

Martin Vokoun, Pavel Treml a kol.

Možnosti umělého zasněžování vs. hydrologická balance ovlivněná změnou klimatu

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka
veřejná výzkumná instituce, Praha
martin.vokoun@vuv.cz | www.vuv.cz

- ▶ **Posouzení dopadů** technického zasněžování na hydrologický cyklus (*TAČR - Podpora dlouhodobého plánování v oblasti vodního hospodářství na území Krkonošského národního parku s důrazem na řešení problematiky vlivu technického zasněžování na pokles průtoků s cílem zvýšit dlouhodobou efektivitu ochrany přírody a krajiny*)
- ▶ **Vytyčení rizikových procesů** během výroby technického sněhu
- ▶ Podrobný **popis koloběhu vody** na sjezdových tratích
- ▶ **Popis fyzikálně chemických procesů**, které nejsou v současné době dostatečně ověřeny a stávají se předmětem **konfliktů** stran provozovatelů ski-areálů a subjektů ochrany přírody

- ▶ Zasněžovaná plocha: **1 470 ha** sjezdovek (70% z celkového počtu 2 100 ha sjezdovek)
 - ▶ 20-35 cm t. sněhu $\Rightarrow$ 7-12 cm vody (70-120 l/m²)
- ▶ Průměrná roční spotřeba vody: **3 mil. m³**
- ▶ Odběr z **toku** nebo **akumulační nádrže**



Obrázek 1: Odběr vody Černohorský potok



Obrázek 2: Akumulační nádrž Kohůtky

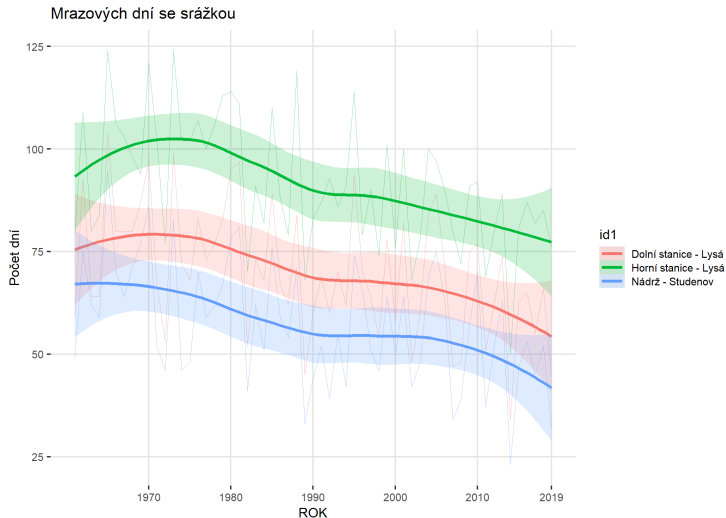
Odběr z toku

- ▶ Nižší pořizovací náklady
- ▶ Množství dostupné vody, není potřeba skladovat
- ▶ Povolení a limity odběru
- ▶ Závislost na aktuálním průtoku
- ▶ Nezaručená kvalita vody

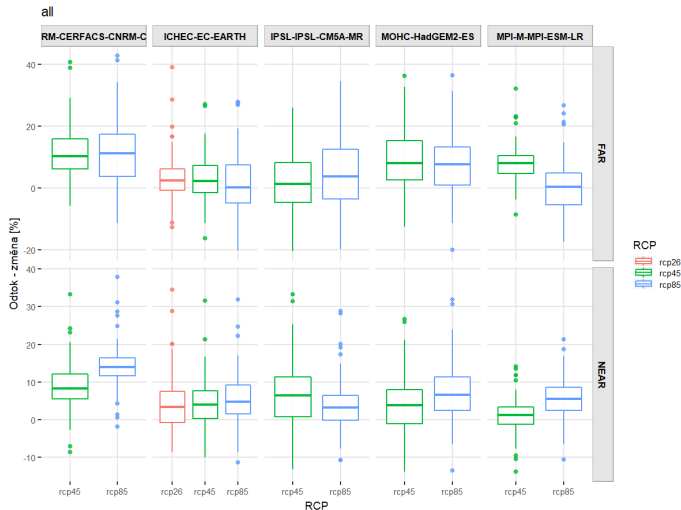
Odběr z akumulční nádrže

- ▶ Dostupnost vody v období sucha
 - ▶ Neomezený momentální odběr
 - ▶ Možnost kontroly kvality vody
 - ▶ Možnost předúpravy vody
 - ▶ Možnost nadlepšování průtoků
-
- ▶ Náklady na budování
 - ▶ Náročnost na umístění
 - ▶ Omezený objem

