však významně svázáno s dalšími charakteristikami (sklon, kvalita půdy, způsob obhospodařování apod.), které mohou obecně popsané chování jednotlivých kategorií zcela zásadně ovlivnit. Příkladem je studie [20], ve které byla dokumentována vysoká intenzita eroze na pozemcích s křovinami a zahradami. Důvodem je výskyt těchto kategorií na výrazně sklonitých svazích a v případě zahrad pak jejich nevhodné intenzivní obhospodařování. Zároveň nebyl prokázán významný vliv sklonu na velikost rizika eroze. Existuje řada studií, které prokazují přímý vliv sklonu svahu na intenzitu eroze [18, 37]. Stejně jako je tomu u využití území, je vliv sklonu ovlivněn (pozitivně i negativně) dalšími parametry. Výrazně vysoké sklony svahů jsou často kombinovány s ochranným faktorem vegetace a největší podíl eroze je pak generován na středně sklonitých pozemcích [20]. Z analýzy plyne, že sklon v povodí ovlivňuje riziko eroze především v kombinaci s velikostí odtokové plochy prostřednictvím koeficientu SPI.

Prezentované analýzy poukazují na skutečnost, že míra hrozby vzniku intenzivního erozního odtoku je ovlivněna řadou charakteristik povodí, které vzájemnou interakcí výslednou míru hrozby determinují. Lze vypočítat vzájemné souvislosti mezi vybranými vlastnostmi povodí a výslednou mírou hrozby. Variabilita kombinací těchto vlastností je však natolik velká, že predikce výsledné míry hrozby pouze na základě těchto vlastností je značně komplikovaná a může vést k nepřesným výsledkům. Stejně nepřesnosti můžeme ale často pozorovat i u výsledků matematických modelů popisujících srážko-odtokové a erozní události. Příklad nesouladu modelované míry hrozby a reálné situace *in-situ* je uveden v předcházející kapitole. Důvodem vzniku těchto chyb může být například využití obecného erozního modelu bez validace na konkrétní podmínky v lokalitě (příklad povodí Chlístovice). Nedostatečná kvalita datových podkladů pro model a chyby v těchto podkladech mohou rovněž značně ovlivňovat kvalitu jeho výstupů (příklad lokalita Černíný).

Pro kvalitní popis hrozby vzniku erozního odtoku a následně ohrožení intravilánu obcí těmito událostmi je třeba vždy postupovat velmi obezřetně. Analýzy obecných vlastností lokality je možné využít pro její obecné zařazení mezi místa podezřelá z hlediska erozní hrozby. Následně využití matematického modelu je dobrým nástrojem pro podrobnější definování míry hrozby a rozdělení souboru lokalit do kategorií podle úrovně hrozby. Pro kvalitní posouzení míry hrozby v konkrétních lokalitách a případný návrh možné ochrany těchto míst je vždy třeba provést místní šetření, které ověří správnost výsledků modelu a kvalitu datových podkladů.

ZÁVĚR

Průměrné povodí produkující nebezpečné hodnoty smyvu je povodí s velkou plochou, vějířovitého tvaru s vysokým sklonem ve spodních částech povodí, nízkým zastoupením TTP. Významnou roli hraje také vysoká erodibilita půdy a výskyt intenzivních srážkových událostí.

Z hlediska produkce a transportu splavenin jsou klíčové morfometrické vlastnosti (tvar povodí a sklonové poměry především v blízkosti uzávěrového profilu povodí), velikost povodí a využití území a kvalita půdy a její náchylnost k erozi.

Pomocí jednoduché analýzy lokality na základě všeobecně dostupných dat (digitální model terénu, půdní data, informace o srážkových událostech) není možné spolehlivě určit míru hrozby vzniku intenzivního erozního odtoku s přesností, které je dosaženo matematickým modelováním. Tyto jednoduché analýzy jsou vhodným nástrojem pro vytipování menších lokalit, které jsou podezřelé z hlediska vzniku intenzivní eroze a transportu splavenin jako podklad pro následnou aplikaci podrobnějšího výpočetního modelu.

Literatura

- [1] TOY, T.J., FOSTER, G.R., and RENARD, K.G. *Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 2002.
- [2] OECD, *Environmental Performance of Agriculture at a Glance*. Paris: OECD Publications, 2008, 126 p. Dostupné z: <http://www.oecd.org/dataoecd/61/28/40953155.pdf>
- [3] BOARDMAN, J. and POESEN, J. *Soil Erosion in Europe: Major Processes, Causes and Consequences*. In: *Soil Erosion in Europe* (eds J. Boardman and J. Poesen). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2006. DOI: 10.1002/0470859202.ch36.
- [4] *Erozní smyv* [online]. Praha: VÚV TGM, 2015 [cit. 2016-09-01]. Dostupné z: <http://www.heisvuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/eroznismyv/>
- [5] WISCHMEIER, W.H. and SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook* no. 537. Washington: Us dept. of agriculture, 1978.
- [6] VAN OOST, K., GOVERS, G., and DESMET, P. Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology*, 2006, Vol. 15, No. 6, p. 579–591. DOI 10.1023/A:1008198215674.
- [7] MERRITT, W., LETCHER, R., and JAKEMAN, A. A review of erosion and sediment transport models. *Environmental Modelling & Software*, 2003, 18, p. 761–799.
- [8] RENARD, K.G., FOSTER, G.R., WEESIES, G.A., MCCOOL, D.K., and YODER, D.C. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *Agriculture Handbook* no. 703. Washington: USDA, 1997. ISBN 0-16-048938-5.
- [9] DESMET, P.J.J., GOVERS, G. A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS-factor on topographically complex landscape units. *Journal of soil and water conservation*, 1996, Vol. 51, No. 5, p. 427–433.
- [10] VAN ROMPAEY, A., VERSTRAETEN, G., VAN OOST, K., GOVERS, G., and POESEN, J. Modeling mean annual sediment yield using a distributed approach. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2001. Vol. 26, No. 11, p. 1221–1236. DOI: 10.1002/esp.275.
- [11] VERSTRAETEN, G., VAN OOST, K., VAN ROMPAEY, A., POESEN, J., and GOVERS, G. Evaluating an integrated approach to catchment management to reduce soil loss and sediment pollution through modeling. *Soil Use and Management*, 2002, Vol. 18, No. 4, p. 386–394. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2002.tb00257.x.
- [12] DE VENTE, J., et al. Predicting soil erosion and sediment yield at regional scales: Where do we stand? *Earth-Science Reviews*, 2013, 127, p. 16–29. DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.08.014.
- [13] VAN ROMPAEY, A.J.J., KRASA, J., DOSTAL, T., and GOVERS, G. Modeling Sediment Supply to Rivers and Reservoirs in Eastern Europe during and after the Collectivisation Period. *Hydrobiologia*, 2003, 494, p. 169–176. ISSN 0018-8158. DOI 10.1007/978-94-017-3366-3_23.
- [14] KRASA, J., DOSTAL, T., VRANA, K., VAŠKA, J., and VAN ROMPAEY, A. Reservoirs' Siltation Measurements and Sediment Transport Assessment in the Czech Republic, the Vrchlice Catchment Study. *Catena*, 2005, Vol. 64, No. 2, p. 348–362. DOI: 10.1016/j.catena.2005.08.015.
- [15] VAN ROMPAEY, A., KRASA, J., DOSTAL, T. Modeling the Impact of Land Cover Changes in the Czech Republic on Sediment Delivery. *Land Use Policy*, 2007, Vol. 24, No. 3, p. 576–583. ISSN 0264-8377.
- [16] KRASA, J., et al. Modelling of Sediment and Phosphorus Loads in Reservoirs in the Czech Republic. In: Fullen, M.A., et al., eds. *Advances in GeoEcology*, 2015, 44, p. 21–34. ISBN 978-3-923381-62-3.
- [17] CERDAN, O., LE BISSONNAIS, Y., COUTURIER, A., and SABY, N. Modelling interrill erosion in small cultivated catchments. *Hydrological Processes*, 2002, 16, p. 3215–3226.
- [18] MAHMOODABADI, M. and SAJJADI, S.A. Effects of rain intensity, slope gradient and particle size distribution on the relative contributions of splash and wash loads to rain-induced erosion. *Geomorphology*, 2016, 253, p. 159–167. DOI 10.1016/j.geomorph.2015.10.010.
- [19] LIU, Q.J., et al. Influence of microtopography, ridge geometry and rainfall intensity on soil erosion induced by contouring failure. *Soil & Tillage Research*, 2014, 136, p. 1–8. DOI: 10.1016/j.still.2013.09.006.
- [20] WU, X. and WANG, X. Spatial Influence of Geographical Factors on Soil Erosion in Fuyang County, China. 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011). *Procedia Environmental Sciences*, 2011, 10, p. 2128–2133. DOI: 10.1016/j.proenv.2011.09.333.
- [21] CHAPLOT, V. Impact of terrain attributes, parent material and soil types on gully erosion. *Geomorphology*, 2013, 186, p. 1–11. DOI:10.1016/j.geomorph.2012.10.031.
- [22] MILEVSKI, I. Estimation of Soil Erosion Risk in the Upper Part Of Bregalnica Watershed-Republic of Macedonia, Based on Digital Elevation Model and Satellite Imagery. In: *5th International Conference on Geographic Information Systems (ICGIS-2008)*, 2008, 5, p. 1–8.
- [23] CONFORTI, M., et al. Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in the Turbolo stream catchment. *Natural Hazard*, 2011, Vol. 56, No. 3, p. 881–898. DOI: 10.1007/s11069-010-9598-2.
- [24] CHANDRASHEKARA, H., et al. GIS-Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka. In: *Aquatic Procedia: International Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering 2015*, 2015, 4, p. 1345–1353. DOI:10.1016/j.aqpro.2015.02.175.
- [25] RAHAMANA, S.A., et al. Prioritization of Sub Watershed Based on Morphometric Characteristics Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Geographical Information System – A Study of Kallar Watershed, Tamil Nadu. In: *Aquatic Procedia: International Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering (Icwrcoe 2015)*, 2015, 4, p. 1322–1330. DOI:10.1016/j.aqpro.2015.02.172.

[26] DEVÁTÝ, J. Landscape morphology assessment in GIS in terms of susceptibility to the runoff phenomenon. *Diploma thesis*, 2011, Prague. (In Czech)

[27] DAVIDOVÁ, T., et al. Determining the protective effect of agricultural crops on the soil erosion process using a field rainfall simulator. *Plant Soil Environment*, 2015, Vol. 61, No. 3, p. 109–115. DOI: 10.17221/903/2014-PSE.

[28] KRASA, J., et al. Rainfall erosivity research on the territory of the Czech Republic. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., eds. *Mendel a bioklimatologie*. Brno, 2014. ISBN 978-80-210-6983-1.

[29] VAN DIJK, A.I.J.M., BRUIJNZEEL, L.A., and ROSEWELL, C.J. Rainfall intensity – kinetic energy relationships: a critical literature appraisal. *Journal of Hydrology*, 2002, 261, p. 1–23. DOI 10.1016/S0022-1694(02)00020-3.

[30] KRASA, J. Empirical models of water erosion in the Czech Republic – Tools, data, options and calculation risks. *Habilitation thesis*. CTU Prague: Faculty of Civil Engineering, 2010, 159. (In Czech)

[31] DOSTÁL, T., et al. *Methods and techniques of prediction of surface runoff, erosion and transport processes in landscape, project research report COST 634*. CTU Prague: Faculty of Civil Engineering, 2006.

[32] JANEČEK, M., et al. *Protection of agricultural land from erosion*. Certificated methodology. Prague: Czech University of Life Science, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9. (In Czech)

[33] MOORE, I.D., BURCH, G.J., and MACKENZIE, D.H. Topographic effects on the distribution of surface soil water and the location of ephemeral gullies. *Transactions of the ASAE*, 1988, 32, p. 1098–1107.

[34] HENGL, T., GRUBER, S., and SHRESTHA, D.P. Digital Terrain Analysis in ILWIS, Lecture notes and user guide, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, NL. [online]. 2003. Dostupné z: www.itc.nl/library/Papers_2003/misca/hengl_digital.pdf

[35] JAMBU, M. *Exploratory and Multivariate Data Analysis*. Academic, Orlando, FL, 1991.

[36] R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2014. Dostupné z: <http://www.R-project.org/>.

[37] SHENA, H., et al. Impacts of rainfall intensity and slope gradient on rill erosion processes at loessial hillslope. *Soil & Tillage Research*, 2016, 115, p. 429–436. DOI: 10.1016/j.still.2015.09.011.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen projekty SGS14/180/OHK1/3 T/11 Srážko-odtokové, erozní a transportní procesy – experimentální výzkum, NAZV QJ1330118 Monitoring erozního poškození půdy a projevů eroze pomocí metod DPZ a VG20122015092 – Erozní smyv – zvýšené riziko ohrožení obyvatel a jakosti vody v souvislosti s očekávanou změnou klimatu. Metodicky byly využity i výsledky projektu QJ1230056 Vliv očekávaných klimatických změn na půdy ČR a hodnocení jejich produkční funkce.

Autoři článku by rádi poděkovali všem partnerům, kteří se podíleli na řešení projektu VG20122015092, zejména Mgr. Pavlu Rosendorfovi, doc. Ing. Martinu Hanelovi, Ph.D., Ing. Jiřímu Pickovi, Ing. Janu Devátému, Ing. Ludkovi Strouhalovi, Ing. Martinu Dočkalovi, Ph.D., a dalším kolegům.

Autoři

Ing. Barbora Jáchymová

✉ barbora.jachymova@fsv.cvut.cz

doc. Ing. Josef Krása, Ph.D.

✉ josef.krasa@fsv.cvut.cz

doc. Dr. Ing. Tomáš Dostál

✉ tomas.dostal@fsv.cvut.cz

Ing. Miroslav Bauer

✉ miroslav.bauer@fsv.cvut.cz

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeli-orací a krajinného inženýrství

Příspěvek prošel lektorským řízením.

THE IMPORTANCE OF CATCHMENT CHARACTERISTICS IN TERMS OF INTENSIVE EROSION RUNOFF FORMATION THREAT LEVEL

JACHYMOVA, B.; KRASA, J.; DOSTAL, T.; BAUER, M.

