



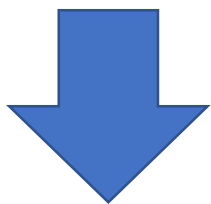
Využití automatického měření výšky sněhu a SWE ke zpřesnění úhrnu zimních srážek

Michal Jeníček, Štěpán Peňáz



FACULTY OF SCIENCE
Charles University

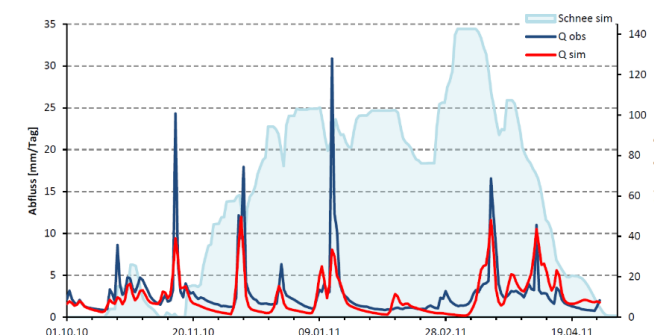
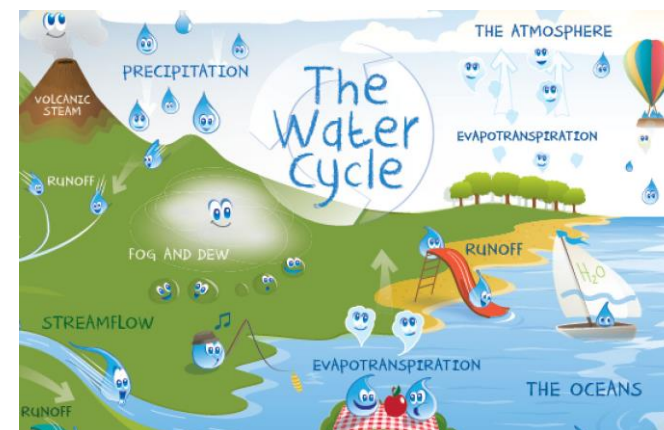
Chyby měření pevných srážek mohou dosahovat 20-50 % díky jejich podhodnocení vlivem větru



Chybná vodní bilance



Problém pro modelování akumulace a tání sněhu a odtoku, především v horských oblastech



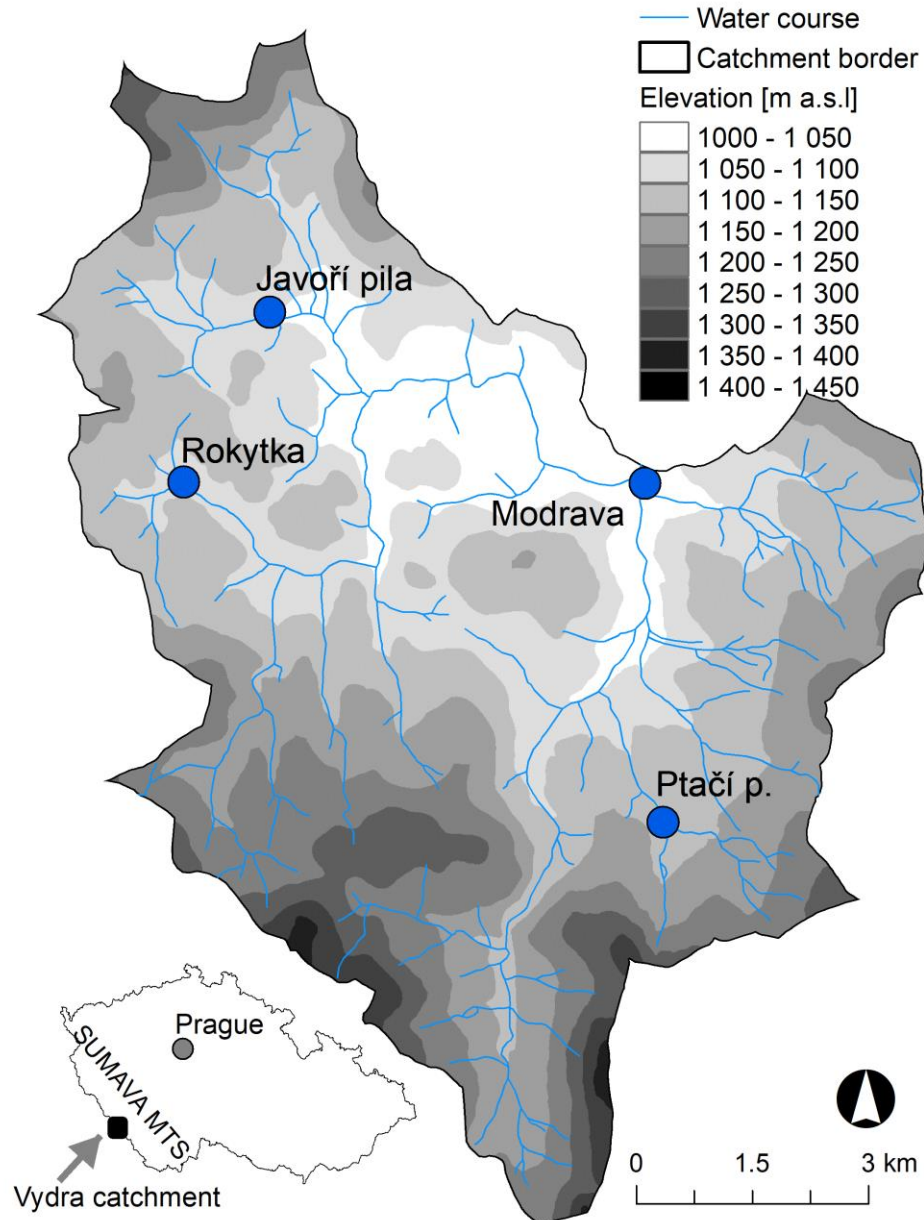
Double Fence Intercomparison Reference
(DFIR), Bratt's Lake, Saskatchewan, Canada.