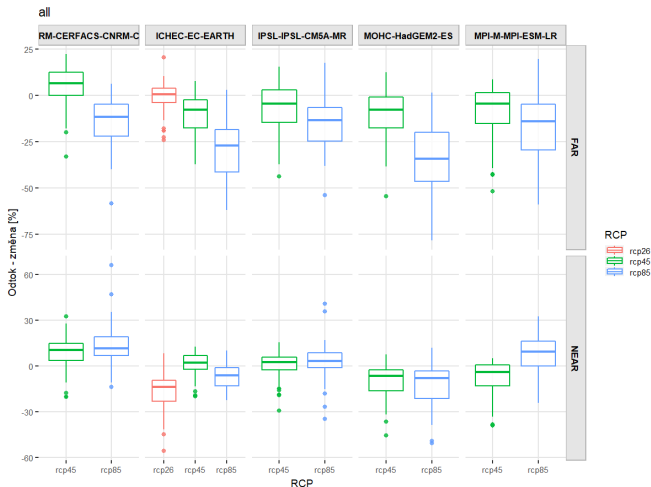
- ▶ Horší podmínky : vyšší teplota $\Rightarrow$ méně přírodního sněhu a méně dnů vhodných k zasněžování
- ▶ Riziko nedostatku vody pro odběr
- ▶ Intenzivnější oblevy $\Rightarrow$ potřeba vyšší zásoby sněhu



Obrázek 3: Počet mrazových dní se srážkou v různých nadmořských výškách v Rokytnici n. Jizerou v letech 1960-2019



Obrázek 4: Hydrologická projekce změny odtoku v povodí Huťského potoka pro období celého roku v obdobích 2021-2050 (NEAR) a 2061-2090 (FAR)



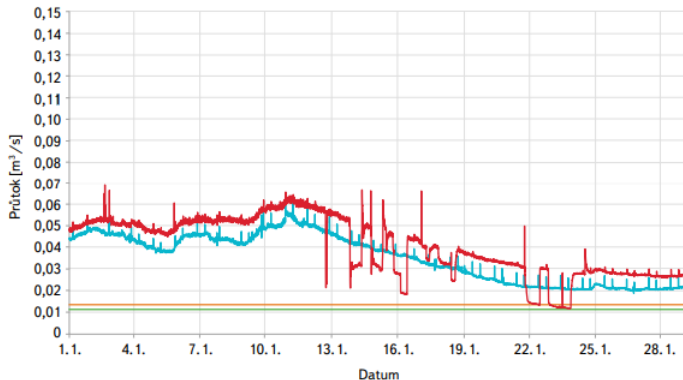
Obrázek 5: Hydrologická projekce změny odtoku v povodí Huťského potoka pro období prosince v obdobích 2021-2050 (NEAR) a 2061-2090 (FAR)

- ▶ Technický x Přírodní sněh - odlišné vlastnosti
?Dopad na hydrologický režim?

- ▶ 22 měrných profilů na území NP Krkonoše

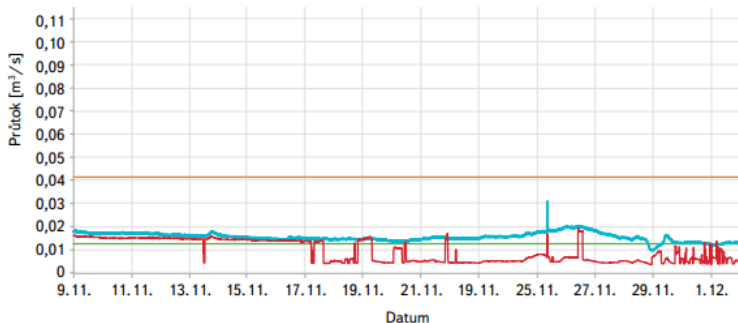
- ▶ Srovnání:
 1. **Fyzikálních** vlastností technického a přírodního sněhu (VHS, hustota sněhu)
 2. **Chemických** vlastností technického. a př. sněhu
 3. **Půdní vlhkosti a teploty** pod technickým a přírodním sněhem