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Irrigation, Drainage and Landscape Engineering

Keywords: soil erosion – catchment characteristics – Principal Components Analysis – sediment transport

We located almost 130 000 critical localities near to urban areas where eroded material can enter the urban area. These localities were divided into five threat categories. Detailed modelling by WaTEM/SEDEM provided an extensive database of almost 130 000 micro catchments with outlet profiles threatened by intensive erosion runoff, and classified by five categories of threat for infrastructure damages. The dataset provided data for further analysis. The questions were: What are typical characteristics of a catchment that produces a dangerous amount of eroded material? Which catchment parameters are crucial for the production and transport of sediment by surface runoff? Is it possible to identify a reliable risk point and an appropriate drainage area (catchment) using simple methods based on widely available parameters? Our analysis, which focuses on evaluating selected factors in terms of their impact on the intensive erosion runoff threat rate, considers 11 characteristics describing land use, morphological, morphometric, soil, and precipitation characteristics. The results show that a typical watershed producing a dangerous amount of eroded material is a large convergent area with a steep slope close to the outlet, and with low proportion of grassland. The soil erodibility and the frequency of intensive rainfall events are also important factors.



Proudění v oblouku Podkrušnohorského přivaděče

MARTIN KRÁLÍK, TOMÁŠ KAŠPAR, MICHAEL MILDNER

Klíčová slova: fyzikální modelování – matematické modelování – modelová podobnost – obdélníkové koryto – proudění v oblouku – rychlostní pole

SOUHRN

Článek se zabývá hydraulickým výzkumem proudění v oblasti oblouku v lokalitě Podkrušnohorského přivaděče (PKP IV – ř. km 2,812–2,736). Koryto přivaděče v oblouku je lichoběžníkového průřezu se sklonem stěn 9 : 1. Proudění je převážně bystřinného charakteru.

Měření probíhala na fyzikálním modelu v měřítku 1 : 15, který byl postaven členy katedry hydrotechniky ve vodohospodářské laboratoři Fakulty stavební, ČVUT. Na fyzikálním modelu byly měřeny rychlosti a hladiny v celkem devíti profilech. Dále byl sestaven 3D matematický model v programu Ansys CFX, na kterém je možné kromě rychlostí a hladin pozorovat tvar proudového pole. Cílem výzkumu je vyhodnocení proudění v oblasti oblouku v režimu bystřinného proudění pomocí metod hybridního modelování a také verifikace matematického modelu pomocí hodnot naměřených na modelu.

ÚVOD

Přivaděč je soustava vodních kanálů, podzemních potrubí, nádrží a akvaduktu na Mostecku. Jeho výstavba probíhala v letech 1957–1982. Soustava se skládá z Přivaděče průmyslové vody a z Podkrušnohorského přivaděče. Účelem této 33,8 km dlouhé soustavy kanálů je ochrana před průnikem povrchových vod do hnědouhelných lomů Libouš, Šverma, Obránců míru a ČSA. Další funkcí je přivádět vodu z povodí řeky Ohře pro průmysl na Chomutovsku a Mostecku.



Obr. 1. Podkrušnohorský přivaděč

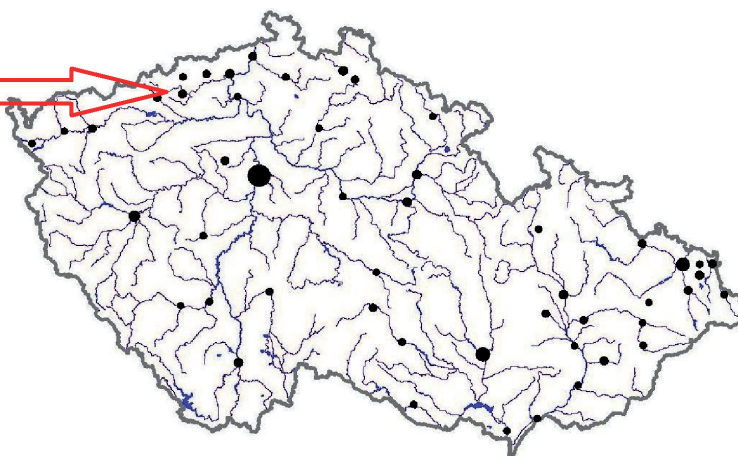
Fig. 1. Podkrušnohorský canal

Zkoumaný oblouk se nachází v úseku PKP IV – ř. km 2,812–2,736, který se nachází u obce Vysoká Pec (obr. 1, 2). Úsek má lichoběžníkový profil se sklonem stěn 9 : 1 a šířky ve dně 3,6 m, podélný sklon je 4,7 %, poloměr oblouku je 60 m. Jeho celková délka je necelých 80 m [1].



Obr. 2. Mapa PKP

Fig. 2. Map of PKP



Tabulka 1. Měřené rychlosti – profil 6
Table 1. Measured velocity – profile 6

Rychlosti profil 6

Úroveň [m]	P1 [m/s]	P2 [m/s]	P3 [m/s]	P4 [m/s]	P5 [m/s]
0,375	6,78	7,17	7,82	7,86	6,89
0,600	7,20	7,98	8,21	8,25	6,97
0,750	7,24	7,98	8,06	8,17	7,09
0,900	7,36	7,90	7,94	8,02	7,44
1,200	7,17	7,71	7,71	7,90	7,44
1,350	7,09	7,55	7,67	7,86	7,63
1,500	6,97	7,44	7,47	7,75	
1,650	6,82	7,32	7,55		

FYZIKÁLNÍ MODEL

Modelové podmínky

Model byl sestaven členy katedry hydrotechniky ve vodohospodářské laboratoři Fakulty stavební, ČVUT v rámci výzkumného projektu PPV a PKP – doplnění bezpečnostních prvků v korytě toku.

Pro fyzikální model bylo zvoleno měřítko 1 : 15 a přístup podle Froudova zákona podobnosti. U tohoto typu modelové podobnosti jsou vyjádřeny podmínky dynamické podobnosti hydrodynamických jevů za výhradního působení gravitačních sil.

Kromě gravitačních sil však mohou zkoumané proudění ovlivňovat i další síly – odpor třením vazké kapaliny, síly kapilární, síly objemové apod. Podle Froudova zákona podobnosti můžeme určitý hydrodynamický jev zkoumat tehdy, jestliže účinky těchto sil jsou zanedbatelné v porovnání s gravitačními silami. Mezní podmínky vymezují oblasti a měřítka, v nichž lze hydrodynamický jev modelovat.

Kinematicky podobné jevy, které ovlivňuje výhradně gravitační síla, jsou dynamicky podobné, jestliže ve vzájemně příslušných průřezech budou stejná Froudova čísla. Fyzikální model v měřítku 1 : 15 odpovídá všem podmínkám [2, 3].

Na základě modelových podobností vyplývají pro použité geometrické měřítko 1 : 15 následující podmínky:

$$\text{Geometrické měřítko:} \quad M_h = M_l = M_b = 15$$

$$\text{Měřítka rychlostí:} \quad M_v = M_l^{1/2} = 3,87$$

$$\text{Měřítka průtoků:} \quad M_Q = M_l^{3/2} = 871,42$$

$$\text{Měřítka časů:} \quad M_t = M_l^{1/2} = 3,87$$

Popis modelu

Model, viz obr. 3, je tvořen ukliďňovací a nátokovou nádrží, celkem 21 příčnými profily vymezujícími tvar modelu (10 profilů před objektem (vývarem) tvořící zatáčku, 6 profilů objektových a 5 profilů za objektem). V rámci této práce je pozornost zaměřena pouze na prvních 10 profilů před objektem vývaru.

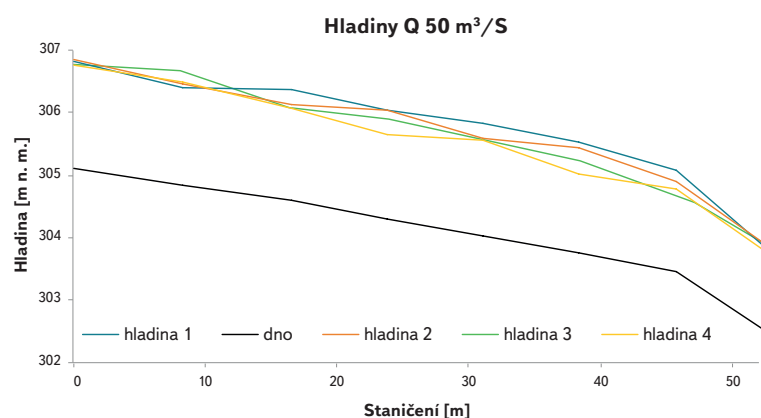


Obr. 3. Fyzikální model PKP
Fig. 3. Physical Model of PKP

Měřené veličiny

Rychlostní pole bylo měřeno pomocí dvou hydrometrických vrtulek typu STS 005 firmy Erfinsinger electronic GmbH a dataloggeru. Získaná hodnota rychlosti je průměrná hodnota z 30 sekund měření. Měření probíhalo v každém profilu v 5 bodech v jednotlivých hloubkách. Rastr měření je vidět v tabulce 1. Celkem bylo měřeno 8 profilů, a to profil č. 3 až profil č. 10.

Měřené hloubky (obr. 4) byly převzaty z předešlých měření v rámci výzkumného projektu PPV a PKP – doplnění bezpečnostních prvků v korytě toku. Polohy hladin byly měřeny v každém profilu ve čtyřech bodech. Jako měřicí zařízení sloužily ultrazvukové sondy. Frekvence odečtu sond je 10 Hz a hodnoty hladin jsou následně získány jako průměr přes 10sekundový interval na každém profilu.



Obr. 4. Podélný profil
Fig. 4. Longitudinal profile

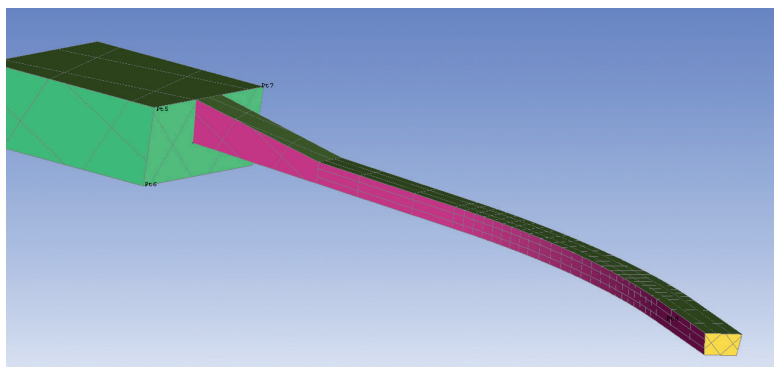
Měření probíhala v ustáleném režimu, kdy byla horní okrajová podmínka nastavena průtokem. Dolní okrajová podmínka byla tvořena nezatopeným výtokem.

Rychlostní pole na modelu bylo měřeno celkem na šesti průtocích, a to 5, 10, 20, 30, 40 a 50 m³.s⁻¹.

MATEMATICKÝ MODEL

V rámci výzkumu byl sestaven matematický model, který se skládá z nátokové nádrže a zkoumané části oblouku ukončené před vývarem (obr. 5).

Výpočetní síť byla vytvořena v programu *ICEM CFD*, který je součástí platformy *ANSYS Workbench*. Byla vytvořena strukturovaná síť (mesh) o maximální velikosti elementu 1 m. V místě oblouku byla síť zahuštěna na maximální velikost elementu 30 cm, aby nedocházelo ke zkreslení proudění v oblouku. Celkový počet elementů tak dosáhl 1126315.

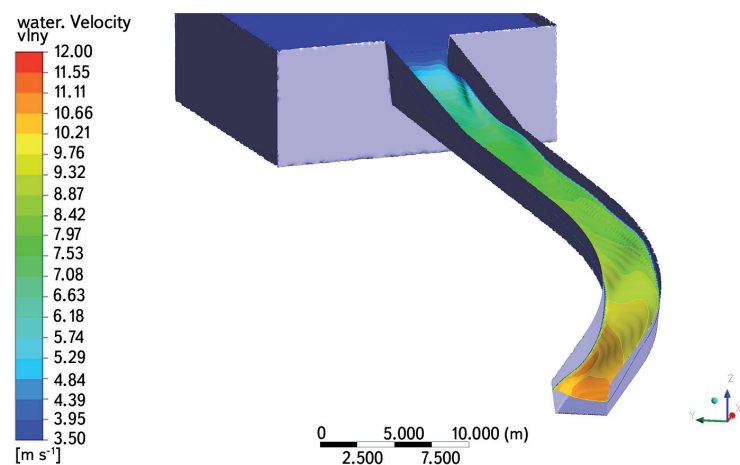


Obr. 5. Geometrie matematického modelu

Fig. 5. Geometry of the numerical model

Pro samotný výpočet byl použit program *CFX*, který je také součástí platformy *ANSYS Workbench*. Horní i dolní okrajová podmínka byla nastavena pomocí hladiny, které na fyzikálním modelu odpovídaly průtoku $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tento průtok pak sloužil pro kalibraci modelu. Kalibrace probíhala pomocí drsnosti stěn, kde počáteční hodnota drsnosti 0,014 byla měněna až na tzv. hladkou stěnu (no slip wall) [4, 5].

Model byl nastaven tak, aby umožňoval proudění s volnou hladinou (dvoufázové proudění voda-vzduch). Samotný výpočet je nastavený jako ustálené proudění.



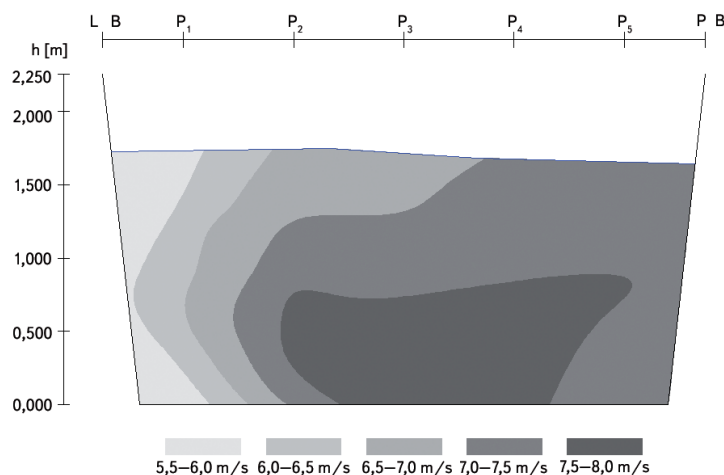
Obr. 6. Tvar hladiny z matematického modelu

Fig. 6. The shape of water level of the numerical model

VYHODNOCENÍ

Rychlostní pole byla vyhodnocena pro návrhový maximální průtok $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Rychlosti byly vykresleny pomocí plošné interpolace do jednotlivých profilů (obr. 6 a 7). Maximální rychlosti dosahovaly téměř $9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Rozložení rychlostí v jednotlivých profilech je plynulé, z toho lze vyvodit, že v celém oblouku nedochází k velkým turbulencím.