1) Použití automatického měření výšky sněhu a SWE pro výpočet zimních srážek

2) Ověření různých měřených a vypočtených srážkových řad pomocí s-o modelu simulující odtok z povodí

Ultrazvukové měření výšky sněhu a SWE,
Hubertky, Krušné hory, Česko





4 lokality na Šumavě

- Modrava: KFGG, sněhoměrné váhy (Sommer Messtechnik)
- Rokytky: KFGG, sněhoměrný polštář, (Fiedler-Mágr)
- Ptačí potok: KFGG, SnowPack Analyser SPA (Sommer Messtechnik)
- Javoří pila: ČHMÚ, sněhoměrný polštář (Fiedler-Mágr)



Modrava



Ptačí p.



Javoří pila



Rokytka

Všude: výška sněhu, SWE, teplota vzduchu, vlhkost vzduchu.

Modrava: vyhřívaný člunkový srážkoměr

SWE

- Modrava: sněhoměrné váhy (Sommer Messtechnik)
- Ptačí potok: měření impedance (SnowPack Analyser SPA, Sommer Messtechnik)
- Rokytka, Javoří pila: sněhoměrný polštář (Fiedler-Mágr)

Výška sněhu

- Ultrazvukový senzor, Javoří pila navíc laserový senzor

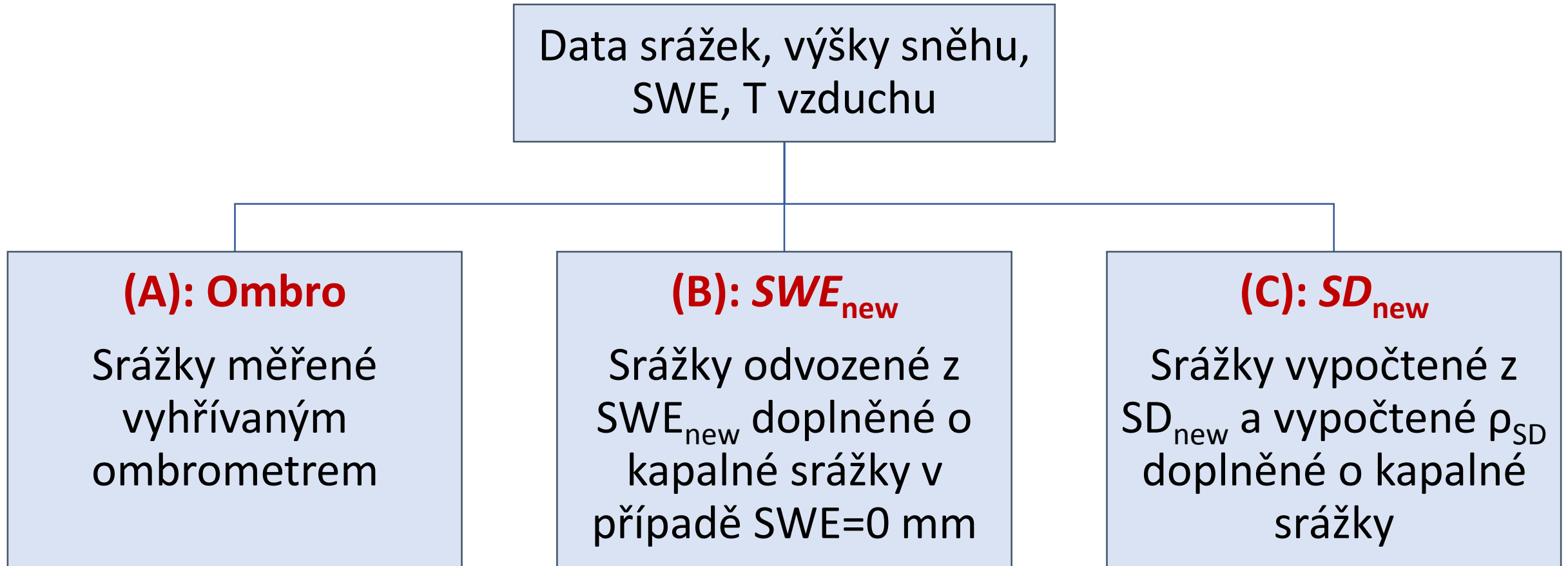
Další meteorologické veličiny

- směr a rychlost větru (Modrava), globální a odražená krátkovlnná radiace (Modrava, Ptačí potok), dlouhovlnná radiace (Ptačí potok) atd.