Měření průtoků



Obrázek 6: Příklad vlivu odběrů vody na průtoky malého vodního toku za běžné zimy (Černý potok v lednu 2018)

Měření průtoků



Obrázek 7: Příklad vlivu odběrů vody na průtoky středně velkého vodního toku v období nízkých průtoků – v době, kdy byl průtok pod hranicí minimálního zůstatkového průtoku pro odběry vody, tzn. období, v němž není povolen odběr vody (Černohorský potok v listopadu a začátkem prosince 2018)

Měření fyzikálních vlastností

- ▶ VHS závisí na meteorologickém průběhu zimy, na zasněžovaných plochách pak na způsobu péče (zasněžování x odhrnování sněhu)
- ▶ sjezdové tratě v průměru mezi $1,3$ až $1,9\times$ více vody ve sněhu



Obrázek 8: Měrný válec pro měření VHS

Měření fyzikálních vlastností



Měření chemických vlastností

- Měření konduktivity a chemického složení vody a sněhu



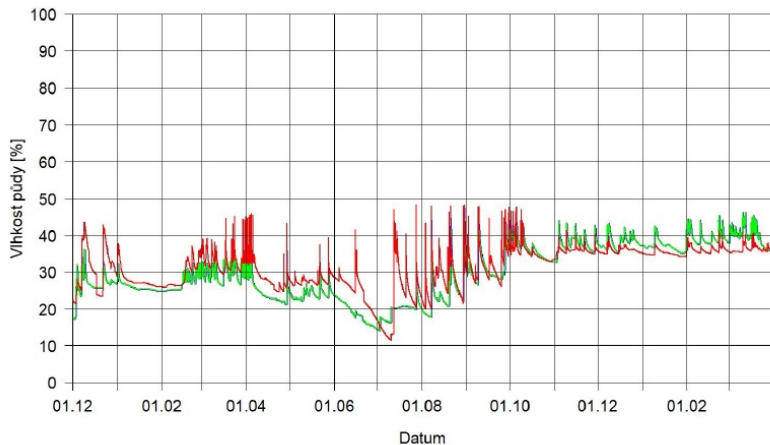
Měření chemických vlastností

Vzorek		pH	Cl	Amonné ionty	NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N _{celk.}	P _{celk.}	Konduktivita
		-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	μS/cm
přírodní sněh	od	5,1	< 1,00	< 0,050	< 0,500	< 0,039	< 0,113	< 1,00	< 0,025	2,8
	do	7,0	< 1,00	0,064	0,506	0,05	0,114	< 1,00	< 0,025	5,3
	sněh Sv. Petr 10. 12. 2018	5,1	2,28	0,151	0,593	0,117	0,134	< 1,00	< 0,025	14,4
sněh na sjezdovce	od	5,3	< 1,00	0,067	< 0,500	0,052	< 0,113	< 1,00	< 0,025	4,7
	do	7,0	< 1,00	0,244	0,795	0,19	0,18	< 1,00	0,039	18,7
	černá FIS sjezdovka ve Špindlerově Mlýně 13. 3. 2019	8,2	19,0	8,18	0,649	6,35	0,147	6,54	< 0,025	93,3
	sjezdovka na Hnědém vrchu v Peci pod Sněžkou 13. 3. 2019	6,9	< 1,00	0,102	1,6	0,079	0,361	< 1,00	< 0,025	29,1
vodní toky	od	4,8	< 1,00	< 0,050	1,18	< 0,039	0,267	< 1,00	< 0,025	16
	do	7,2	1,85	< 0,050	2,9	< 0,039	0,655	< 1,00	0,027	81
	Černý potok 20. 2. 2019	7,0	1,99	0,145	4,65	0,113	1,05	1,04	0,082	61
	Huťský potok	7,6	39,0	< 0,050	5,5	< 0,039	1,24	1,39	0,049	155
Limit pro pitnou vodu		6,5–9,0	100	0,5	50					1250