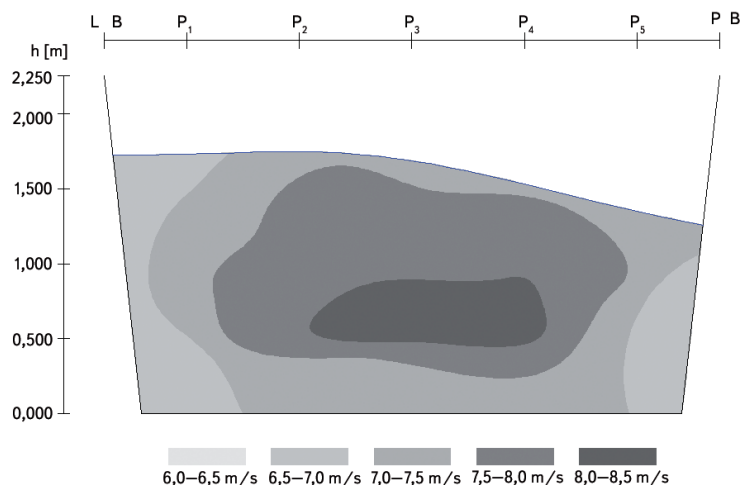
PROFIL 3



Obr. 7. Rychlosti profil 3

Fig. 7. The velocity profile 3

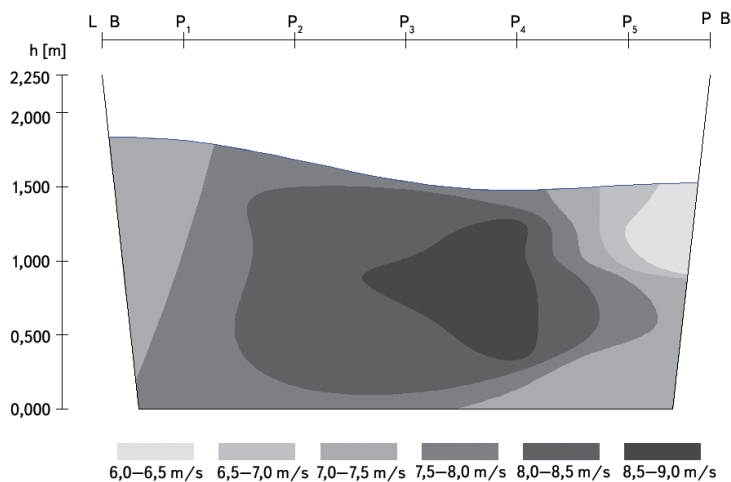
PROFIL 6



Obr. 8. Rychlosti profil 6

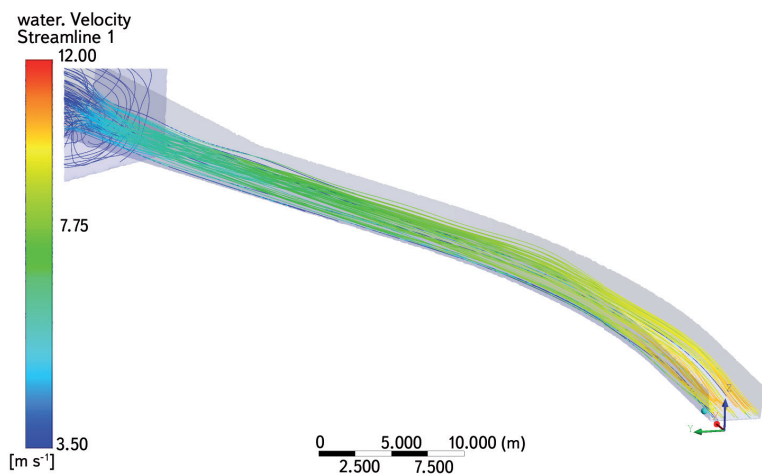
Fig. 8. The velocity profile 6

PROFIL 9



Obr. 9. Rychlosti profil 9
Fig. 9. The velocity profile 9

Matematický model umožnil popsat proudová pole. Na základě pozorování hladiny se očekávalo značně turbulentní proudění a šroubovitý tvar proudnic v druhé polovině oblouku. Oproti tomuto předpokladu se ukázalo, že proudnice jsou téměř plynulé a jsou plynulé v celé délce oblouku, viz obr. 8, 9 a 10.



Obr. 10. Proudnice
Fig. 10. Streamline

ZÁVĚR

V rámci výzkumu bylo zkoumáno proudění v oblouku s velkým sklonem dna a bystřinným charakterem proudění. Metodou hybridního modelování bylo možné vyhodnotit nejen rychlosti v jednotlivých profilech, ale také proudová pole v tomto úseku, které bylo možno určit po úspěšné verifikaci matematického modelu z naměřeného průběhu hladiny na fyzikálním modelu. Výzkum ukázal, že při vysokém sklonu dna i při velkých průtocích nedochází k turbulentnímu proudění v obloucích.

Literatura

- [1] SATRAPA, L. aj. *PPV a PKP – Doplnění bezpečnostních prvků v korytě toku*. Praha: ČVUT, 2014.
- [2] ČÁBELKA, J. a GABRIEL, P. *Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice (I) Výzkum na hydraulických modelech a ve skutečnosti*. Praha: Academia, 1987.
- [3] KOLÁŘ, V., PATOČKA, C. a BÉM, J. *Hydraulika*. Bratislava: Státní nakladatelství technické literatury (SNTL), 1983.
- [4] ANSYS, Inc. *ANSYS CFX Tutorials*. Release 15. 0. U.S.A., 2013.
- [5] ANSYS, Inc. *ANSYS CFX – Solver Modeling Guide*. Release 15. 0. U.S.A., 2013.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu SGS16/059/OHK1/1T/11 Výzkum hydraulicky komplikovaného proudění vody na hydrotechnických stavbách.

Autoři

Ing. Martin Králík, Ph.D.

✉ martin.kralik@fsv.cvut.cz

Ing. Tomáš Kašpar

✉ tomas.kaspar@fsv.cvut.cz

Ing. Michael Mildner

✉ michael.mildner@fsv.cvut.cz

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydrotechniky

Příspěvek prošel lektorským řízením.

FLOW OF THE CURVE OF THE PODKRUŠNOHORSKÝ CANAL

KRALIK, M.; KASPAR, T.; MILDNER, M.

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Hydraulic Structures

Keywords: physical modelling – mathematical modelling – model similarity – canal – flow of the curve – flow field

This article pursues the hydraulic research of flow of the curve in the Podkrušňohorský canal (PKP). Measurements were conducted on a physical model, which was built by members of the department of Hydraulic Structures in water management laboratory of the Faculty of Civil Engineering, CTU. There was also assembled a 3D mathematical model, on which it is possible to observe velocity, level or the shape of the flow field. The aim of the research is to evaluate traits of flow of the curve using hybrid modelling methods.



Vývoj povrchu holé orné půdy s využitím stereofotogrammetrie

TOMÁŠ LABURDA, JOSEF KRÁSA, MARTIN FLORIAN, MONIKA MACHÁČKOVÁ

Klíčová slova: půdní povrch – drsnost – konsolidace – stereofotogrammetrie – eroze půdy

SOUHRN

Príspevek se zabývá vývojem půdního povrchu bez vegetace pomocí metody stereofotogrammetrie. Popisuje a porovnává změny půdních vlastností na čtyřech typech kultivace půdy. Vyhodnocení je zaměřeno na změny drsnosti půdního povrchu a konsolidace v důsledku přirozeného sesedání, působení dešťových srážek a vysychání.

Pro každý druh obdělávání bylo vytvořeno pět experimentálních ploch na zemědělském pozemku u obce Červený Újezd ve Středních Čechách. Experimenty byly prováděny ve dvou etapách od podzimu do jara roku 2015/2016. Hlavním cílem bylo především pokrýt období, ve kterém se na zemědělských pozemcích vyskytují holé půdy bez vegetačního pokryvu. Výsledky ukazují velkou závislost měřených veličin především na přivalových srážkách, které se na experimentálních plochách vyskytly v říjnu 2015 a především v květnu a červnu roku 2016. Největší změny byly zaznamenány na plochách zpracovaných pomocí pluhu, které již od počátku měření dosahovaly nejvyšších hodnot drsnosti půdního povrchu a zároveň byly zpracovány do největší hloubky.

ÚVOD

Eroze půdy je dlouhodobý problém nejen v ČR, kde je stále ohroženo až 50 % zemědělské půdy erozí vodní a téměř 10 % erozí větrnou [1]. Na výskyt vodní eroze mají vliv především geomorfologické a pedologické podmínky, výskyt a rozložení srážek a svůj nezanedbatelný vliv má také zemědělská produkce, která značně ovlivňuje a mění vlastnosti půdy během roku. Množství smyvu v erozním odtoku je závislé nejen na uvolnění částic půdy srážkou, ale rovněž na rychlosti povrchového odtoku a vznikajícím tečném napětí na povrchu půdy. Rychlost proudění i retence vody na půdním povrchu jsou přímo závislé na jeho drsnosti [2]. Pro výzkum drsnosti povrchu půdy byl vytvořen tento experiment, který má za úkol popsat vývoj holé půdy po provedení různých druhů kultivace. S využitím stereofotogrammetrie byl popsán vývoj povrchu zemědělské půdy pod vlivem přirozených dešťů a přirozeného sesedání v časové řadě od provedení kultivace. Experiment se zabýval vývojem čtyř různých úprav povrchů půdy, které vznikly odlišnými technologiemi zpracování ve dvou různých časových řadách od podzimu roku 2015 do jara roku 2016.

Způsob výpočtu eroze pomocí Revidované univerzální rovnice ztráty půdy (RUSLE) byl motivací k tomuto experimentu [2]. RUSLE oproti původní a dosud nejčastěji užívané metodě výpočtu erozního smyvu pomocí Univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) [3] zahrnuje mimo jiné do svého výpočtu vliv drsnosti půdního povrchu, který se s časem po kultivaci mění [2].

Tento vliv je zahrnut ve výpočtu C faktoru, který dále zahrnuje subfaktory popisující vliv zakrytí povrchu porostem, půdního pokryvu, předchozího

využívání pozemku, vlhkosti půdy a drsnosti půdního povrchu. Samotný subfaktor drsnosti závisí mimo jiné na provedené technologické operaci (druhu kultivace) s experimentálně určenou počáteční drsností, která se pod vlivem dešťových srážek s časem snižuje [2].

Pro půdy a klima v podmínkách střední Evropy však kalibrační data parametru počáteční drsnosti půdního povrchu chybí a používají se hodnoty uvedené v [2]. To, jakým způsobem a jak se drsnost půdního povrchu mění pro konkrétní způsob kultivace půdy, je předmětem prezentovaného výzkumu, který může přispět k revizi těchto hodnot a tím i zpřesnění výpočtu eroze půdy ve středoevropských podmínkách.

METODIKA

Hlavní cíle a úkoly tohoto výzkumu byly stanoveny ve spolupráci s vědci z rakouské instituce BAW-IKT (Federal Agency for Water Management Austria, Institute for Land and Water Management Research), kteří se zabývají výzkumem půdy a vodního hospodářství. Ti zároveň provádí podobný výzkum poblíž rakouského města Petzenkirchen. Cílem jejich a našeho výzkumu je po ukončení experimentu spojit a porovnat získaná data, čímž bude tento výzkum obohacen o další sadu dat a výsledků.

Pro měření konsolidace a drsnosti půdy bylo využito stereofotogrammetrické metody, která má své výhody v tom, že neovlivňuje měřicí plochu, má v závislosti na použitém fotoaparátu vysokou přesnost v řádu milimetrů v každém směru a náklady na realizaci jsou relativně nízké (oproti např. laserové technologii) [4]. Základním principem této metody je vytvoření digitálního modelu terénu (DMT) ze snímků experimentální plochy. Snímků bylo pořizováno pro každou plochu celkem osm. Vždy byly pořizovány čtyři fotografie v šikmém směru (pod přibližným sklonem 45°) z každé strany referenčního rámu a další čtyři snímky (stereofotografie) byly foceny ze svislého směru z přibližné výšky 160 cm. Jedná se vždy o dvě stereodvojice, které jsou navzájem na sebe kolmé (snímky ve stereo dvojici jsou od sebe vzdáleny cca 50 cm) [5].

Pro parametrizaci půdní drsnosti byl z mnoha jiných parametrů zvolen náhodný index drsnosti (rrAR), který je nejběžněji využíván [5]. Ten se vypočítá jako směrodatná odchylka výškových hodnot v logaritmickém měřítku, z nichž se následně odstraní 10 % horních a spodních hodnot. Tento index je zakomponován také v RUSLE, kde jeho negativní exponenciální korelace mezi drsností půdního povrchu a půdní erozí vysvětluje efekt snížení drsnosti v čase.

Dalším sledovaným parametrem na začátku a na konci obou sérií měření byla objemová hmotnost a vlhkost půdy ovlivněné kultivací povrchu. Výzkum byl proveden rovněž v rámci zpracování diplomových prací studentky Moniky Macháčkové v roce 2015/2016 [6] a navazující práce studenta Martina Floriana v roce 2016 [7].



Obr. 1. Testované plochy A–D: použitá mechanizace obdělání – fotografie terénu – 2x převýšený DMT [6]

Fig. 1. Experimental plots A–D: cultivation machinery – photography of soil surface – Digital Elevation Model (vertical exaggeration of 2 times) [6]

EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

Měření bylo prováděno na experimentálních plochách, které se nachází ve Středočeském kraji přibližně 10 km západně od Prahy u obce Červený Újezd na pozemcích, které vlastní Výzkumná stanice České zemědělské univerzity. Půdním typem se jedná o hnědozem. Terén je v oblasti rovinatý, a tedy zajišťuje dobrý vsak srážkových vod. Půda je mírně až středně pórovitá (45–50 % objemu), obsahuje malé množství humusu (1–2 %), má nižší sorpční kapacitu (8–17 mmol+/100 g) a je slabě kyselá (pH = 5,6–6,5). Průměrná nadmořská výška území je 405 m n. m. [6].