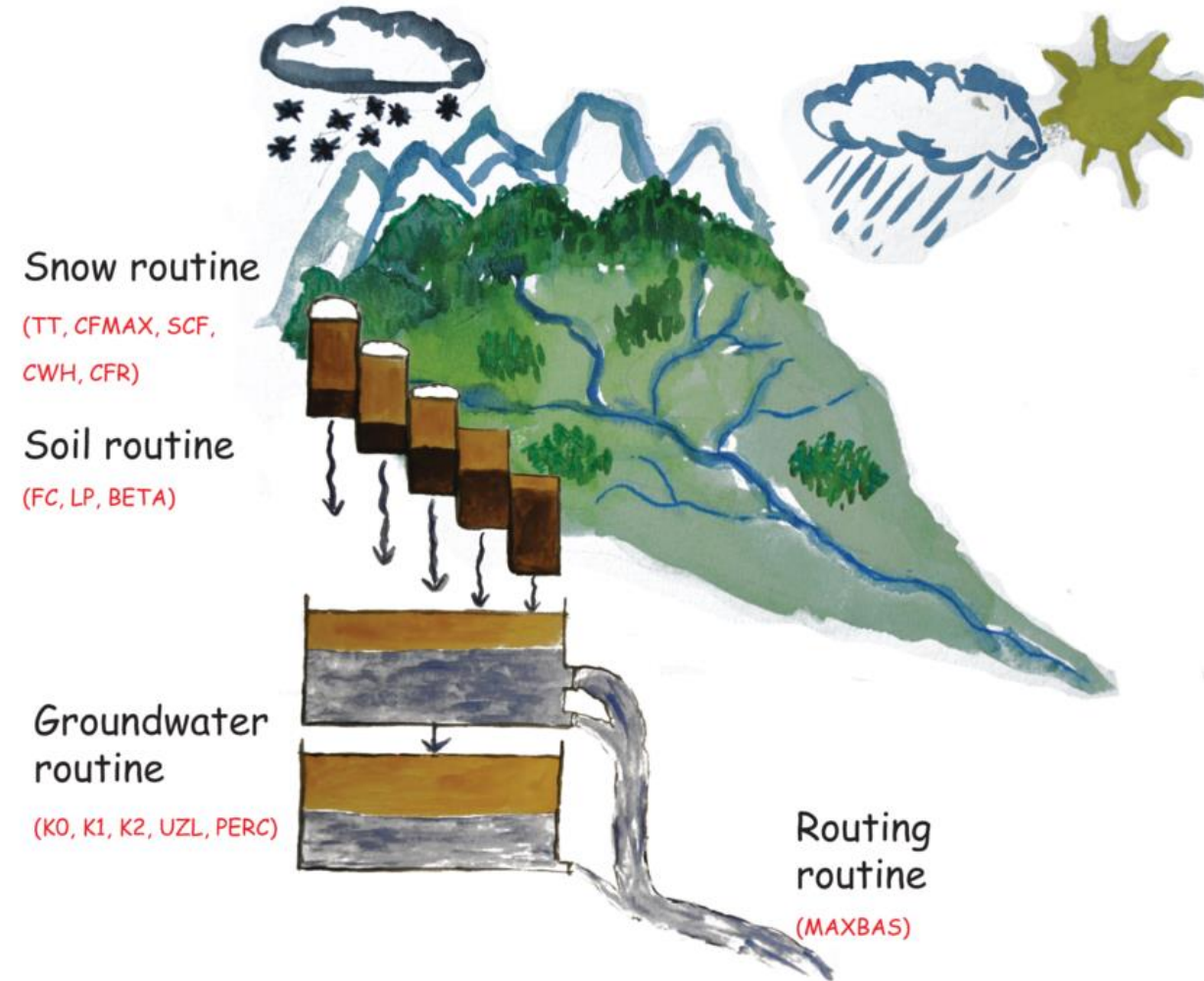
Analyzována data z 2015/16 a 2016/17

Kritéria pro výběr události sněžení (celkem **54 sněhových událostí**)