Poznámka: V tabulce jsou zobrazeny mezní hodnoty změřených koncentrací znečišťujících látek a uvedeny vzorky odchylující se od těchto hodnot. Oranžově jsou zvýrazněny hodnoty vzorků překračující limit pro pitnou vodu a zeleně jsou zvýrazněny hodnoty vzorků, které jsou nižší, než je hodnota mezní detekce laboratorního stanovení koncentrace dané látky.

Měření půdní vlhkosti a teploty

- TMS-4: Teplota povrch, 15 a 30 cm, vlhkost 15-30 cm



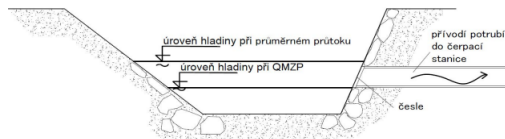
■ Louka 1

■ Sjezdovka 1

Poznatky:

- ▶ Fyzikální vlastnosti se s nástupem období tání vyrovnávají
- ▶ Voda z technického sněhu je "chemicky" čistší než voda ve zdrojovém toku
- ▶ Nebyl prokázán (negativní) vliv technického sněhu na teplotu a vlhkost půdy

- Odběry - zranitelnost malých toků a při nízkých vodních stavech

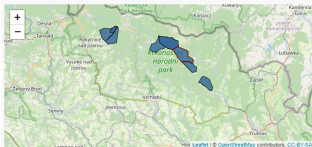


Obrázek 10:

- Riziko kvality odebírané vody
⇒ Akumulační nádrže, sledování kvality vody v odběrném místě

► Program "Odběr vody"

Odběr vody 1.0 🔍 Výpočet 🗺 Vzorová povodí 📄 O programu 👤 O projektu



Předpokládá se denní úhrny srážek a průměrná denní teplota vzduchu v následujících 14 dnech

Datum	Srážky [mm]	Teplota [°C]	Dostupný odběr [l/s]
30.09.2021	2.06	8.39	115.63
01.10.2021	2.55	6.59	171.44
02.10.2021	2.88	6.78	209.59
03.10.2021	2.33	6.36	141.51
04.10.2021	7.54	6.56	596.08
05.10.2021	6.36	6.19	500.44
06.10.2021	3.98	6.00	303.35
07.10.2021	4.31	6.03	324.47
08.10.2021	5.93	6.28	449.76
09.10.2021	4.34	6.34	316.80
10.10.2021	4.93	5.54	364.38
11.10.2021	4.68	5.39	341.90
12.10.2021	4.75	5.88	340.41
13.10.2021	3.40	6.33	225.45

Vybrané povodí:

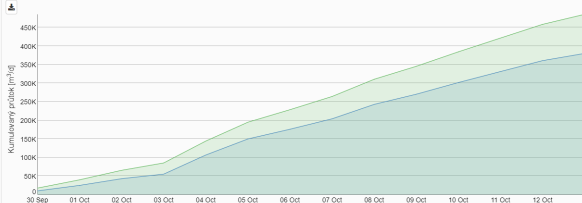
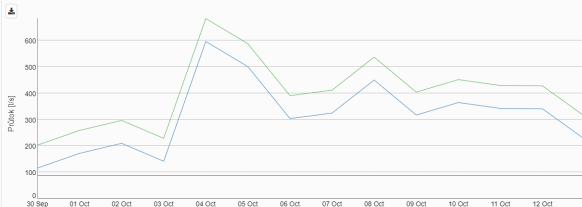
Zelený potok

☒ Použít dlouhodobé průměry

[Vypočítat](#)

Vykreslit grafy:

☒ průtoků ☐ srážek a teplot



Tento software byl vytvořen se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Epsilon.

- ▶ <https://shiny.vuv.cz/Zasnezovani/>
- ▶ <https://www.vtei.cz/wp-content/uploads/2019/08/6104-casopis-VTEI-Dopad-technickeho-zasnezovani.pdf>

Děkuji za pozornost