Způsoby kultivace

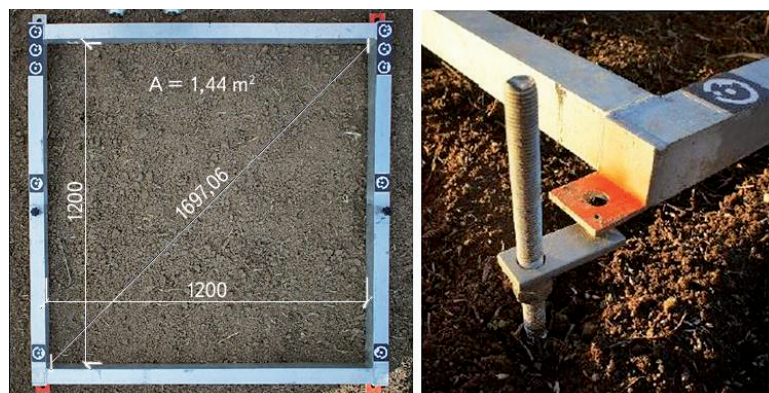
V rámci experimentu byly porovnávány čtyři druhy obdělávání půdy pomocí radličkového kypřiče (pole A), rotavátoru (kypřič s horizontálním rotorem) (pole B), talířového podmítače (pole C) a pluhu (pole D), které se lišily kromě použité mechanizace také hloubkou zpracování (*tabulka 1* a *obr. 1*). Pro každou z těchto úprav A–D bylo vytvořeno pět experimentálních ploch 1 až 5.

Tabulka 1. Porovnání hloubek zpracování půdy
Table 1. Comparison of cultivation depth

Kultivace	1. série [cm]	2. série [cm]
A – radličkový kypřič	7,5	9,5
B – rotavátor	8,6	11,8
C – talířový podmítač	4,9	10,0
D – pluh	14,1	29,5

Referenční rám

K přesnému vyhodnocování změn na jednotlivých vzorcích půdy byl použit jednoduchý hliníkový referenční rám o rozměrech 1,2 × 1,2 m, který byl usazován na stále stejná místa pomocí železných tyčí nad jednotlivými experimentálními plochami. Na rámu jsou umístěny referenční terče o velikosti 5 × 5 cm, které slouží k určení místních souřadnic (viz *obr. 2*).



Obr. 2. Referenční rám a způsob jeho uchycení na testovanou plochu [6]

Fig. 2. Reference frame and its fixation above experimental plots [6]

Série měření

Pro popis vývoje konsolidace a drsnosti půdy byly provedeny dvě série měření. Každá série zahrnovala měření v určitých časových intervalech, které se od počátku kultivace povrchu postupně zvětšovali s tím, jak se změna drsnosti či konsolidace postupně zpomalovala. Přibližný časový odstup byl 0–1–3–5–7–7–14–14–21–21 dní, přičemž pokud se nad místem vyskytla významná srážková událost, bylo měření provedeno následující den. Seznam provedených měření je uveden v *tabulce 2*. Pro měření byl použit fotoaparát SONY NEX-5N, 5R (rozlišení 16,1 Mpx) a A-6000 (rozlišení 24,3 Mpx) s objektivem SONY s pevným ohniskem 16 mm a zoomem 18–55 mm. Pro každou kombinaci fotoaparátu a objektivu byly vytvořeny kalibrační soubory, které slouží k vyloučení vzniklých optických deformací snímku.

Tabulka 2. Seznam provedených měření během 1. a 2. série experimentů
Table 2. List of data collecting during 1st and 2nd stage of measurement

1. série			2. série		
Datum	Časový odstup [dny]		Datum	Časový odstup [dny]	
0	24. 9. 2015	instalace ploch	0	21. 4. 2016	instalace ploch
1	24. 9. 2015	0	1	22. 4. 2016	1
2	25. 9. 2015	1	2	26. 4. 2016	4
3	28. 9. 2015	3	3	29. 4. 2016	3
4	1. 10. 2015	3	4	9. 5. 2016	10
5	9. 10. 2015	8	5	24. 5. 2016	15
6	16. 10. 2015	7	6	10. 6. 2016	17
7	2. 11. 2015	17	Celkem 50		
8	23. 11. 2015	21			
9	9. 12. 2015	16			
10	14. 1. 2016	36			
11	29. 1. 2016	15			
12	24. 2. 2016	26			
13	19. 4. 2016	55			
Celkem		208			

Celkem bylo provedeno a vyhodnoceno 13 experimentů z 1. série měření a 6 experimentů z 2. série. To zahrnovalo vyhodnocení celkem 380 dílčích ploch s celkovým počtem 3040 snímků.

Během provádění experimentů byla sledována také data ze srážkoměrné stanice umístěné v rámci Výzkumné stanice ČZÚ, které poskytl Ing. Pavel Cihlár, Ph.D. Celkový úhrn srážek během 1. série měření byl 223,0 mm (během prvních srovnatelných a zde prezentovaných 60 dní to bylo 89,2 mm) a 103,5 mm během 2. série experimentů. Více než celkové úhrny jsou však důležitější maximální hodinové a denní srážkové úhrny, které se nad daným územím vyskytovaly především v jarních měsících. Zatímco během 1. série měření dosáhly maximální hodnoty 21,1 a 13,8 mm/24 hod, během 2. série to bylo 48,4 a 26,4 mm/24 hod.

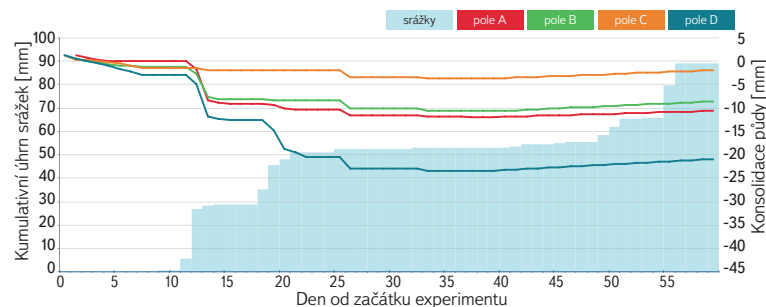
VYHODNOCENÍ

Základní postup vyhodnocení snímků zahrnoval vytvoření bodového mračna pomocí softwaru PhotoModeler Scanner. Každé mračno bodů popisuje povrch nafocené terénu pomocí souřadnic X, Y a Z s počátkem ve středu jednoho z referenčních terčů na rámu. Tato mračna byla dále zpracovávána v programu ArcMap 10.3, kde z nich byly vytvořeny výsledné DMT (viz obr. 7) s velikostí pixelu 1 mm nad plochou 1 × 1 m uvnitř referenčního rámu. Výsledný počet bodů nad touto plochou se pohyboval přibližně od 800 000 do 1 000 000 bodů v případě fotoaparátu SONY NEX-5N a přibližně od 1 400 000 do 1 600 000 bodů při použití SONY ILCE-6000. Tyto DMT jednotlivých ploch byly dále vyhodnocovány a porovnávány mezi sebou.

Mezi hlavní dvě sledované veličiny patří drsnost půdního povrchu a konsolidace. Drsnost půdního povrchu je reprezentována jako směrodatná odchylka skutečné výšky terénu od průměrné výšky stejně, jako je tomu při výpočtu subfaktoru drsnosti v RUSLE. Konsolidace půdy je uvažována jako pokles průměrné výšky povrchu terénu na sledované ploše 1 × 1 m. Vzhledem ke stručnosti tohoto příspěvku zde prezentované výsledky sledují vývoj průměrné drsnosti a konsolidace ze všech pěti testovaných ploch z každého způsobu obdělávání A–D. V diplomových pracích studentů bylo porovnání provedeno i v rámci jednotlivých testovaných ploch 1–5.

Konsolidace půdy

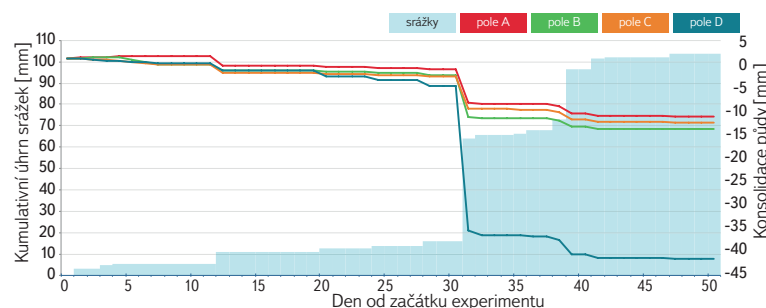
Výsledky na obr. 3 ukazují průběh konsolidace během 1. série experimentu. Z grafu je patrné, že nejvyšších změn dosahují všechny testované plochy s příchodem prvních dešťů, tj. mezi dny 10–12 a následně mezi dny 17–22. Tento výrazný pokles je způsoben především vysokým úhrnem srážek, kdy za tuto dobu spadlo 50,8 mm z celkových 89,2 mm, tj. cca 57 % celkového úhrnu.



Obr. 3. Konsolidace půdy – experiment 1 [7]

Fig. 3. Soil consolidation – 1st stage [7]

Obrázek 4 zobrazuje průběh konsolidace během 2. série experimentu. Z grafu je opět patrný skokový pokles půdy po příchodu deště okolo 31. dne, kdy celkový úhrn dosáhl 48,4 mm/24 hod. Následně stejná situace se opakuje mezi 38.–42. dnem, kdy došlo k úhrnu 26,4 mm/24 hod.



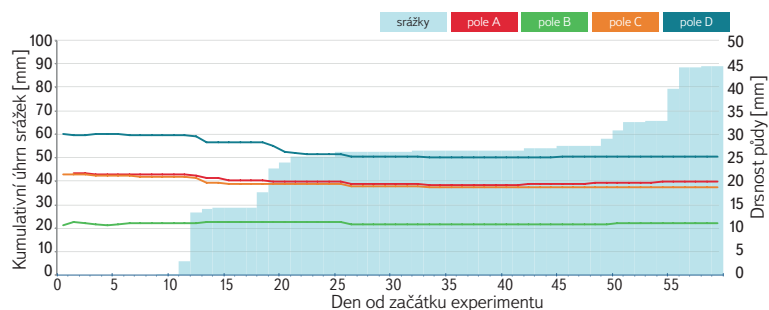
Obr. 4. Konsolidace půdy – experiment 2 [7]

Fig. 4. Soil consolidation – 2nd stage [7]

Z hlediska porovnání ploch podle kultivace je zřejmé, že k nejvyšší změně dochází u půdy zpracované pomocí pluhu. To je způsobeno především hloubkou zpracování půdy (hloubka nakypření), která byla v obou sériích nejvyšší právě u plochy D a dosahovala přibližně 14 a 30 cm oproti např. ploše C, kde byly tyto hodnoty pouze 5 a 10 cm (viz tabulka 1). Dalším důležitým faktorem ovlivňující konsolidaci je velikost a tvar vytvořených půdních agregátů a s tím související množství pórů ve svrchní vrstvě půdy. U plochy D zkulturnované pomocí pluhu je právě velikost těchto agregátů nejvyšší a s tím i prostorů, kam se mohou rozpadlé částice uvolnit, a tím snížit průměrnou výšku testované plochy.

Drsnost půdního povrchu

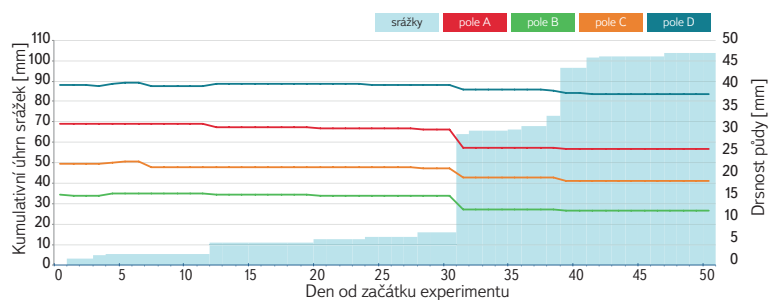
Obrázek 5 zobrazuje průběh drsnosti půdního povrchu během 1. série experimentu. Stejně jako v případě konsolidace i drsnost povrchu je významně ovlivňována srážkami, které způsobují rozpad půdních agregátů na menší shluky půdních částic. Největší změny jsou patrné opět kolem 10. a 20. dne. Z hlediska počátečních hodnot dosahuje nejvyšší drsnosti pole D z kultivované pomocí pluhu, který za sebou zanechává největší půdní agregáty s velmi rozmanitým tvarem.



Obr. 5. Drsnost půdy – experiment 1 [7]

Fig. 5. Soil roughness – 1st stage [7]

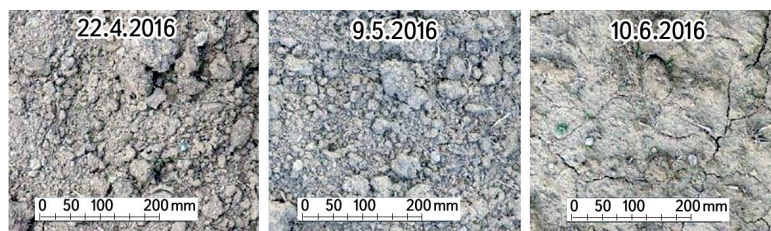
Stejná situace se opakuje i ve druhé sérii měření (obr. 6), kde k zásadní změně dochází opět okolo 31. dne, kdy došlo k velké srážkové události. Drobné odchylky je možné pozorovat i mezi 3.–10. dnem, kdy dochází k nepatrnému zvýšení drsnosti. To je podle autorů způsobeno použitím jiného fotoaparátu s vyšším rozlišením, tj. fotoaparátu SONY A-6000 s 24,3 Mpx namísto obvyklého fotoaparátu SONY NEX-5N s 16,1 Mpx, který v době několika experimentů nebyl z důvodu opravy k dispozici. Toto vyšší rozlišení fotoaparátu v důsledku vytvoří přibližně o 60 % více bodů (viz kapitola Vyhodnocení), čímž dojde k vyššímu rozlišení terénních nerovností, které se při menším rozlišení neprojeví, a tím pádem ke zvýšení hodnot drsnosti.