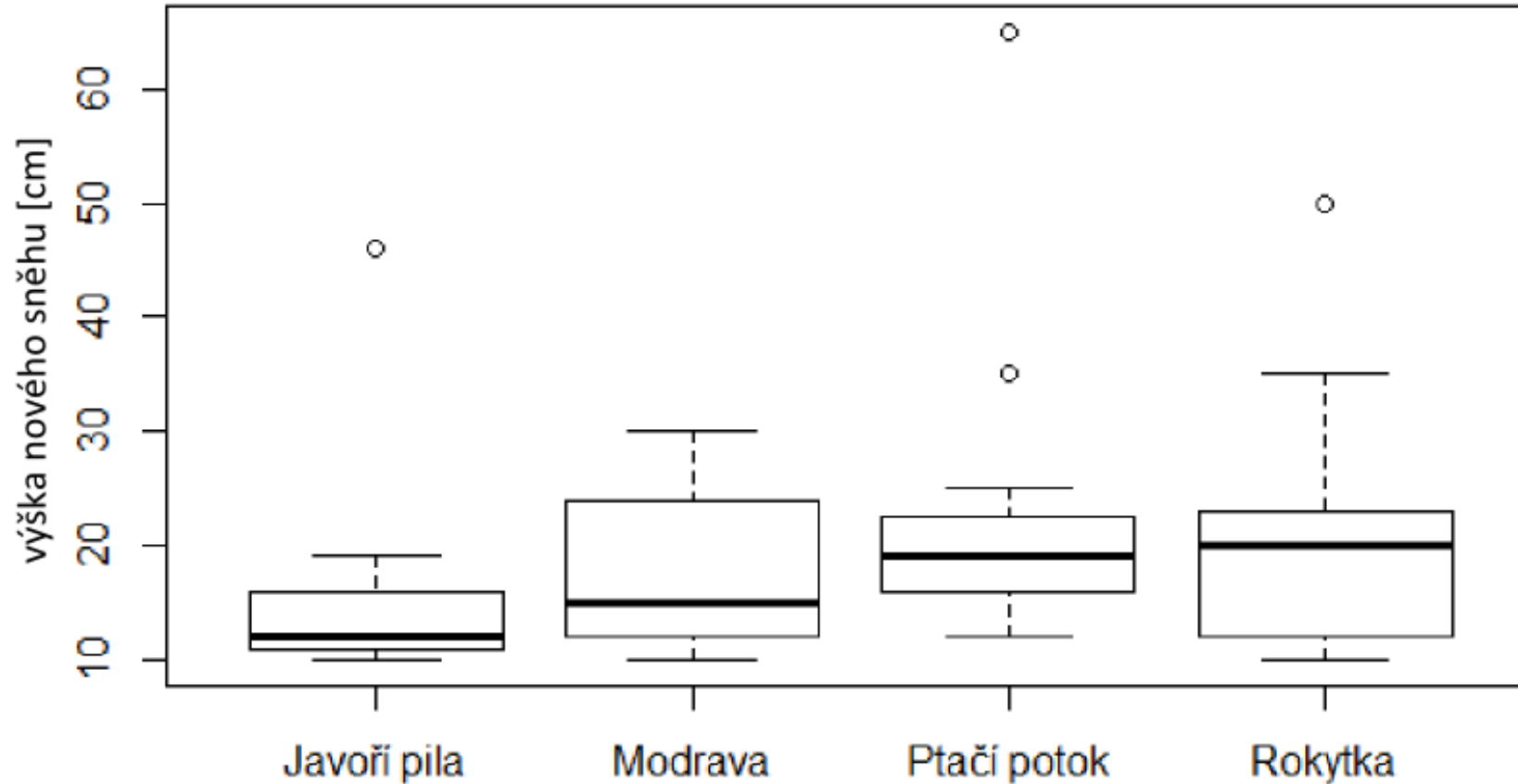
- 1) Průměrná denní T vzduchu $T_a < 0^\circ\text{C}$
 - 2) Výška nového sněhu $SD_{\text{new}} > 10 \text{ cm/den}$
 - 3) Vodní hodnota nového sněhu $SWE_{\text{new}} > 10 \text{ mm/den}$
- Zjištění regresní závislosti hustoty nového sněhu na T vzduchu a vlhkosti vzduchu
 - Odvození rovnice pro výpočet hustoty nového sněhu (ρ_{SD}).