Obr. 6. Drsnost půdy – experiment 2 [6]

Fig. 6. Soil roughness – 2nd stage [6]

Srovnání jednotlivých ploch A–D mezi sebou se v jistém ohledu podobá výsledkům konsolidace. Nejvyšších hodnot dosahuje drsnost u plochy D, kde kultivace pomocí pluhu za sebou zanechává největší půdní agregáty. To do jisté míry souvisí i s největší hloubkou záběru. Z hlediska porovnání ostatních způsobů kultivace, nejvíce podobných výsledků je dosaženo u ploch A a C, tj. kultivace pomocí radličkového kypřiče a talířového podmičáče. Použití rotavátoru u plochy B v obou případech za sebou zanechává nejhladší povrch s minimem nerovností.



Obr. 7. Viditelné změny povrchu půdy na začátku a konci 2. série experimentů

Fig. 7. Noticeable changes of soil surface between the beginning and the end of 2nd stage of experiments

ZÁVĚR

Výzkum vývoje povrchu holé půdy bez vegetace přinesl výsledky, které ukazují, jak se testovaná půda chová v závislosti na počáteční úpravě povrchu a přirozených vlivech. Výsledky ukazují, jak konkrétní úprava povrchu půdy může přispět k zadržení vody v krajině a omezení vodní eroze. Z tohoto pohledu je možné jako nejméně vhodné zpracování označit kultivaci pomocí rotavátoru (pole B), kdy vznikne drobtovitá struktura s velmi jemnými částicemi, naopak jako nejvhodnějším se jeví zpracování půdy pomocí pluhu (pole D), kde vzniklé půdní agregáty tvoří významné prohlubně a překážky.

Důležité je zmínit, že uvedené způsoby kultivace nejsou jedinými způsoby kultivace a často jsou mezi sebou provázány. To je příklad právě orby pomocí pluhu, po kterém běžně přichází na řadu úprava vláčením, při kterém se povrch přibližuje svými vlastnostmi povrchu upraveného např. pomocí rotavátoru.

Ze jmenovaných vnějších činitelů mají největší vliv na změnu vlastností povrchu půdy srážky, které způsobují největší změny z hlediska snižování drsnosti a tím i souvisejícím celkovým poklesem půdy.

Rozsáhlejší příspěvek bude po doplnění o data rakouských kolegů z BAW-IKT publikován během roku 2017.

Literatura

- [1] JANEČEK, M. aj. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2012, 113 s. ISBN 978-80-87415-42-9.
- [2] RENARD, K.G., FOSTER, G.R., WEESIES, G.A., MCCOOL, D.K., and YODER, D.C. *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. United States: Department of Agriculture, January 1997, 407 p. ISBN 0-16-048938-5.
- [3] WISCHMEIER, W.H. and SMITH D.D. *Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning. Agriculture handbook no. 537*. Washington: Department of Agriculture, December 1978.
- [4] GRIMS, M., ATZBERGER, C., BAUER, T., and STRAUSS, P. Low-cost Terrestrial Photogrammetry as a Tool for a Sample-Based Assessment of Soil Roughness Preiswerte terrestrische Photogrammetrie als Werkzeug zur Bestimmung der Rauigkeit von Böden. *Photogramm.-Fernerkundung-Geoinf.*, Vol. 2014, No. 5, p. 313–323, 2014.
- [5] BAUER, T., STRAUSS, P., GRIMS, M., KAMPTNER, E., MANSBERGER, R., and SPIEGEL, H. Long-term agricultural management effects on surface roughness and consolidation of soils. *Soil & Tillage Research*, 2015, 151, p. 28–38.
- [6] MACHÁČKOVÁ, M. *Popis vývoje povrchu zemědělské půdy s využitím stereofotogrammetrie*. Diplomová práce. Praha: ČVUT, 2016, 111 s.
- [7] FLORIAN, M. *Popis povrchu orné půdy s využitím stereofotogrammetrie*. Diplomová práce. Praha: ČVUT, 2016, 106 s.

Poděkování

Tento výzkum byl podpořen projektem QJ1330118 – Monitoring erozního poškození půd a projevů eroze pomocí metod DPZ, projektem 7AMB14AT020 – Výzkum vlivu krajinné matrice na odtokový režim, erozní a transportní procesy a kvalitu půdy a projektem QJ1530181 – Stanovení aktuálních hodnot ochranného účinku vegetace za účelem kvantifikace a zefektivnění protierozní ochrany zemědělské půdy v České republice. Poděkování patří také doc. Ing. Milanu Kroulíkovi, Ph.D., a doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D., z České zemědělské univerzity v Praze za poskytnutí a přípravu experimentálních ploch a kolegům Dipl.-Ing. Thomasi Bauerovi a Dipl.-Ing. Dr. Peteru Straussovi z BAW-IKT za participaci na metodice měření.

Autoři

Ing. Tomáš Laburda

✉ tomas.laburda@fsv.cvut.cz

doc. Ing. Josef Krása, Ph.D.

✉ josef.krasa@fsv.cvut.cz

Bc. Martin Florian

✉ martin.florian@fsv.cvut.cz

Ing. Monika Macháčková

✉ monika.machackova@fsv.cvut.cz

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra hydromeli-orací a krajinného inženýrství

Příspěvek prošel lektorským řízením.

AGRICULTURE BARE SOIL SURFACE EVALUATION USING STEREOPHOTOGRAMMETRY

LABURDA, T.; KRASA, J.; FLORIAN, M.; MACHACKOVA, M.

Czech Technical University in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Irrigation, Drainage and Landscape Engineering

Keywords: soil surface – roughness – consolidation – stereophotogrammetry – soil erosion

The article deals with the development of agriculture bare soil surface using the stereophotogrammetric method. It describes and compares the development of selected soil characteristics investigated on four types of field cultivation. It evaluates changes in the characteristics of terrain with an emphasis on surface roughness and consolidation under natural conditions.

Five experimental plots for each type of cultivation were created in the region of Central Bohemia near to village Červený Újezd. Experiments run in two repetitions in autumn and spring 2015/2016. The main goal was to cover months when bare soil is found in arable land. Results show strong dependence of soil roughness and consolidation on extreme rainfall events which occurred in October 2015 and mainly in May and June 2016. The highest changes in soil characteristics were measured on experimental plots cultivated by plough which had highest roughness and depth of cultivation at the beginning of experiments.



Autoři VTEI

Ing. Václav David, Ph.D.

ČVUT v Praze

✉ vaclav.david@fsv.cvut.cz
www.fsv.cvut.cz



Ing. Václav David, Ph.D., je od roku 2004 členem Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství (Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze) a od roku 2015 také členem Katedry vodních zdrojů (Fakulta agrobiologie, přírodních a potravinových zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze). Doktorská studia v oboru Inženýrství životního prostředí ukončil v roce 2008 se zaměřením na hydrologii malých povodí a hodnocení povodňových rizik. Podílí se na řešení řady výzkumných projektů. Mimo jiné je hlavním řešitelem projektů NAKI II DG16P02036 Opravy, údržba a monitoring hrází historických rybníků jako našeho kulturního dědictví (2016–2020) a NAZ KUS QJ1620395 Obnova a výstavba rybníků v lesních porostech jako součást udržitelného hospodaření s vodou v ČR (2016–2018).

Ing. Lenka Gernešová

Mendelova univerzita v Brně

✉ xgerneso@node.mendelu.cz
www.ldf.mendelu.cz



Ing. Lenka Gernešová ukončila magisterský obor Krajinné inženýrství na Lesnické a dřevařské fakultě na Mendelově univerzitě v Brně v roce 2012. V současné době je studentkou doktorského studijního programu se zaměřením na aktivní protiabrazní ochranu břehů nádrží. Podílí se nebo se podílela na řešení projektů, např. Minimalizace ztrát lesní a zemědělské půdy vlivem erozních a abrazních procesů v krajině, Zpřístupňování lesa v měnících se společenských požadavcích a podmínkách, Aktivní protiabrazní konstrukce a Stabilizace břehů nádrží jako prvek minimalizace ztrát lesní a zemědělské půdy.

Ing. Barbora Jáchymová

ČVUT v Praze

✉ barbora.jachymova@fsv.cvut.cz
www.fsv.cvut.cz



Ing. Barbora Jáchymová ukončila magisterský obor Inženýrství životního prostředí na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze v roce 2011. V současné době je studentkou doktorského studijního programu se zaměřením na plošné zdroje nutrientů a erozní procesy na zemědělské půdě. Podílí se na řešení projektů, např. Monitoring erozního poškození půd a projevů eroze pomocí metod DPZ, Srážko-odtokové, erozní a transportní procesy – experimentální výzkum nebo Stanovení aktuálních hodnot ochranného účinku vegetace za účelem kvantifikace a zefektivnění protierozní ochrany zemědělské půdy v České republice.

Ing. Martin Králík, Ph.D.

ČVUT v Praze

✉ martin.kralik@fsv.cvut.cz
www.fsv.cvut.cz



Ing. Martin Králík, Ph.D., je zaměstnancem Katedry hydrotechniky, Fakulty stavební, ČVUT v Praze od roku 2005, a to jako odborný asistent. Vystudoval obor Vodní hospodářství a vodní stavby na Fakultě stavební, ČVUT v Praze. Jako hlavní řešitel nebo člen řešitelského týmu se podílí či podílel na řešení několika výzkumných projektů v oboru fyzikálního modelování.

Ing. Tomáš Laburda

ČVUT v Praze

✉ tomas.laburda@fsv.cvut.cz
www.fsv.cvut.cz



Ing. Tomáš Laburda je doktorandem na Katedře hydromeliorací a krajinného inženýrství na Fakultě stavební, ČVUT v Praze od roku 2013. Po dokončení diplomové práce na téma Vyhodnocení měření z laboratorního dešťového simulátoru pokračuje ve výzkumu pomocí tohoto unikátního zařízení i nadále. Dále se pravidelně zúčastňuje měření s terénním dešťovým simulátorem. Mimo to se zabývá využitím stereofotogrammetrie při hodnocení půdního povrchu v rámci řešení projektu NAZV: Monitoring erozního poškození půd a projevů eroze pomocí metod DPZ. V letech 2012–2015 pracoval v Ateliéru ekologických modelů jako pomocný pracovník.

Rozhovor s vedoucím Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství na Fakultě stavební ČVUT doc. Dr. Ing. Tomášem Dostálem

Povodně a sucho, dva opačné klimatické extrémny. Jaká je úloha krajiny v jejich zvládnutí a jaká opatření může či by měla společnost realizovat?

Tohle je velmi často kladená a velmi populární otázka, na kterou neexistuje jednoduchá odpověď. Resp. jednoduché odpovědi můžeme slyšet velmi často, nicméně v takových případech se jedná o spekulace, manipulace nebo sledování vlastních cílů. Krajina má pochopitelně ve zvládnutí klimatických extrémů úlohu zcela nezastupitelnou, ale vždy záleží na míře daného jevu. Pokud bude sucho či epizoda vyvolávající povodeň mírnější, je krajina nepochybně schopna takový výkyv vyrovnat, nebo ho alespoň výrazně tlumit. V takovém případě je stav krajiny zcela zásadní a krajina v dobrém stavu (míněno tím diverzita, dostatečné zastoupení zeleně, travních porostů apod. – zkrátka to, co si lidé představují pod pojmem „hezká krajina“) nám přinese velké benefity v podobě retenční kapacity. Na druhé straně, pokud se vyskytnou extrémní



jevy (srážky nebo sucho), vliv stavu krajiny bude rychle vyčerpán a buď budeme mít k dispozici zálohy (volné retenční prostory ve vodních nádržích nebo naopak zásoby vody v nádržích), nebo budeme čelit všem důsledkům povodně nebo sucha. Je třeba si uvědomit, že retenční kapacita krajiny (v obou významech – tedy udržení vody pro pokrytí sucha i zachycení povodňových odtoků) je přibližně konstanta, jejíž velikost je dána půdními charakteristikami, vegetací, způsobem využití i momentálním stavem. Významnost funkce krajiny tak bude klesat se stoupajícím významem stresoru (povodeň nebo sucho).

Další velmi podstatnou informací, kterou jsem vlastně zmínil o několik řádek výše, je i to, že rozhodujícím retenčním prostorem v krajině není vegetace, ale půda. Vegetace a způsob využití krajiny jsou vidět, stav půdy na první pohled nikoliv. Pokud půda dokáže zadržet spadlou vláhu, bude to mít obrovský vliv. Zde ale opatření nejsou tak efektivní, jsou dlouhodobá a jsou velmi složitá – jde zejména o snižování utužení půdy, zvyšování podílu organické složky, podporu struktury a další. To nejsou opatření investičního charakteru, která lze ukázat v televizi, kolaudovat a se slávou prezentovat. Jedná se o dlouhodobou práci každého jednotlivého farmáře nebo zkrátka vlastníka jakéhokoliv pozemku. Takže jasná odpověď na Vaši otázku? Společnost by měla realizovat vyvážené všechny typy opatření – zvyšovat diverzitu krajiny, např. v rámci pozemkových úprav, chránit půdu formou osvěty i dotačních programů a v neposlední řadě budovat poldry i vodní nádrže, a to jak malé, tak i ty velké.

Jaká je situace ve vysokém školství ve vztahu k přípravě odborníků specializovaných na vodu v krajině a environmentální otázky? Proč je na absolventy oboru životního prostředí (bez rozdílu na které vysoké škole jej absolvují) nahlíženo odbornou praxí spíše negativně? Není současná výuka oboru životního prostředí příliš zaměřena na ochranu životního prostředí z pohledu ekologického? Zejména ČVUT by měla vychovávat odborníky, kteří dokážou skloubit otázky ochrany životního prostředí s technickými nástroji spojenými s užíváním krajiny.

Ano, máte pravdu, situace není růžová. Není růžová obecně v technických oborech, protože studenti velmi často volí k získání diplomu „cestu nejmenšího odporu“. Dnes je mnohem populárnější stát se ekonomem, právníkem, filosofem, politologem nebo sociologem, než studovat technické obory. Ty nabízejí v době studia poměrně hodně práce, po studiu pak práci s velkou zodpovědností a pouze průměrnými platy. To dnes mnoha uchazečům není dost. Navíc se nacházíme v době populačně slabých ročníků.

Voda patřila a patří na stavební fakultě historicky k elitním oborům, i dnes je vnímána jako obor těžký. Pokud má student možnost vystudovat alternativu na jiné škole jednodušším způsobem, nelze se mu divit, že volí jinou cestu. Navíc, abych nekritizoval jen studenty, ČVUT jako velká, historická, špičková, kamenná univerzita nejde ve svém PR cestou populismu, tedy nepodbízí se. Tím ale prohrává se školami, které jdou studentům více naproti.

Environmentální otázky jsou dnes ve společnosti velmi žhavé a často kontroverzní téma. Obor Inženýrství životního prostředí (IŽP) zakládali před více než 20 lety na FSv ČVUT docenti Vrána a Rohon. Smyslem bylo vytvořit absolventa technické univerzity, který bude stále technikem (v našem případě bude mít titul stavebního inženýra se vším, co k tomu patří), a přitom bude schopen komunikovat jak názorově, tak terminologicky s absolventy škol přírodovědného zaměření. Ten cíl se podařil a podle mne praxe vnímá naše absolventy oboru IŽP velmi dobře. Nacházejí uplatnění a jsou ceněni oběma stranami mimo jiné pro to, že jsou schopni se na problém dívat nestranně. V současné době se snažíme vytvořit novou vizi a koncept studia oboru IŽP tak, aby vyhovoval lépe požadavkům praxe, které se za více než 20 let trochu posunuly.

Jaká je mezinárodní spolupráce katedry v oblasti vzdělávání a výzkumu? Které mezinárodní projekty řeší Vaše katedra a co chystáte na nejbližší období?

Katedra je součástí celé univerzity a fakulty, což jsou mezinárodně vysoce uznávané instituce s vysokým ratingem. Snažíme se tuto pozici nejen využívat, ale univerzitě i vracet tím, že v dobrém šíříme její jméno a reputaci. Máme navázanou celou řadu spoluprací a živých kontaktů jak v oblasti vědy a výzkumu, tak v pedagogické rovině.

V rámci pedagogiky naše katedra přijímá studenty jak v úrovni magisterského, tak i doktorského studia ze stále více zemí. V letošním roce se u nás vystřídali na dvou a více měsíčních stážích studenti z Německa, USA, Brazílie, Indie, Rakouska a Španělska. Naše studenty (diplomanty a doktorandy) jsme vyslali do USA, Rakouska, Německa.

V oblasti výzkumu se naše katedra orientuje jak na nejbližší partnerská pracoviště v Rakousku a Německu, ale i v Belgii, Itálii, Francii, Maďarsku, Španělsku, tak na vzdálenější renomované instituce především v USA.

Chápeme, že Česká republika je sice významným hráčem na poli vědy a výzkumu, ale rozlohou i počtem obyvatel je malá, takže spolupráce přes hranice je naprosto zásadní. Navíc se člověku otevírají zcela nové obzory a možnosti, formální výzkumná partnerství se časem postupně přetavují v přátelství, zkrátka mezinárodní spolupráci považují za skutečně klíčovou pro rozvoj jak lidí, tak pracoviště a samozřejmě celého oboru.

Byli jsme zapojeni do řady mezinárodních projektů v programech mobility, AKTION, Interreg, Norských fondů, Americké NSF a COST. V posledních dvou letech jsme neúspěšně podali jako členové konsorcií několik projektů do soutěží HORIZON2020, Central Europe a RISE. Zdá se, že jsme naopak byli úspěšní v soutěžích Interreg SRN a DANUBE region. Za významný úspěch je možno považovat i schválený projekt na podporu studentů společně s Univerzitou v Lincolnu – Nebraska, USA. Aktuálně čekáme na rozhodnutí ohledně podaných projektů FWF – GAČR podaný společně s kolegy z rakouské BOKU a dále LTA spolupráce s USA. V plném proudu je práce i na dalších návrzích a projektech.

Jak vypadá spolupráce katedry s dalšími odbornými pracovišti? Má katedra aktuální reakce a požadavky odborných firem? A daří se tyto požadavky začleňovat do učebních plánů?

Obecně vzato – naše katedra se zabývá jednak krajinným inženýrstvím, zde většinou v aplikované podobě, a jednak otázkami srážko-odtokových vztahů, půdní fyzikou v nasycené i nenasycené zóně, transportem rizikových látek půdou a dalšími oblastmi, a to zejména v oblasti základního výzkumu. V zásadě je patrné, že zde není příliš mnoho prostoru ke spolupráci s firmami. Našimi zadavateli a zákazníky jsou spíše státní instituce – státní správa, správci vodních toků, apod. Velmi dobrou a dlouhodobou spolupráci tak máme jednak s podniky Povodí (zejména Vltavy, Labe, Ohře a Moravy), pracovali jsme i pro krajský úřad Středočeského kraje. Úzce spolupracujeme i s výzkumnými ústavu, nejbliže máme k VÚV a VÚMOP. Ze soukromých společností máme blízké aktivity s velkými vodohospodářskými projekčními firmami VRV, a. s., a SWECO Hydroprojekt, a. s. Zde můžeme nabídnout zejména aplikaci výsledků našeho výzkumu v praxi. A tak by to asi mělo i být, že?

Vaše otázka na využití zkušeností ze spolupráce s praxí ve výuce je velmi trefná. Ano, snahou je, aby učitelé, kteří předávají znalosti studentům, zejména v oblasti aplikovaných předmětů, měli zkušenosti s tím, co učí. Pokud učíte něco, co jste nikdy nedělal, je to vidět a studenti to pochopitelně poznají. Doufáme, že se nám to daří, což je snad cítit i z vcelku pozitivního hodnocení, které od studentů dostáváme.



Co je pravdy na soupeření mezi vysokými školami či dokonce katedrami jedné fakulty o studenty? Jsou nějaká omezení, jak se to dotýká katedry a přípravy studentů?

Do jisté míry je to pravda. Jestliže se v naší zemi dlouho hlásala všespásná teze o „neviditelné ruce trhu bez regulací“ a o ekonomické efektivitě, a pokud vysoké školství funguje ve snaze o maximální zahrnutí výkonů do rozdělování peněz, je logické, že zde nastává „boj o studenta“. Student přináší peníze a je třeba ho nejen získat, ale i udržet. Přitom každá škola balancuje na hraně mezi podbízením se a nabídkami snadno získatelných diplomů na straně jedné a ztrátou prestiže na straně druhé. ČVUT myslím vcelku správně v tomto balancování těží ze svého historického renomé a etabluje se do pozice nikoliv jednoduché, leč prestižní technické školy. Tím si sice udrží ty nejlepší uchazeče (ty, kteří na to mají vědomosti a vědí přesně, za čím jdou), ztrácí ale ty průměrné a podprůměrné, kteří často volí snadnější cestu k diplomu.

To je cesta, která v řeči absolutních čísel, počtů studentů kamenné kvalitní a tedy i těžké školy handicapuje. Systém na ČVUT bych charakterizoval jako maximálně liberální v tom smyslu, že se snaží být spravedlivý ke všem jeho účastníkům, všem ponechává jejich šance a možnosti. Současně vytváří minimum různých omezení a restrikcí. Tento systém má pochopitelně i řadu nevýhod. To by ale bylo na skutečně dlouhou diskuzi.

Co se týče studentů, velmi doufám, že se jich to nijak nedotýká, a pokud ano, pak jen pozitivně, protože konkurenční prostředí nutně vytváří tlak na poskytovatele, v tomto případě na univerzity, fakulty, katedry, oslovit studenty s nejlepší nabídkou a své slovo pak i dodržet. A jsme zpátky u toho, jak má vypadat „nejlepší“ nabídka.

Co považujete za hlavní přednost Vašeho pracoviště? Na co byste nalákal budoucí studenty, aby si vybrali právě Vaši katedru?

To je velmi těžká otázka, protože se správně říká, že samochvála smrdí.

Ale snažíme se být otevřené a moderní pracoviště. Pokrýváme poměrně široký záběr oborů jak v základním, tak v aplikovaném výzkumu, jsme relativně mladý tým, silně orientovaný na spolupráci s praxí a se zahraničím. Snažíme se naše studenty motivovat k výjezdům na naše partnerská zahraniční pracoviště. Velmi živě se zajímáme o možnosti externí spolupráce a možnosti získání externích výzkumných i aplikačních projektů. Máme hodně aktivní experimentální část zahrnující jednak stabilní experimentální plochy, ale i výjezdy na terénní simulace s mobilním deštovým simulátorem. Jsme na špičce ve využívání moderních softwarů, zařízení terénních i laboratorních technologií.

Pokud bych měl charakterizovat studenta, kterého hledáme, a věříme, že máme co mu nabídnout, pak je to přiměřeně ambiciózní, samostatný a schopný člověk, který se nebojí nepohodlí a překážek, rád pracuje v týmu, nevádí mu pobyt v terénu, přiměřeně zvládá alespoň angličtinu a nebojí se ji používat a je motivován samostatně řešit problémy.

Katedra má v názvu hydromeliorace. V souvislosti s klimatickou změnou se hovoří o potřebě zajištění vody pro závlahy. Jak vypadá situace v oblasti závlah v České republice? Bude to opravdu problém pro budoucí zemědělce a máme na tuto problematiku dostatek odborných kapacit? Pokud byste měl charakterizovat hlavní odborné směry, kterými se Vaši studenti zabývají, např. na základě témat bakalářských a diplomových prací, jaké směry to jsou a jaký je jejich podíl?

Co se názvu katedry týče, po roce 1989 jsme několikrát dlouze diskutovali, zda slovo hydromeliorace z názvu vypustit. To slovo bylo za doby socialistického hospodaření v krajině zprofanované stejně jako mnoho dalších v jiných oborech. Bylo dáváno do souvislosti s povodněmi, suchem, meliorace mohly za nízké nebo naopak vysoké stavy zvěře. Zkrátka, hydromeliorace mohly za všechno. Rozhodli jsme se ten název zachovat. Doba se uklidnila, lidé zjistili, co to slovo vlastně znamená, a jak sami říkáte, dost možná v blízké budoucnosti hydromeliorace přijdou opět ke slovu.

Náš odklon od všeho společného, družstevního nebo státního byl po roce 1989 často tak hysterický, že jsme šli proti světovému směru vývoje. Podívejme se například na závlahová nebo strojní družstva v sousedním Rakousku (která mimochodem velmi oceňují naše čerpadla Sigma, která nakoupila za „hubičku“ z našich rušených závlahových čerpacích stanic). Nyní postupně zjišťujeme, že ne na vše stačí jeden malý nebo střední farmář a že spolčování do nějaké formy družstevního vlastnictví vlastně nemusí být až tak úplně špatné.

Závlahy začínají být opět i u nás horké téma. Jsem ale přesvědčený, že se to nebude týkat plošné závlahy běžných polních plodin – alespoň ne v brzké době. Budeme se soustřeďovat na závlahy speciálních plodin – chmele, révy, ovoce, zeleniny. A v tomto sektoru se budou určité uplatňovat technicky vyspělé způsoby – závlaha kapková, mikropostřik, protimrazová. Podle našich posledních zkušeností se ukazuje, že závlaha je nejpotřebnější v místech, kde ve skutečnosti chybí voda nejen pro rostliny, ale celkově v povodí – tedy, i pokud by zemědělec chtěl zavlažovat, chybí zdroje vody. Na řadě lokalit jsme rovněž narazili na problém s kompetencemi a synergii – tedy zemědělci by rádi zavlažovali, ale existují důvody, kvůli kterým raději budou volit jiné plodiny, protože bohužel velkou slabinou současné podpory je malá provázanost a informovanost jednotlivých sektorů. Opatření, podpora, stimulace a regulace jdou totiž často u různých rezortů proti sobě. Paradoxně, v současnosti podstatně větší zájem o závlahy na našem pracovišti generují automatizované závlahové systémy sportovišť, zahrad a parků než klasické zemědělské závlahy. Zde probíhá intenzivní vývoj (spíše než výzkum). Jak roste životní standard, roste i potřeba zavlažovat z estetických důvodů. Ale uvidíme, co přinese budoucnost. Ve hře je

mnohem víc, než jen nutnost nebo možnost dokázat zalít nějakou rostlinu. Do hry vstupují globální ceny energií, uprchlické vlny, touha 75 % obyvatel země po nasycení, které mohou zcela převálcovat relativně pomalu probíhající změny klimatu. A je dost možné, že v dohledné době budeme čelit nutnosti stát se opět potravinově zcela soběstačnými, a možná se potraviny stanou jednou z klíčových komodit a v takovém případě se poptávka po závlaze plodin v ČR dostane do úplně jiného úhlu pohledu.



Jak jsem již zmiňoval, jako pracoviště máme velkou snahu spolupracovat s praxí, a to v takovém rozsahu, v jakém to v naší specializaci jde, a snažíme se zapojovat do takové spolupráce i studenty. Myslím, že se nám to celkem daří a studenty baví pracovat na projektech, které mají nějaký reálný dopad. Stejně tak studentům umožňujeme, aby si přinesli na diplomové projekty vlastní téma z lokality, kterou znají a kde je o řešení zájem. Všeobecně se jedná zejména o záležitosti týkající se budování malých vodních nádrží, revitalizace vodních toků, studie srážko-odtokových poměrů, protipovodňovou ochranu malých obcí a sídel, návrhy protierozních opatření, využití nástrojů GIS a DPZ v ochraně a organizaci povodí, ale i práce výzkumného charakteru zaměřené na půdní fyziku, průsaky látek půdou, využití nejmodernějších technologií (například počítačové tomografie) pro popis vlastností půdy nebo vývoj a testování nových přístrojů, zařízení nebo matematických modelů.

Redakce

Aktuální problematika malých vodních nádrží

Seminář se konal v sídle ČVTVHS v kongresovém sále č. 217, Klub techniků, Novotného lávka 5, Praha 1, dne 27. září 2016.