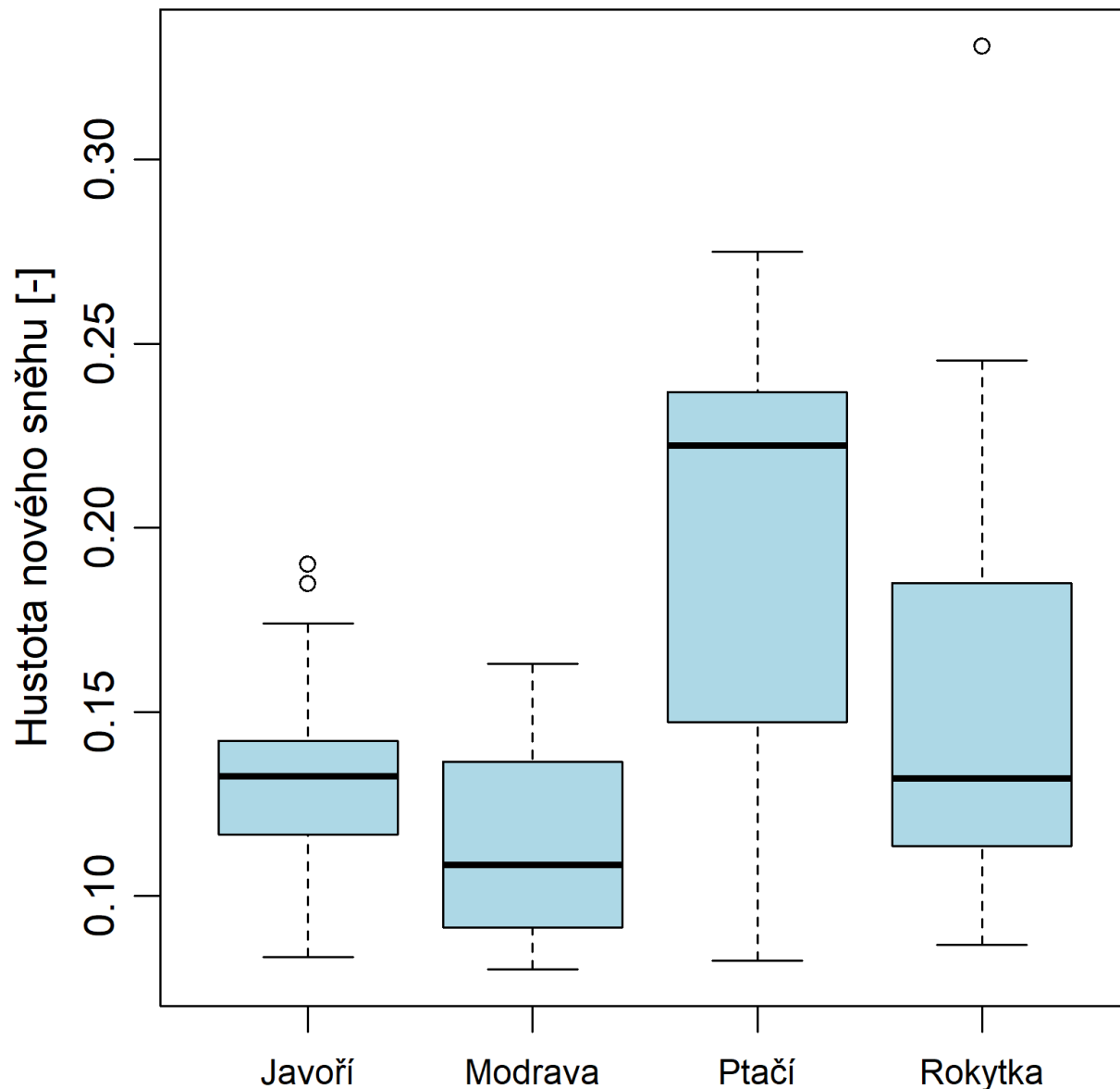
1. HBV-light model (Seibert and Vis, 2012)
2. Povodí Vydry (Modrava) a Roklanského potoka (Modrava)
3. Model HBV byl kalibrován pro **tři kombinace vstupních srážek** (A, B a C)
4. Vícekriteriální kalibrace modelu za použití **dvou objektivních funkcí**. Model kalibrován oproti Q



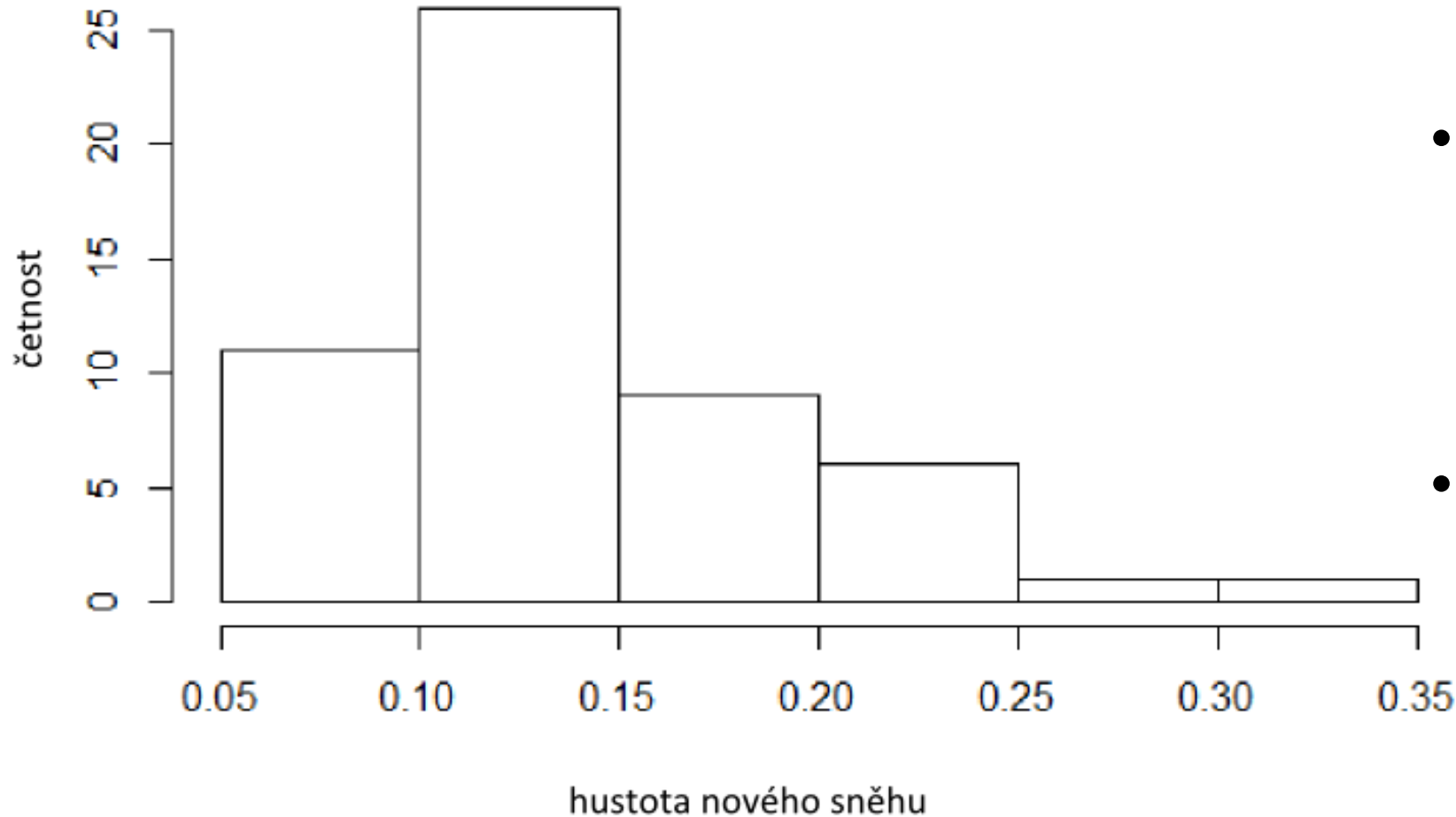
Objektivní funkce	Rovnice	Váha kritéria
Nash-Sutcliffe (NSE_{\log})	$NSE_{\log} = 1 - \frac{\sum(\ln Q_{obs} - \ln Q_{sim})^2}{\sum(\ln Q_{obs} - \overline{\ln Q_{obs}})^2}$	70%
Chyba objemu odtoku (V_{err})	$V_{err} = 1 - \frac{ \sum(Q_{obs} - Q_{sim}) }{\sum(Q_{obs})}$	30%
Výsledná objektivní funkce	$R_{weighted} = a \cdot NSE_{\log} + b \cdot V_{err}$	n.a.



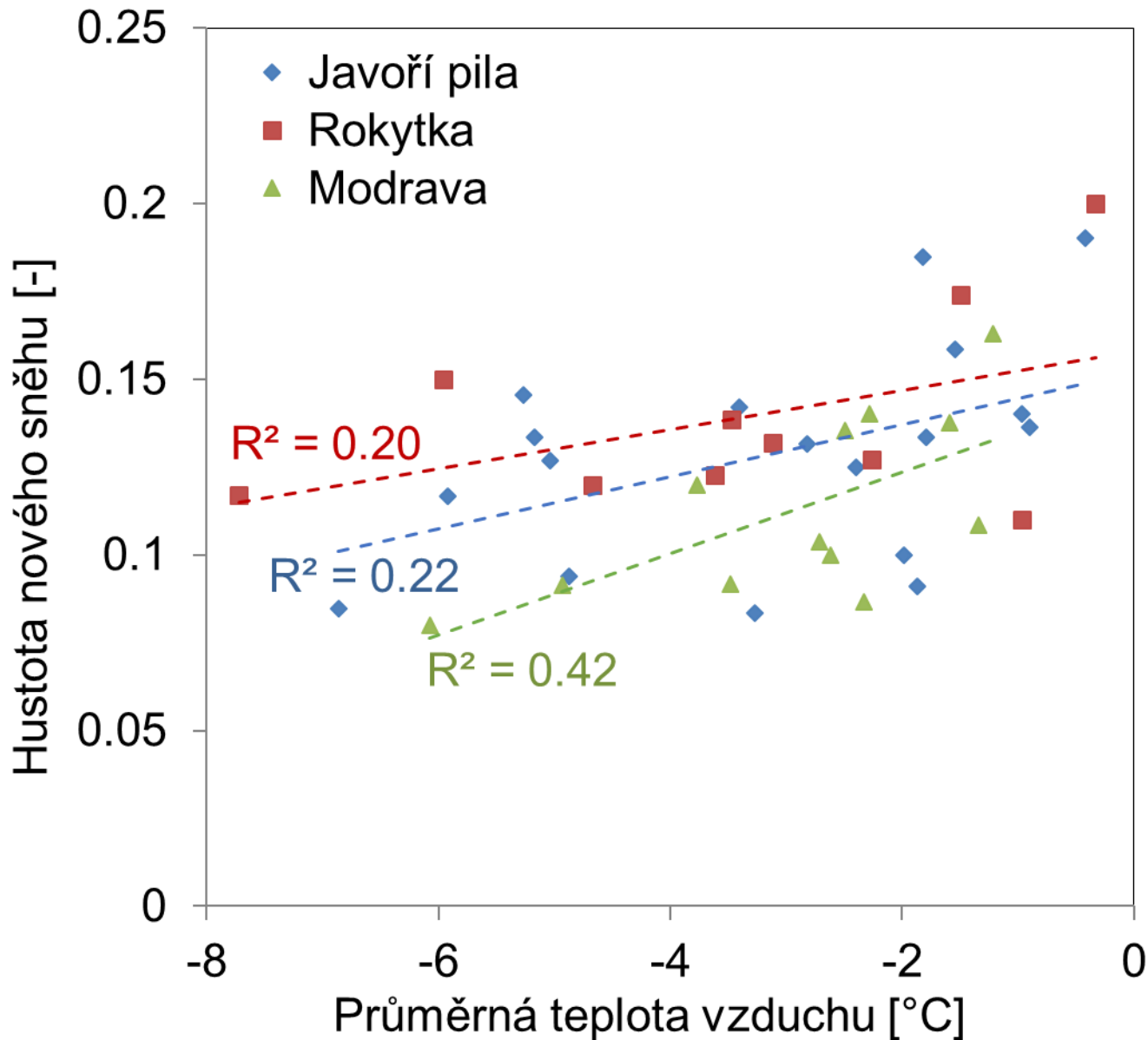
- Charakteristika událostí dle výšky nového sněhu
- Typicky (i vícedenní) události s přírůstkem 10-30 cm



- Hustota nového sněhu v sezónách 2016 a 2017 na studovaných lokalitách
- Hustota nového sněhu typicky v rozmezí 0,08 – 0,2 (s výjimkou Ptačího potoka)
- Několik hodnot na Ptačím potoce zřejmě ovlivněno větrem či chybou měření – bude předmětem zkoumání



- Hustota nového sněhu v sezónách 2016 a 2017 na studovaných lokalitách
- Hustota nového sněhu typicky v rozmezí 0,08 – 0,2 (s výjimkou Ptačího potoka)
- Několik hodnot na Ptačím potoce zřejmě ovlivněno větrem či chybou měření – bude předmětem zkoumání



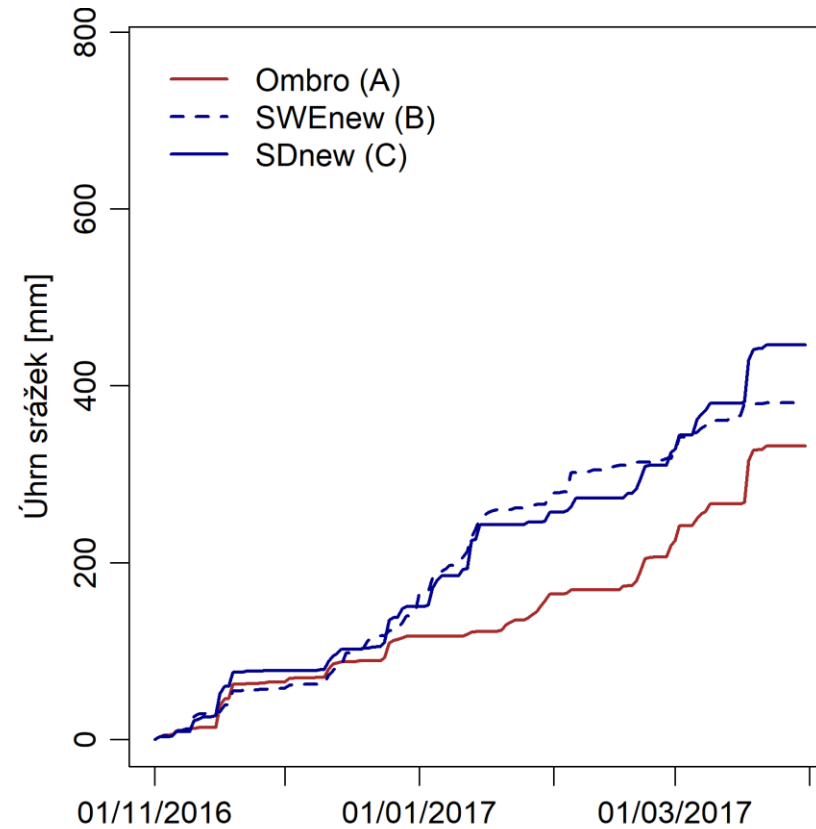
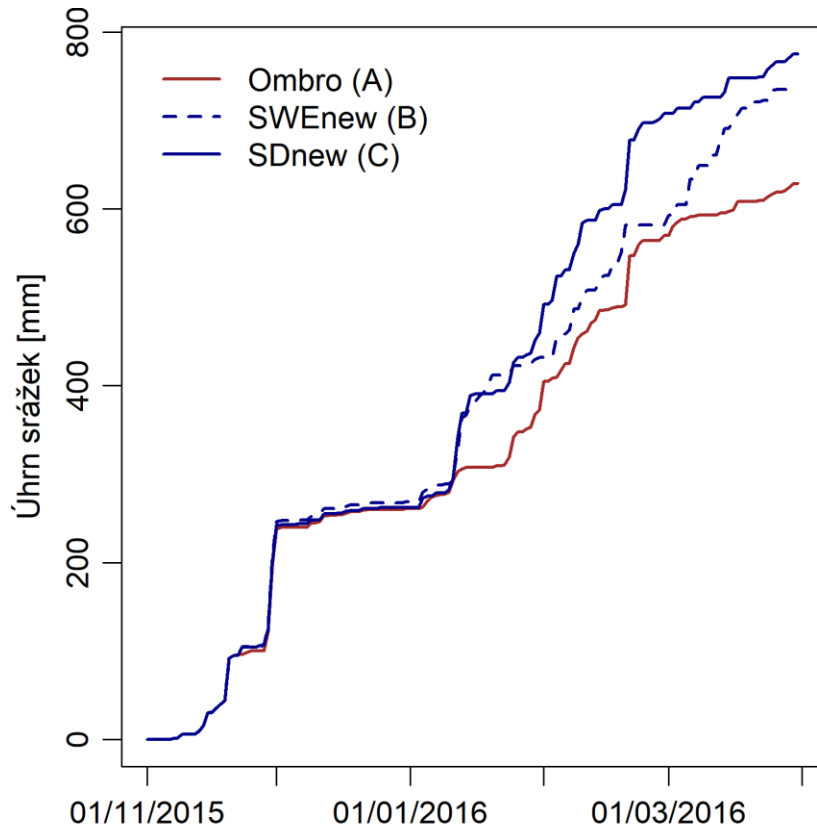
Závislost hustoty na teplotě
signifikantní na 5% hladině
významnosti:

- Modrava
- Javoří pila
- Všechny stanice dohromady

Závislost hustoty na teplotě
signifikantní na 5% hladině
významnosti:

- Javoří pila

Výsledky: Zimní srážky Modrava



Zimní srážky na Modravě v chladném půlroce 2016 (vlevo) a 2017 (vpravo).

- Ombro (A): vyhřívaný ombrometr
- SWEnew (B): vypočtené z SWE_{new}
- SDnew (C): vypočtené z SD_{new} a ρ_{SD}

2016

- ombrometr 629 mm
- přírůstky SD_{new} 775 mm
- relativní podhodnocení ombrometru 18,8 %

2017

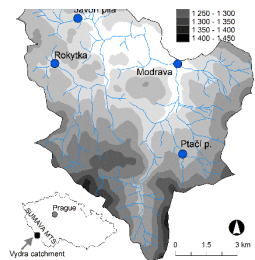
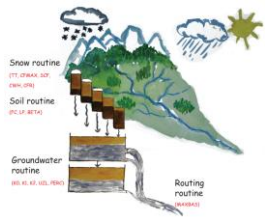
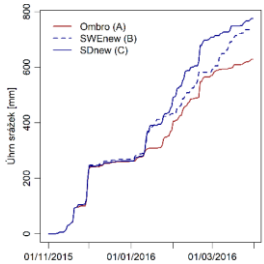
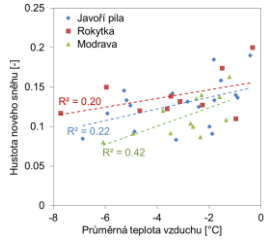
- ombrometr 332 mm
- přírůstky SD_{new} 446 mm
- relativní podhodnocení ombrometru 25,5 %

Ombrometr

Výška sněhu

SWE

Povodí (rok)	Ombrometr		Výška sněhu		SWE	
	NSE_{\log} (ombro)	V_{err} (ombro)	NSE_{\log} (SD_{new})	V_{err} (SD_{new})	NSE_{\log} (SWE_{new})	V_{err} (SWE_{new})
Roklanský (2016)	0,58	0,78	0,72	0,93	0,58	0,90
Roklanský (2017)	-0,90	0,59	-0,42	0,62	-0,86	0,62
Modravský (2016)	0,86	0,95	0,85	0,95	0,80	0,99



- Hustota nového sněhu je závislá na teplotě vzduchu. Závislost na vlhkosti vzduchu prokázána jen omezeně
- Způsob měření a výpočtu zimních srážek generoval rozdíly až 25 % dle způsobu výpočtu -> použití automatických senzorů může přinést zpřesnění odhadu zimních srážek na povodí.
- S-O model HBV simuloval lépe odtok z povodí za použití vypočtené řady srážek oproti srážek z ombrometru.
- Zatím pouze předběžné výsledky -> nelze je přijmout jako zobecnitelné a prakticky aplikovatelné na jiné lokality.