Zaměření semináře

Roky 2014 a 2015 následující po červnové extrémní povodni z roku 2013 byly mimořádně suché. Četné malé vodní nádrže, především historické rybníky, po extrémním zatížení z června 2013, kdy leckde hrozilo přelití hráze a ohrožení bezpečnosti, trpěly v minulých dvou letech kritickým nedostatkem vody. I v těchto suchých letech se však vyskytly lokálně extrémní bleskové povodně, kdy byly ohroženy i malé vodní nádrže. Je proto na místě objektivně hodnotit aktuální stav vodohospodářské bilance ČR a naznačit možnosti malých vodních nádrží v této oblasti. Každoročně přibývá žadatelů o povolení výstavby nových malých nádrží, resp. se přistupuje k opravám a rekonstrukcím, což vyžaduje stále lepší znalosti a zkušenosti v oblasti projektování, projednávání výstavby i provozu a správnou aplikaci platných norem a předpisů. Na ministerstvech zemědělství a životního prostředí jsou po událostech v minulých letech vyhlášovány nové dotační tituly podporující obnovu malých vodních nádrží v souladu s platnými předpisy.

Seminář z 27. 9. 2016 byl zaměřen na výše uvedené okruhy problémů a byl pořádán především pro vodohospodářské pracovníky státní správy, projektanty, provozovatele malých vodních nádrží a další zájemce.

Program semináře

- Zahájení, seznámení s programem
Ing. Jiří Poláček, VODNÍ DÍLA – TBD, a. s., odborný garant semináře
- Úvodní slovo k významu malých vodních nádrží
prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc., ČVUT, Fakulta stavební
- Příklady poruch a havárií malých nádrží při bleskových povodních zejména v letech 2015 a 2016
Ing. Stanislav Žatecký, VODNÍ DÍLA – TBD, a. s. (v jeho nepřítomnosti přednesl Ing. Poláček)
- Opravy hrází a funkčních objektů historických malých nádrží
Ing. Jiří Koťátko, VODNÍ DÍLA – TBD, a. s.
- Povodně a sucho ve vazbě na provoz malých vodních nádrží
RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., ČHMÚ Praha
- Problematika odstraňování sedimentů z nádrží – legislativa, těžení, uložení sedimentu
doc. Ing. Karel Vrána, CSc., ČVUT v Praze, Fakulta stavební
- Informace o aktuálních možnostech čerpání dotačních titulů MŽP pro zlepšení technického stavu malých nádrží
Ing. Lenka Čermáková, MŽP
- Informaci z MŽP doplnil Ing. Poláček o dotační novinky na MZe
- Diskuse, závěr semináře

K jednotlivým vystoupením

Prof. Broža vyzdvihl význam historických rybníků jako technického dědictví našich předků ve světě neporovnatelného a zdůraznil nutnost trvalé systematické péče o jejich provozní bezpečnost.

Ing. Žatecký ve své prezentaci, přednesené při jeho nepřítomnosti Ing. Poláčkem, poukázal na první části na řadu chyb a nevhodných postupů, které se při provozu a opravách malých vodních nádrží stále vyskytují a vedou následně k dalším nebezpečným poruchám. Druhá část příspěvku byla zaměřena na havárie malých vodních děl na území Moravy v letech 2014 až 2016 jako důsledek extrémních bleskových povodní při bouřkových situacích.

Ing. Koťátko ve velmi zajímavém příspěvku připravil a detailně okomentoval tři lokality, na nichž byly v posledních letech realizovány zásadní opravy. Jednalo se o komplexní rekonstrukci rybníka Zlámanec u obce Vortová na Vysočině, kde se po dokončení opravy v roce 2008 objevily pod hrázi značné průsaky, které, jak se následně ukázalo, byly způsobeny otevřením starého dřevěného potrubí, které vlastní stavba patrně nevědomky narušila. Problém byl dodatečnými stavebními úpravami vyřešen. Dalším příkladem byla nedávná komplexní oprava sdruženého objektu na konci hráze Máchova jezera, kde došlo k optimálnímu vyřešení správné funkce spodní výpusti a opravě kašny bezpečnostního přelivu. Vnější vzhled celého objektu byl zachován. Třetím příkladem byla problematika hráze Novozámeckého rybníka, který je situován pod Máchovým jezerem. Po hrázi vede mimořádně frekventovaná mezinárodní silnice č. 9 z Prahy na Rumburk a státní hranice s hustým provozem kamionů a jiné těžké dopravy. Ing. Koťátko popsal v příspěvku opravu historické stavidlové výpusti a loviště v letech 1997–2000 a dále opravy opevnění návodního svahu značně trpícího přetížením od dopravy realizované postupně od roku 2001 do roku 2015, kdy byla po předchozích dílčích vysprávkách provedena těžká opěrná zeď.

RNDr. Daňhelka doložil detailní rozbor meteorologické a hydrologické situace z let 2014 a 2015, tedy z velmi suchých období, a to z pohledu jak povrchových, tak i podzemních vod. Jedná se o lokální problematiku v rámci celé ČR, tj. s oblastmi vcelku normálními a naopak extrémně nízkými stavy. Doložil celou řadu rozborů, grafů a hodnocení, z nichž je místní situace patrná. I v suchém a horkém roce 2015 s mimořádně suchými letními měsíci došlo k výkyvu kolem 18. srpna, kdy se srážkový úhrn místy blížil 100 mm za 24 hod. Své vystoupení Dr. Daňhelka doplnil úvahami nad vlivem a užitečností malých vodních nádrží v období povodní i sucha.

Doc. Vrána zaměřil své vystoupení na odstraňování sedimentů z malých vodních nádrží. Upozornil na všechny důležité aspekty odbahňování nádrží, na legislativní podmínky, nutnost rozborů sedimentů i zemin z pozemků, na které budou sedimenty případně uloženy. Popsal zaměřování objemu a mocnosti nánosů v nádržích včetně různých technologických postupů těžby, odvozu a ukládání sedimentů. Podrobně popsal odstraňování sedimentů z Dokeské zátoky v zátopě Máchova jezera ve vlastnictví AOPK ČR a související, zejména ekologické, podmínky a problémy. Zmínil se i o nákladech na odstraňování sedimentů. V závěru svého příspěvku doc. Vrána stručně popsal současnou problematiku projektování výstavby a oprav malých vodních nádrží.

Ing. Čermáková seznámila posluchače s možnostmi získání dotační podpory z Operačního programu Životního prostředí 2014–2020. Ze šesti vypsání prioritních os je osa č. 1 věnována vodě (1.3 – Zajistit povodňovou ochranu intravilánu; 1.4 – Podpořit preventivní protipovodňová opatření, mj. zkapacitnění bezpečnostních přelivů) a osa č. 4 ochraně přírody. Podrobnější informace na www.sfzp.cz (Národní program životního prostředí).

Ing. Poláček informoval o novém dotačním programu 129280, který vyhlásilo v srpnu 2016 MZe na období 2016–2021. V rámci tohoto programu bude podporována výstavba nových, obnova zaniklých či rekonstrukce stávajících rybníků větších než 2 ha a dále i odbahnění značně zanesených rybníků o výměře 2–30 ha. Pamatováno je i na odstraňování havarijních situací na rybnících a případných povodňových škod. Pravidla pro poskytování prostředků z tohoto programu – viz www.aagri.cz.

Závěry

O seminář byl velký zájem, zúčastnilo se celkem 82 osob, z toho 20 pracovníků městských či krajských úřadů.

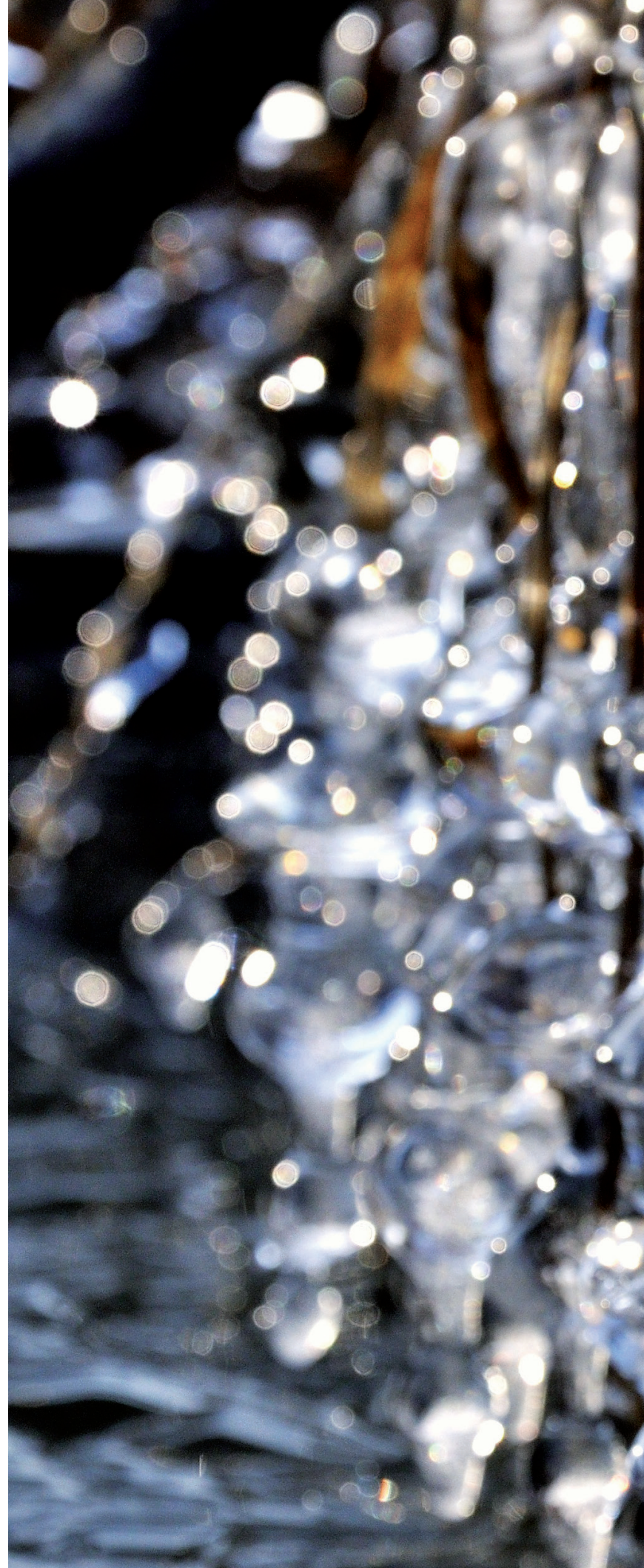
Organizace semináře týkajícího se problematiky malých vodních nádrží je dlouhodobě velmi živým tématem. Proto se doporučuje uspořádat na půdě ČVTVHS další seminář s podobnou tematikou v roce 2018.

Jednotlivé příspěvky publikované na popsaném semináři si mohou zájemci prohlédnout na www.cvtvhs.cz.

Autor

Ing. Jiří Poláček

člen výboru ČVTVHS a odborný garant semináře





Ohlédnutí za seminářem Adolfa Patery 2016

Tradiční seminář Adolfa Patery se konal dne 16. listopadu 2016 v sídle České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti (ČVTVHS) v Klubu techniků na Novotného lávce. Odbornými garanty byli doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur (ČVUT), prof. Ing. Miloš Starý, CSc. (VUT), který se tentokrát omluvil z přímé účasti, prof. Ing. Ján Szolgay, Ph.D. (STU v Bratislavě), a doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc. (ČVUT). Organizačními garanty byli Ing. Václav Bečvář, CSc. (ČVTVHS), Ing. Petra Nešvarová Chvojková, Ph.D., a Ing. Milan Zukal, Ph.D. (ČVUT). Seminář každoročně poskytuje zájemci pro výměnu zkušeností a názorů odborníků v oblasti extrémních hydrologických jevů z výzkumné sféry a praxe. Semináře se zúčastnilo přesně sto účastníků, z toho studentů a doktorandů z vysokých škol, kterým je poskytována výrazná sleva na vložném, se zúčastnilo osm.

Ústředním tématem semináře byla úloha nádrží při zvládnání extrémních hydrologických jevů v povodích. Roli nádrží při zvládnání extrémních hydrologických jevů zohledňuje strategický materiál Koncepce řešení problematiky ochrany před povodněmi v ČR schválený Usnesením vlády v roce 2010. Strategicky významným principem koncepce je rozšíření pohledu na řešení problematiky povodní nejen z hlediska neškodného odvedení velkých vod, ale také z hlediska akumulace a retence, popř. využití jako zdroje vody v nádržích pro zvládnání období jejího nedostatku. Zatímco v problematice ochrany před povodněmi a realizace příslušných opatření byl v ČR v posledních letech vykonán značný pokrok, otázka ochrany před hydrologickým suchem je velkou výzvou pro nejbližší budoucnost. Hydrologické sucho z let 2014 a 2015 patřilo svým rozsahem k jedněm z nejvýznamnějších v historii, a tudíž akcelerovalo postup příprav strategie v této oblasti. Dokladem je vznik materiálu mezirezortní komise VODA-SUCHO, který formuluje řadu koncepčních opatření včetně revize Generelu lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod. V současné době se také intenzivně připravuje Koncepce ochrany před následky sucha na území České republiky, která má být předložena do poloviny roku 2017. Mezi základní technická opatření v této souvislosti bezpochyby patří víceúčelové vodní nádrže.

Smyslem semináře Adolfa Patery bylo zejména podat aktuální informace o roli nádrží při zvládnání negativních dopadů hydrologického sucha v uplynulých letech a informovat o stavu příprav vodních nádrží v lokalitách vhodných pro akumulaci povrchových vod. V rámci prvního a druhého bloku vystoupili zástupci jednotlivých podniků Povodí s podrobnými prezentacemi na uvedené téma. Účastníci semináře tak získali velmi ucelený přehled chystaných opatření. V rámci vyzvaných přednášek vystoupili Ing. Břetislav Tureček a Ing. Lukáš Pavlas (Povodí Odry, s. p.), Ing. Miroslav Foltýn a Ing. Marek Viskot (Povodí Moravy, s. p.), Ing. Jaroslav Beneš (Povodí Vltavy, s. p.), Ing. Tomáš Pail (Povodí Ohře, s. p.) a Ing. Luděk Rederer (Povodí Labe, s. p.). O situaci na Slovensku informovala prof. Ing. Emília Bednárová, Ph.D. (STU v Bratislavě). Prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc. (ČVUT), se ve svém vystoupení zamýšlel nad hlavními překážkami realizace nádrží. Dr. Ing. Antonín Tůma (Povodí Moravy, s. p.) diskutoval otázku vztahu veřejnosti k vodním nádržím v důsledku nedostatečné informovanosti a uvedl pozitivní příklad při přípravě výhledové vodní nádrže Vlachovice. Druhý blok semináře ukončil doc. Ing. Radomil Květon, Ph.D. (STU Bratislava), se zajímavou aplikací expertních systémů při řízení provozu vodních nádrží. Ve třetím bloku semináře byly zařazeny zejména odborné příspěvky diskutující aktuální problémy a poznatky z výzkumu a řízení vodních nádrží. Ing. Roman Kožín (VÚV TGM) informoval o průběžných výsledcích projektu zaměřeného na možnosti kompenzace negativních dopadů klimatické změny na zásobování vodou a ekosystémy využitím lokalit vhodných pro akumulaci povrchových vod. Příspěvky v metodické rovině přednesli také další zástupci VÚV TGM. Ing. Nesládková představila nástroj pro střednědobé plánování provozu Vltavské kaskády, který byl připraven ve spolupráci s Ing. Karlem Březinou (Povodí Vltavy, s. p.). Ing. Ladislav Kašpárek a Ing. Adam Beran (VÚV TGM) přednesli příspěvek o výparu z vodní hladiny během hydrologického sucha



v roce 2015. Velmi zajímavý příspěvek představil Ing. Michal Tanajewski, který popsal extrémní hydrologickou událost v povodí VD Chřibská a diskutoval neurčitosti při vyhodnocování podobných situací. Ing. Roman Výleta (STU v Bratislavě) prezentoval analýzu a zhodnocení hydrologické bilance toku Parná a vodohospodářské soustavy nádrže Horné Orešany.

Sborník příspěvků byl vydán elektronicky a byl rozdan účastníkům v den konání semináře. Ve sborníku je zařazeno celkem 23 příspěvků. Závěrem semináře bylo konstatováno, že téma role vodních nádrží při zvládnání extrémních hydrologických situací je v současnosti velmi aktuální a zaslouží systematickou pozornost nejen v rámci odborných akcí pro vodohospodáře, ale také v osvětové rovině pro širokou veřejnost. Poděkování patří odborným a organizačním garantům semináře a rovněž všem, kteří se aktivně podíleli na jeho průběhu.

Autor

doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur
České vysoké učení technické v Praze

Reakce na článek Zbytečná hysterie kolem používání glyfosátu

Se zájmem vždy pročítám časopis VTEI a vážím si mimo jiné toho, že v časopise dáváte prostor širokému spektru příspěvatelů. V čísle 5/2016 VTEI byl mezi dalšími uveden i článek SOVAK k podpoře zákazu glyfosátu navazující na celoevropskou kampaň vodárenských asociací EurEau v této oblasti. Vlastní problematice výskytu a aplikace pesticidů se SOVAK ČR dlouhodobě věnuje a aktivně působí v koordináční skupině i podskupině na ochranu vod k přípravě a realizaci Národního akčního plánu ke snížení používání pesticidů (NAP), který stanovil řadu opatření a úkolů pro jednotlivá ministerstva a další subjekty. Cílem NAP je omezit negativní dopad aplikace pesticidních látek na zdraví lidí a životní prostředí včetně kvality povrchové, podzemní i pitné vody. Nesporným přínosem, který příprava a následná realizace Národního akčního plánu z hlediska ochrany vod dosud přinesla, je mimo jiné zahájení intenzivního odborného dialogu o celé problematice.

Do této diskuse přispěl i příspěvek RNDr. Tomáše Hrdinky, Ph.D., s názvem Zbytečná hysterie kolem používání glyfosátu, který byl otištěn v čísle 6/2016 časopisu VTEI. V tomto článku autor poukazuje na poměrně nízkou perzistenci této látky v životním prostředí a relativní bezpečnost a neškodnost jejího používání. S řadou věcných argumentů, které autor předložil, nelze než souhlasit. Nicméně forma podání a celkové vyznění článku mohou celou problematiku aplikace a výskytu pesticidních látek bagatelizovat a ve svém důsledku pak vést k často lehkovážnému a zbytečnému nadužívání nejen glyfosátu (používaného ovšem velmi často ve směsi s dalšími chem. látkami), ale i ostatních látek spadajících do kategorie přípravků na ochranu rostlin (POR).

Ačkoliv můžeme vést diskusi o tom, jak vysoké koncentrace pesticidních látek ve vodách jsou ještě podle té či oné studie bezpečné, je třeba znovu zdůraznit, že glyfosát i jeho metabolit AMPA jsou v každém případě (stejně jako ostatní pesticidy) látky v přírodě a ve vodě cizí a jejich užívání by mělo být regulováno tak, aby se do vody a životního prostředí pokud možno nedostávaly. Výsledky monitoringu podzemních a povrchových vod, který zajišťují státní podniky Povodí, prokazují, že hodnoty koncentrací glyfosátu i jeho metabolitu v některých vzorcích vod překračují normy environmentální kvality, případně hygienické limity platné (ať už oprávněně či ne) pro pitnou vodu. Je tedy zřejmé, že aplikace tohoto přípravku vede k ovlivňování kvality povrchových, podzemních i návazně pitných vod. To je podle názoru SOVAK ČR jednoznačným důvodem pro regulaci aplikace.

Na druhou stranu je třeba ale zdůraznit, že SOVAK ČR ani v rámci NAP neprosazuje úplný zákaz aplikace pesticidních látek. SOVAK ČR jen klade důraz na to, aby aplikované látky byly bezpečné, používaly se uvážene a odborně, aplikace probíhala bez negativního dopadu na vodní zdroje a aby bylo možné vliv aplikací POR cíleně monitorovat a kontrolovat. SOVAK ČR se dále snaží prosazovat, aby byla aplikace omezoována tam, kde to je možné, a aby byly vyvíjeny i nechemické metody ochrany rostlin. Dále SOVAK ČR prosazuje výzkum vlivu faktorů (kvalita půdy, charakter terénu, způsob a termín aplikace POR) na uvolňování reziduí látek do vod tak, aby mohla být připravena pravidla a zásady používání aplikace POR, a to nejen na zemědělskou půdu. Konkrétně u glyfosátu spatřuje SOVAK ČR velké riziko kontaminace vod právě aplikací na nezemědělské půdě (údržba silnic, železnic, veřejných prostranství apod.), kde lze jeho použití úspěšně nahradit šetrnějšími postupy. Při aplikacích pesticidních látek, tedy i glyfosátu, na zemědělskou půdu by se pak mělo přihlížet zejména k bonitě půdy – tedy obsahu organické složky půdy, humusu. Pokud není dostatek organické hmoty v půdě, jsou pesticidní látky (ale třeba také dusičnany, ostatní hnojiva a přípravky na ochranu rostlin) rychle vyplavovány. Výzkum výše uvedených faktorů je zatím ale na začátku a jednoznačná pravidla omezující dopad aplikace glyfosátu na kvalitu vod nejsou předepsána.

V článku jsou dále prezentována toxikologická data dokladující bezpečnost glyfosátu i při vysokých koncentracích ve vodách. Při hodnocení potenciálního rizika pro vodní prostředí a nakonec i pro spotřebitele pitné vody je ovšem nutné si uvědomit, že tato látka není ve vodách přítomna izolovaně. Kromě glyfosátu se ve vodách obecně nacházejí rezidua dalších mikropolutantů, a to nejen přípravků na ochranu rostlin, ale i hormonálních přípravků, léčiv a prostředků osobní péče apod. Tento „koktejl“ poskytuje možnost širokého spektra vzájemných reakcí a interakcí a postihnout skutečné zdravotní či environmentální riziko takové směsi je velmi komplikované a v současnosti nereálné.

Proto by v takových případech měl být, a to i u glyfosátu, uplatňován princip předběžné opatrnosti a měla by být snaha o minimalizaci rizika průniku takových látek do vodního prostředí. S tímto přístupem jsou nakonec určovány i hygienické limity pro obsah pesticidních látek v pitné vodě. Je možné vést diskusi o tom, zda je menším zlem tolerovat určité vyšší obsahy polutantů včetně pesticidů ve vodách (včetně té pitné) nebo radši absorbovat ekonomický dopad případného zákazu na zemědělskou produkci spojený s rizikem nahrazení jinou (možná méně zmapovanou, ale třeba i méně škodlivou látkou). Taková diskuse již ale přesahuje rámec odborné a věcné úrovně a dostává se spíše do celospolečenské či politické roviny. Tuto diskusi nemůže rozhodnout ani SOVAK ČR ani VÚV TGM a musí být výsledkem politických a ekonomických jednání, a to nejen v rámci ČR.

Ať už bude výsledek takové diskuse jakýkoliv, je třeba v současné době respektovat ustanovení platných právních předpisů a dodržovat platné hygienické limity pro obsah pesticidních látek ve vodách. Právě z důvodu výskytu pesticidních látek (glyfosát nevyjímaje) ve vodních zdrojích byla řada vlastníkům vodárenské infrastruktury nucena přistoupit k nákladné rekonstrukci úpraven vod. Tyto rekonstrukce zajišťují doplnění či úpravu stávajících technologií o další stupeň, který zajistí vysoké procento odstranění látek spadajících do kategorie přípravků na ochranu rostlin. Nejčastěji se aplikuje kombinace ozonizace a filtrace přes aktivní uhlí, popř. membránová separace. Z poslední doby lze jmenovat například rekonstrukci úpravní vody Plzeň, či připravovanou a velmi nákladnou modernizaci úpravní vody Želivka. Všechny tyto modernizace jsou velice nákladné, a to jak z pohledu investičních nákladů (přesahují miliardy), tak i z pohledu návazných nákladů provozních s negativním dopadem na výši cen vodného pro koncového spotřebitele. Dalším nežádoucím projevem těchto rekonstrukcí je obvykle snížení maximální kapacity úpraven vod, které je problematické vzhledem k častějším výskytům sucha a nutnosti budovat propojení jednotlivých vodárenských soustav. Do budoucna je také nutné počítat se skutečností, že k těmto nákladným úpravám a rekonstrukcím budou nuceni přistoupit i další vlastníci a provozovatelé úpraven vod. Podle zprávy Ministerstva zemědělství *Vodovody a kanalizace 2015* došlo v minulém roce k mírnému zvýšení počtu vzorků s překročenou nejvyšší mezní hodnotou pro vybrané parametry. Tato zpráva explicitně uvádí jako důvod zvýšený výskyt pesticidů v surové vodě sloužící jako zdroj pro výrobu vody pitné. Na 6. meziresortní jednání k plnění opatření Národního akčního plánu na snížení používání pesticidů v ČR k problematice rizik přípravků na ochranu rostlin pro povrchové a podzemní vody konaném dne 4. října 2016 na Ministerstvu životního prostředí přednesl zástupce Povodí Vltavy, s. p., RNDr. Marek Liška, Ph.D., že v roce 2013 spotřeba glyfosátu v ČR dosáhla 935 tun.

V návaznosti na výše uvedené skutečnosti proto nelze na snaze SOVAK ČR o omezení užívání glyfosátu a dalších přípravků na ochranu rostlin vidět nic nepochopitelného ani závadného.



V tomto světle pak článek Zbytečná hysterie kolem používání glyfosátu, zejména pak celkové vyznění článku, může u laické veřejnosti vzbuzovat dojem, že prováděné rekonstrukce úpraven vody s jednoznačným negativním dopadem na výši plateb za vodné jsou vlastně zbytečné a neodůvodněné. Jsem přesvědčen, že přes věcnou správnost autorova sdělení považuji zveřejnění takového článku v časopise zaměřeném na ochranu vodního prostředí za nevhodné a neuvážené.

Autor

Ing. Ondřej Beneš

✉ benes@sovak.cz

člen představenstva SOVAK ČR

VTEI/2017/1

Od roku 1959

**VODOHOSPODÁŘSKÉ
TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE
WATER MANAGEMENT
TECHNICAL AND ECONOMICAL INFORMATION**

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

Ročník 59



VTEI.cz

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

Redakční rada:

Mgr. Mark Rieder (šéfredaktor), RNDr. Dana Baudišová, Ph.D., Ing. Petr Bouška, Ph.D., RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur, Mgr. Róbert Chriašteľ, Mgr. Vít Kodeš, Ph.D., Ing. Jiří Kučera, Ing. Milan Moravec, Ph.D., Ing. Josef Nistler, Ing. Jana Poórová, Ph.D., RNDr. Přemysl Soldán, Ph.D., Dr. Ing. Antonín Tůma

Vědecká rada:

Ing. Petr Bouška, Ph.D., doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D., prof. RNDr. Bohumír Janský, CSc., prof. Ing. Radka Kodešová, CSc., RNDr. Petr Kubala, Ing. Tomáš Mičaník, Ing. Michael Trnka, CSc., Mgr. Zdeněk Venera, Ph.D., Dr. rer. nat. Slavomír Vosíka

Výkonný redaktor:

Lenka Jeřábková
T: +420 220 197 465
E: lenka_jerabkova@vuv.cz

Kontakt na redakci:

E: info@vtei.cz

Autoři fotografií tohoto čísla:

Archiv VÚV

Grafická úprava, sazba, tisk:

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

Náklad 1500 ks

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

ISSN 0322-8916
ISSN 1805-6555 (on-line)
MK ČR E 6365



VODNÍ ELEKTRÁRNA V HRUBÉM JESENÍKU

Letecký pohled na horní nádrž přečerpávací vodní elektrárny na vrcholu hory Dlouhé Stráně (1 350 m n. m.) v Hrubém Jeseníku. Hloubka nádrže je 26 m, plocha 15,4 ha, provozní objem 2 580 000 m³, rozdíl hladin dolní a horní nádrže je 510,7 m. Voda v nádrži je z říčky Divoká Desná. Elektrárna má největší reverzní vodní turbínu v Evropě – 325 MW, je elektrárnou s největším spádem v České republice a má největší instalovaný výkon v ČR – 2 x 325 MW. V pozadí snímku je vidět Praděd, nejvyšší hora Moravy (1 491,3 m n. m.). Na vrcholu stojí televizní vysílač, jehož horní plošina je nejvyšším umělým bodem v celé České republice. *Text a fotografii dodal Jiří Jiroušek, www.nebeske.cz.*

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz