

Reakce sněhové pokrývky na dešťové srážky

Obhajoba disertační práce

Ing. Roman Juras

8.12.2016

Struktura prezentace

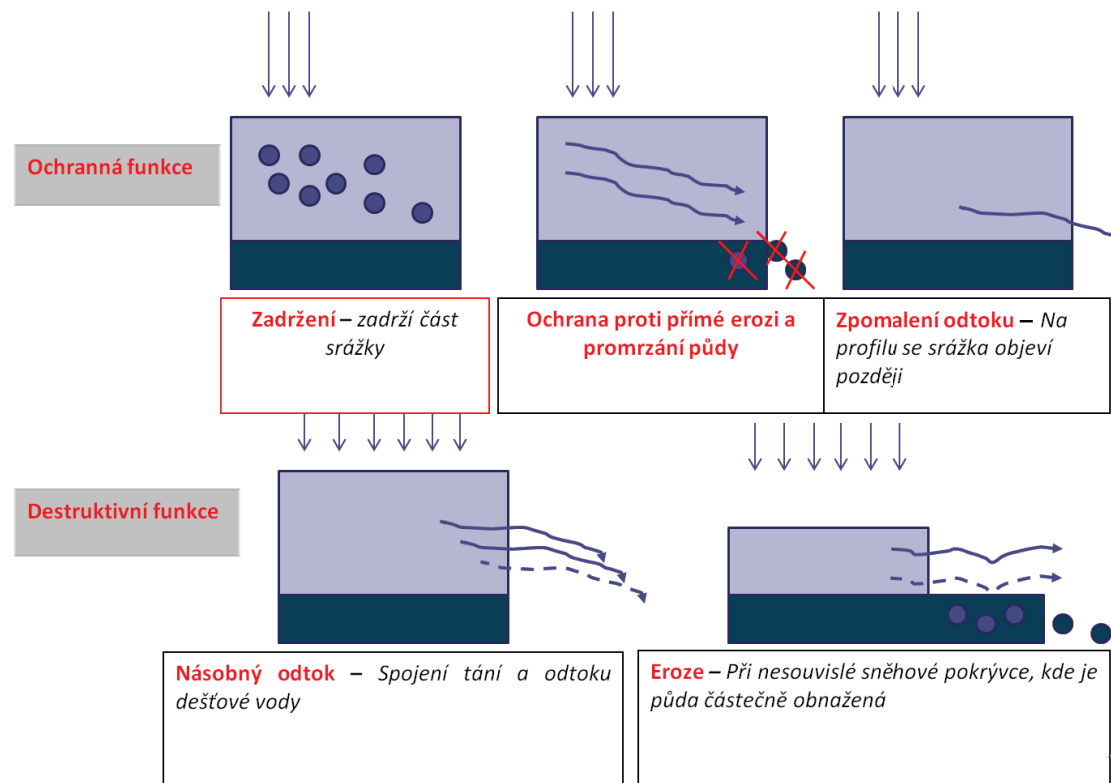
- ▶ Motivace k sepsání disertační práce
- ▶ Přehled dosavadního výzkumu
- ▶ Cíle disertační práce
- ▶ Metodika disertační práce
- ▶ Přehled výsledků
- ▶ Závěr



Motivace k sepsání disertační práce

- ▶ **Rain-on-snow (ROS):** dešťové srážky na sněhovou pokrývku
- ▶ **Přírodní ohrožení:** zvýšená lavinová a povodňová aktivita
- ▶ **Povodně způsobené táním sněhové pokrývky** v kombinaci s deštěm jsou velmi aktuální v mnoha regionech (Česká republika, Německo, Švýcarsko, USA, Kanada)
- ▶ ROS se vlivem změny klimatu vyskytují častěji ve vyšších nadmořských výškách i zeměpisných šířkách.
- ▶ Mechanismus vzniku odtoku ze sněhu během deště je důležitý pro předpověď celkového odtoku, ale stále chybí dostatečné znalosti

Základní hydrologické funkce sněhové pokrývky během ROS událostí



Základní informace o ROS

Definice

Alespoň 3mm deště na sněhovou pokrývku min SWE = 10mm (Freudiger et al. 2014).

- ▶ Většinou se vyskytují v malých intenzitách kolem 1-2 mm/h, extrémy mohou tvořit i 10 - 30 mm/h (Osterhuber, 1999). Celkové denní úhrny mohou dosahovat i 70 mm - Leden 2011, Německo (Böhm et al. 2011).
- ▶ Změna fyzikálních parametrů sněhové pokrývky při kontaktu s dešťovou vodou -
 - ▶ Teplota sněhu (Conway and Benedict, 1999)
 - ▶ Hustota, pórovitost (Marshall et al., 1999)
 - ▶ Stabilita pokrývky (Conway and Raymond, 1993).
- ▶ Retenční vlastnosti sněhové pokrývky závisí především na jejích fyzikálních vlastnostech

Cíle práce

Hlavním cílem disertační práce je posoudit vliv sněhové pokrývky na transformaci dešťových srážek.

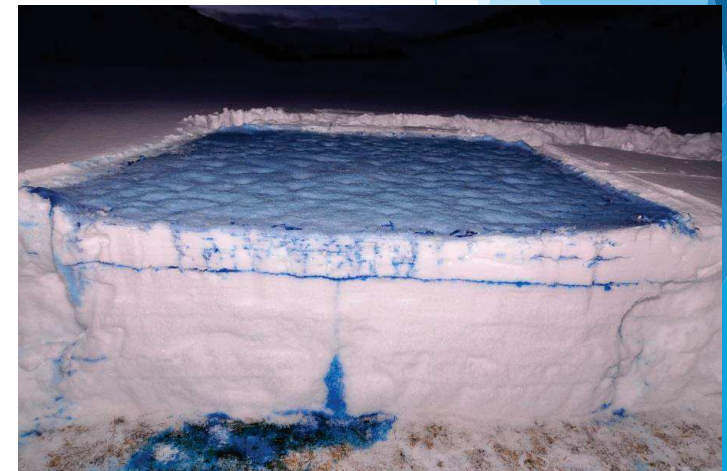
Pro splnění tohoto cíle je nutné odpovědět na několik dílčích otázek

- ▶ **Navrhnout vhodnou metodiku simulace ROS a experimentálního měření hydrologických parametrů.**
- ▶ **Charakterizovat dynamiku proudění dešťové vody v různých typech sněhové pokrývky.**
 - ▶ Jak ovlivňují vlastnosti sněhové pokrývky charakter proudění a transport dešťové vody ve sněhové pokrývce?
 - ▶ Jak rychle se tvoří odtok ze sněhové pokrývky během ROS v závislosti na charakteristikách zasažené sněhové pokrývky a intenzitě deště?
 - ▶ Jak se podílí dešťová voda na celkovém výtoku ze sněhové pokrývky s různými vlastnostmi?
 - ▶ Jak se mění vlastnosti sněhové pokrývky vlivem deště?

METODIKA

Simulace dešťových srážek na sních

- ▶ Stopovače
 - ▶ barvivo Brilliant blue FCF,
 - ▶ deuterium D_2O - separace hydrogramu
- ▶ Typy sněhové pokrývky
 - ▶ **Nevyztálá pokrývka** - hustota $\leq 250 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, teplota $< 0^\circ\text{C}$
 - ▶ **Vyztálá pokrývka** - hustota $\geq 300 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, teplota $\approx 0^\circ\text{C}$ (izotermální)



Nastavení experimentů

Souvislá pokrývka

- Lyzimetr instalovaný před sezónou
- Umožněno roztékání do stran
- Umožněna infiltrace do půdy
- Barvivo
- **Určení charakteru proudění**



Izolovaná pokrývka

- Lyzimetr instalován před experimentem
- Zamezeno roztékání do stran
- Zamezena infiltrace do půdy
- **Hmotnostní bilance**
- Deuterium
- Separace hydrogramu



Izolovaná pokrývka ohraničená



Vyhodnocení odtokových parametrů

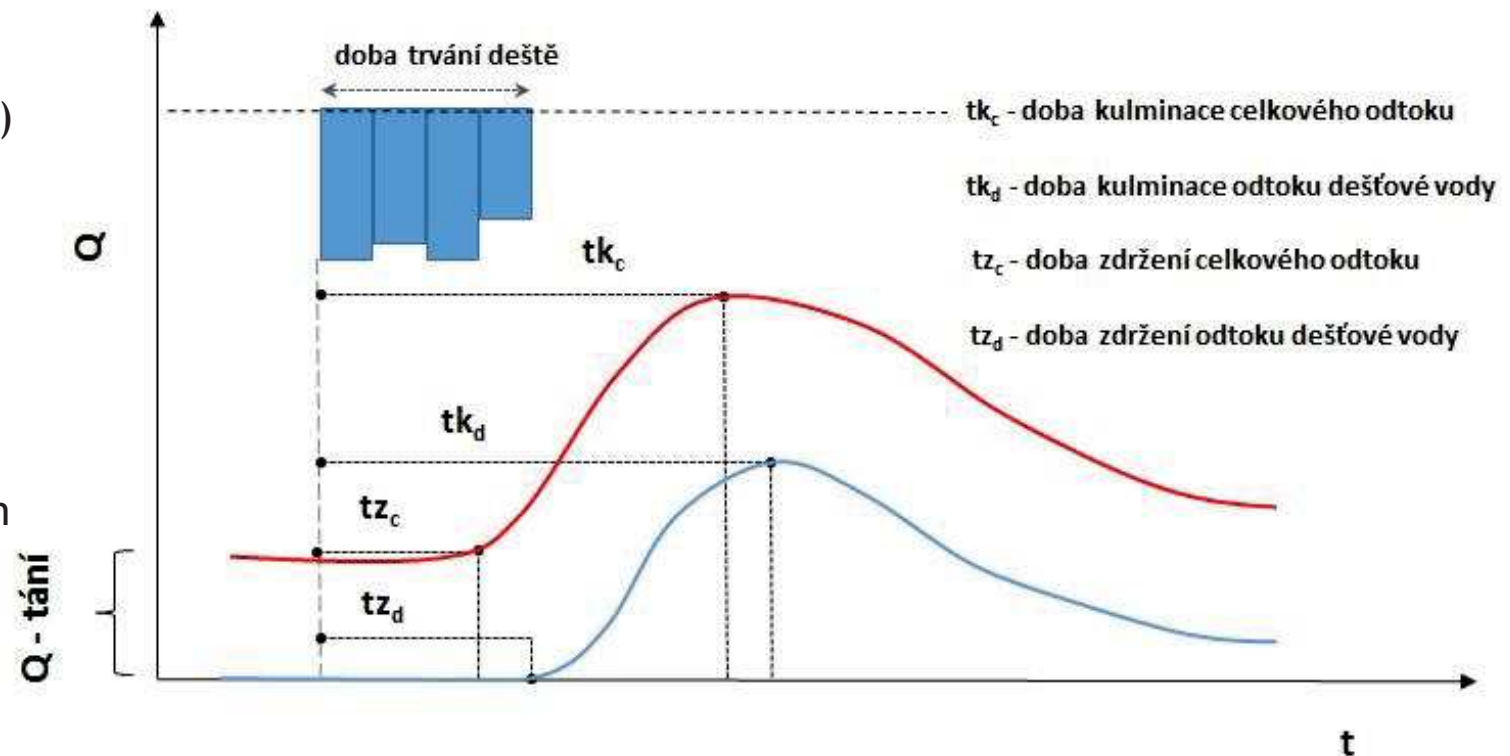
Rychlost propagace -> v ($\text{cm} \cdot \text{min}^{-1}$)

$$v = \frac{tz}{HS}$$

tz_c - doba zdržení (min)

HS - výška sněhu (cm)

- Rychlost vzniku odtoku následkem deště



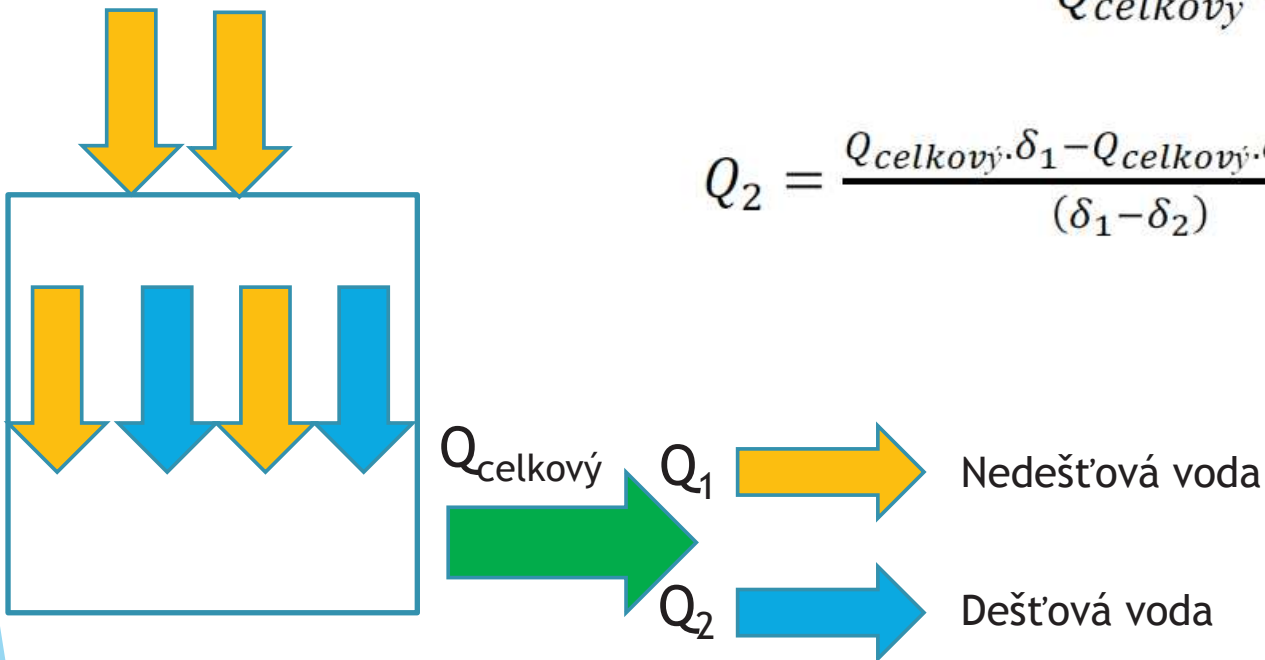
Metoda separace hydrogramu pomocí stabilních izotopů

$$Q_{celkový} \cdot \delta_{celkový} = Q_1 \cdot \delta_1 + Q_2 \cdot \delta_2$$

$$Q_{celkový} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_2 = \frac{Q_{celkový} \cdot \delta_1 - Q_{celkový} \cdot \delta_{celkový}}{(\delta_1 - \delta_2)}$$

$$Q_1 = Q_{celkový} - Q_2$$



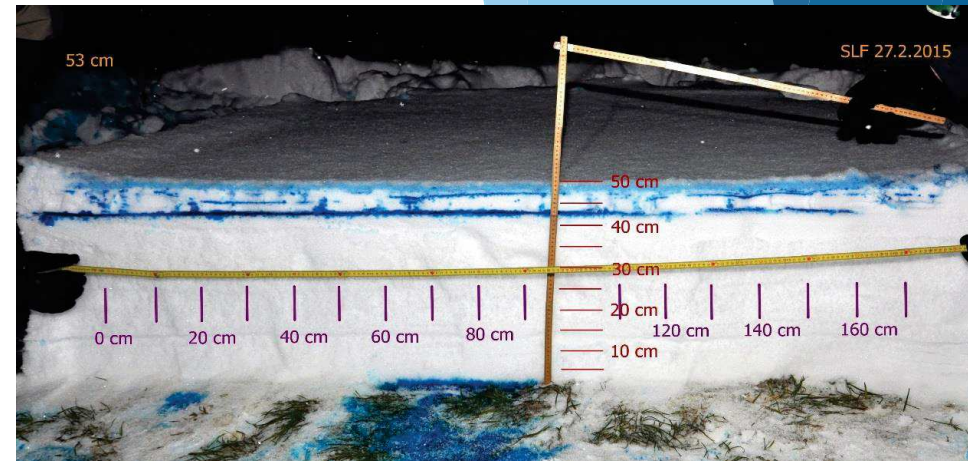
Separace odtoku

- ▶ Voda na výtoku je tvořena **srážkovou a nesrážkovou vodou** (*event x pre-event water*)
- ▶ Nesrážková voda je dále tvořena:
 - ▶ Volnou vodou - v kapalném stavu ve sněhu před experimentem
 - ▶ Vodou z přirozeného tání během experimentu
 - ▶ Vodou z tání způsobeného deštěm
- ▶ Množství vody z dodatečného tání nedokážeme přímo měřit, ale můžeme ho modelovat
 - ▶ Model energetická bilance
 - ▶ Modely teplotního indexu („Degree-day“)

Výsledky

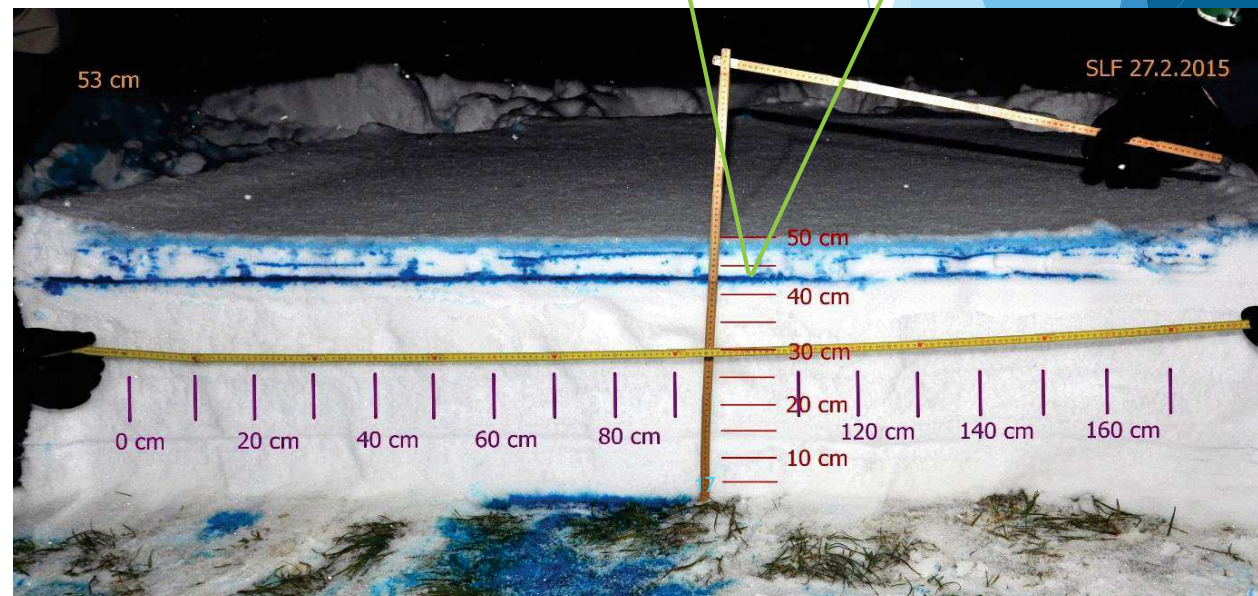
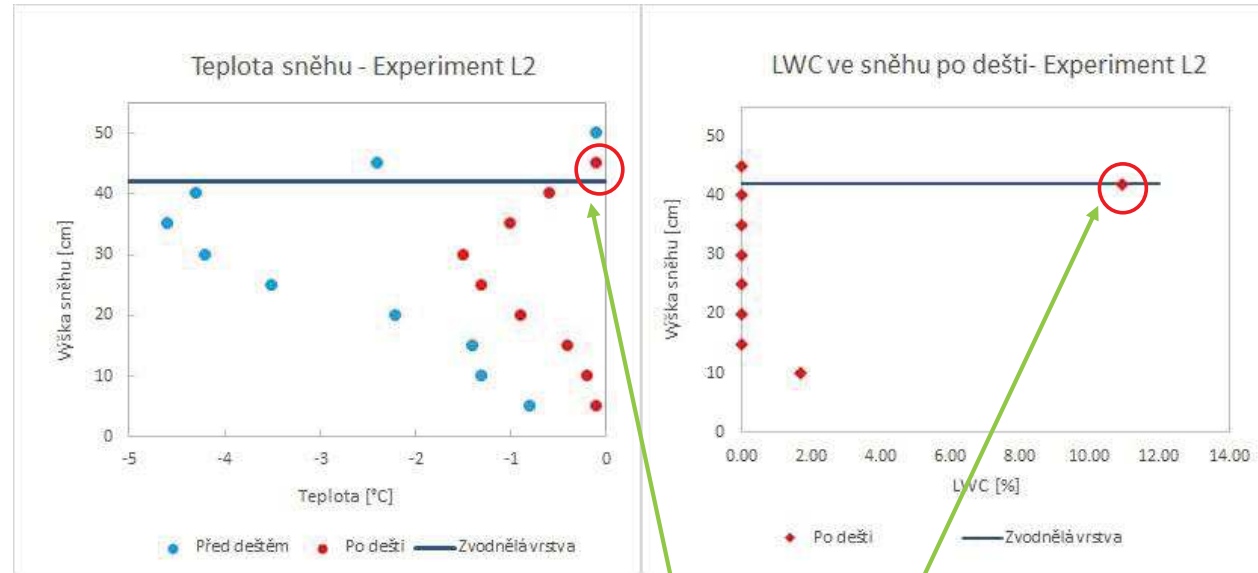
Preferenční proudění

- ▶ Voda proudí v preferenčních cestách
- ▶ Typické pro heterogenní sních
- ▶ Charakteristické pro nevyzrálou pokrývku
- ▶ Tvorba zvodnělých vrstev
 - ▶ Rozhraní jemnozrnné vrstvy nad hrubozrnnou
 - ▶ Kapilární bariéra díky rozdílné pórovitosti
 - ▶ Díky horizontálnímu rozlivu dochází ke zpoždění odtoku
 - ▶ Důležitý mechanismus vzniku ledových vrstev

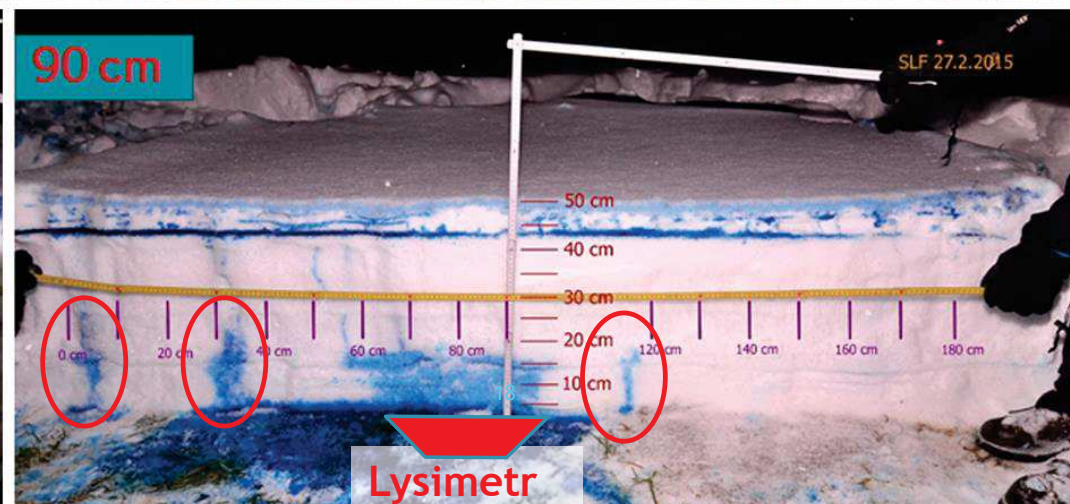
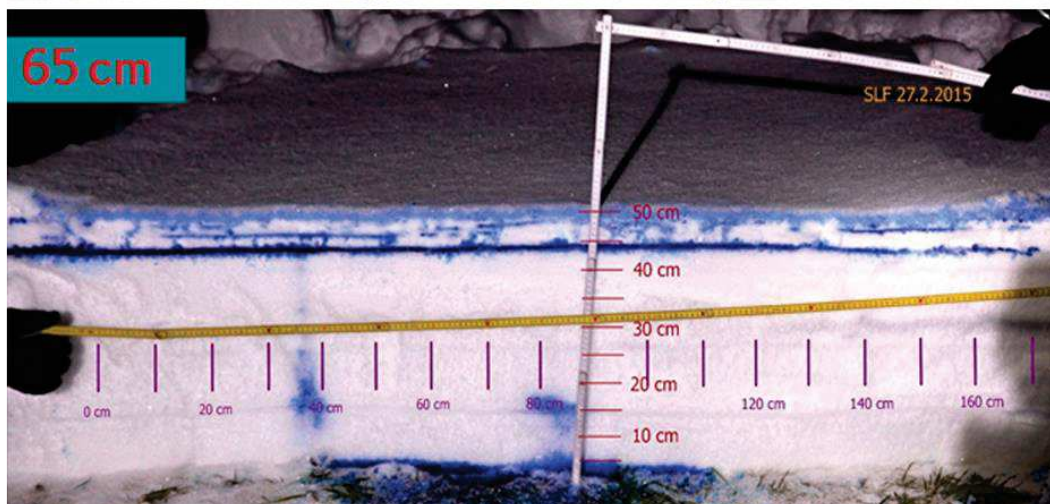
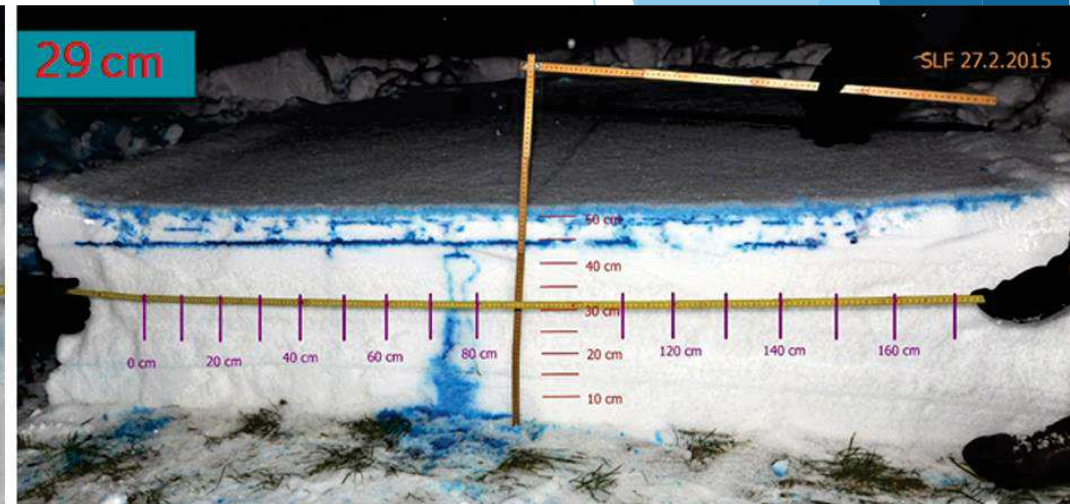
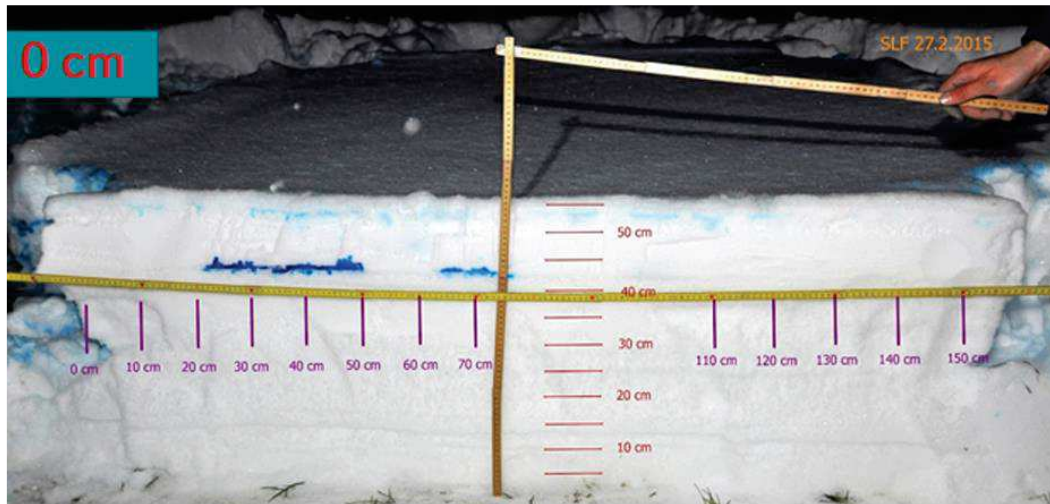


Preferenční proudění

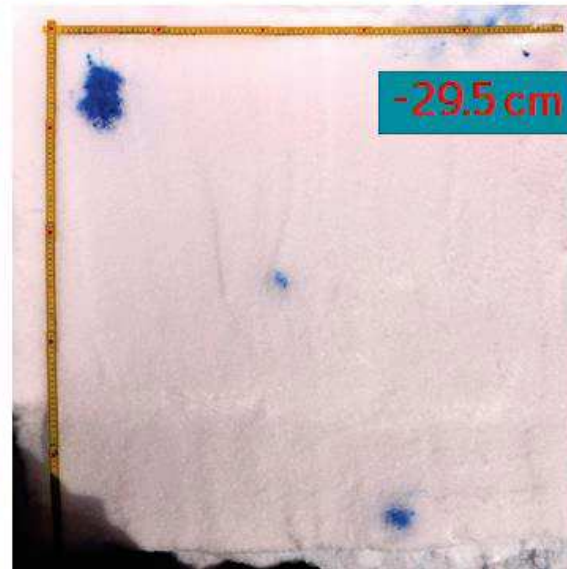
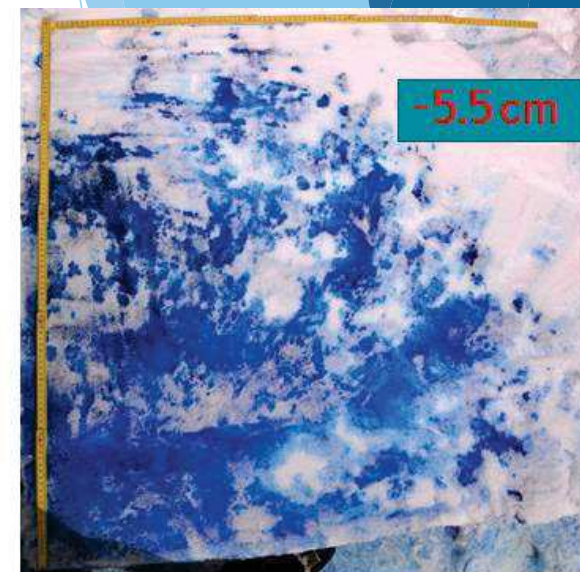
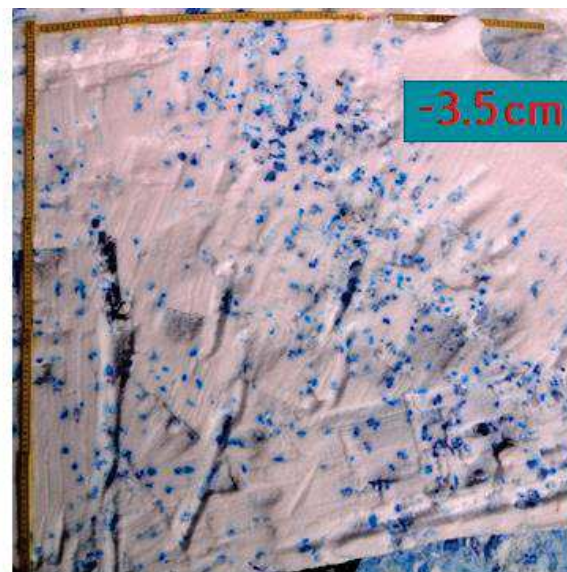
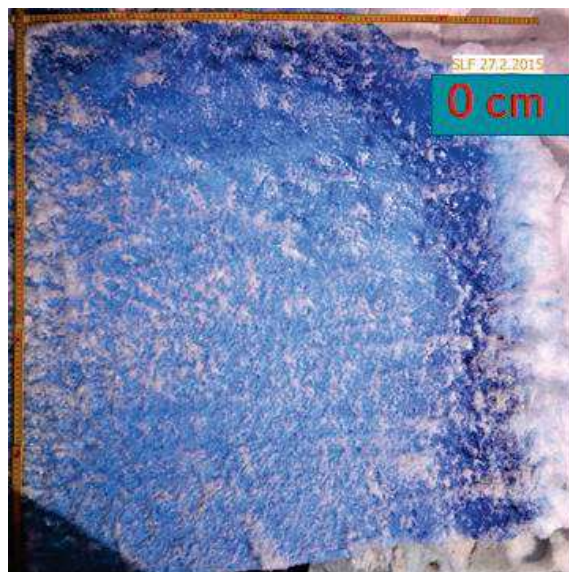
- ▶ Zdržení dešťové vody na odtoku je způsobeno
 - ▶ horizontálním rozlivem na rozhraní vrstev s rozdílnou hydraulickou vodivostí
 - ▶ Preferenčními cestami směřujícími mimo lyzimetr
- ▶ Slabá nasycená vrstva
 - ▶ Lokální zvýšení teploty na 0°C a obsahu kapalné vody



Preferenční proudění

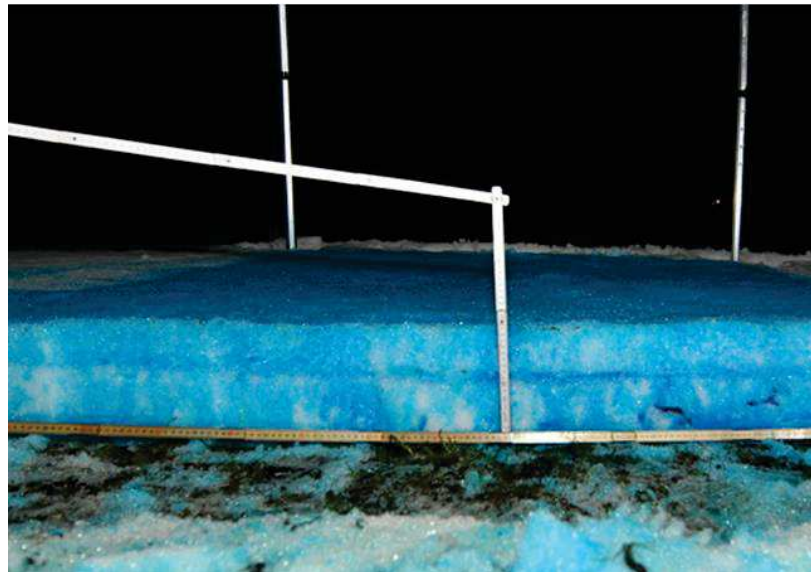


Preferenční proudění



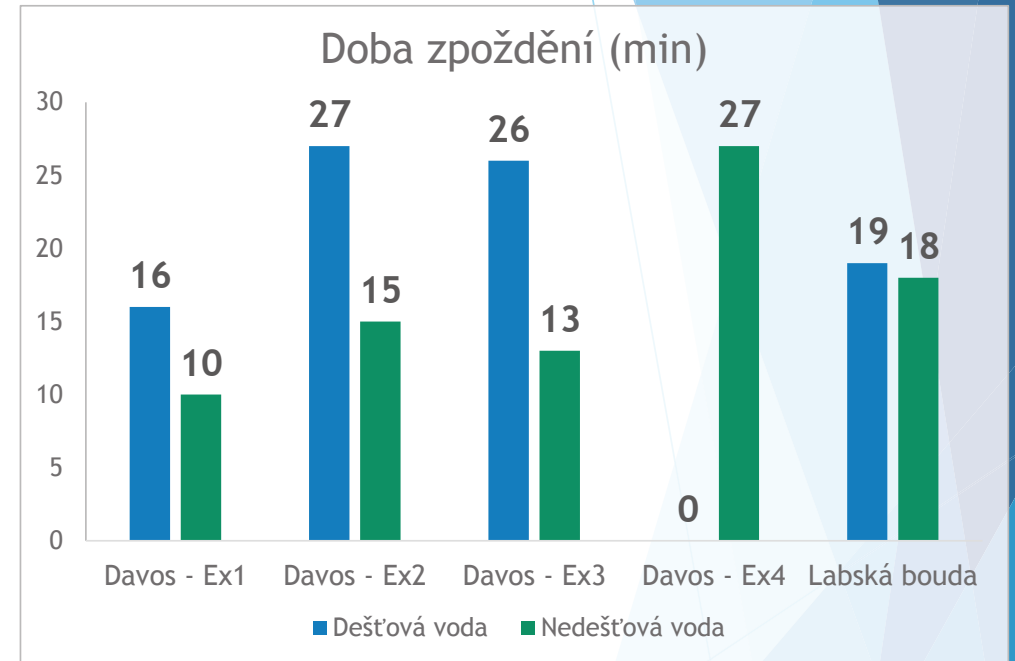
Výsledky - maticové proudění

- ▶ Charakteristické pro vyzrálou pokrývku
- ▶ Zvlhčení „rovnoměrně“ v celém profilu
- ▶ Minimální rozliv do stran
- ▶ Převažuje vertikální proudění



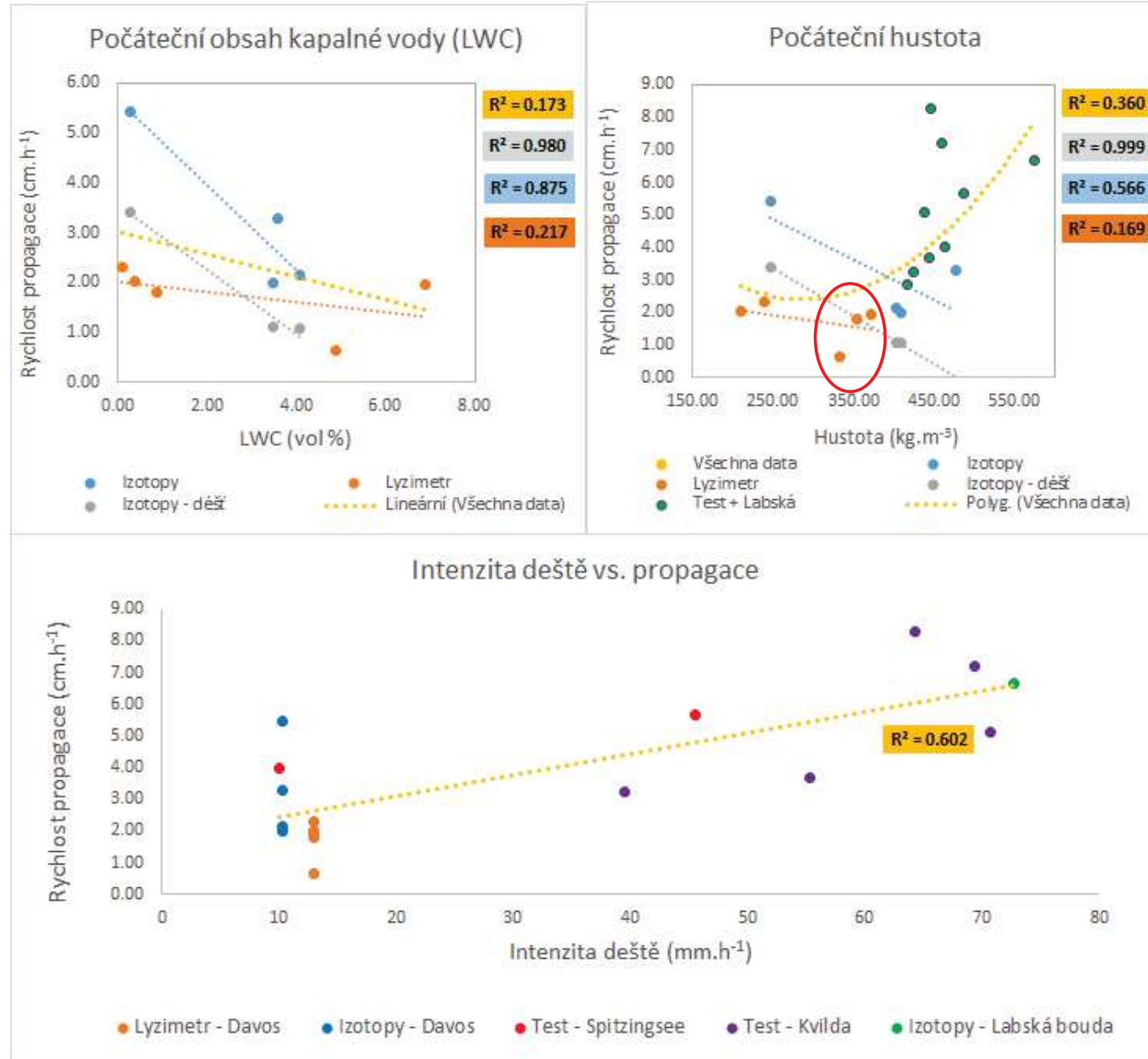
Doba zpoždění

- ▶ Dešťová voda nejprve vytlačuje nedešťovou vodu - pístový efekt
- ▶ Dešťová voda se propaguje pomaleji, než voda nedešťová
- ▶ Menší doba zpoždění v nevyzrálé izolované pokrývce



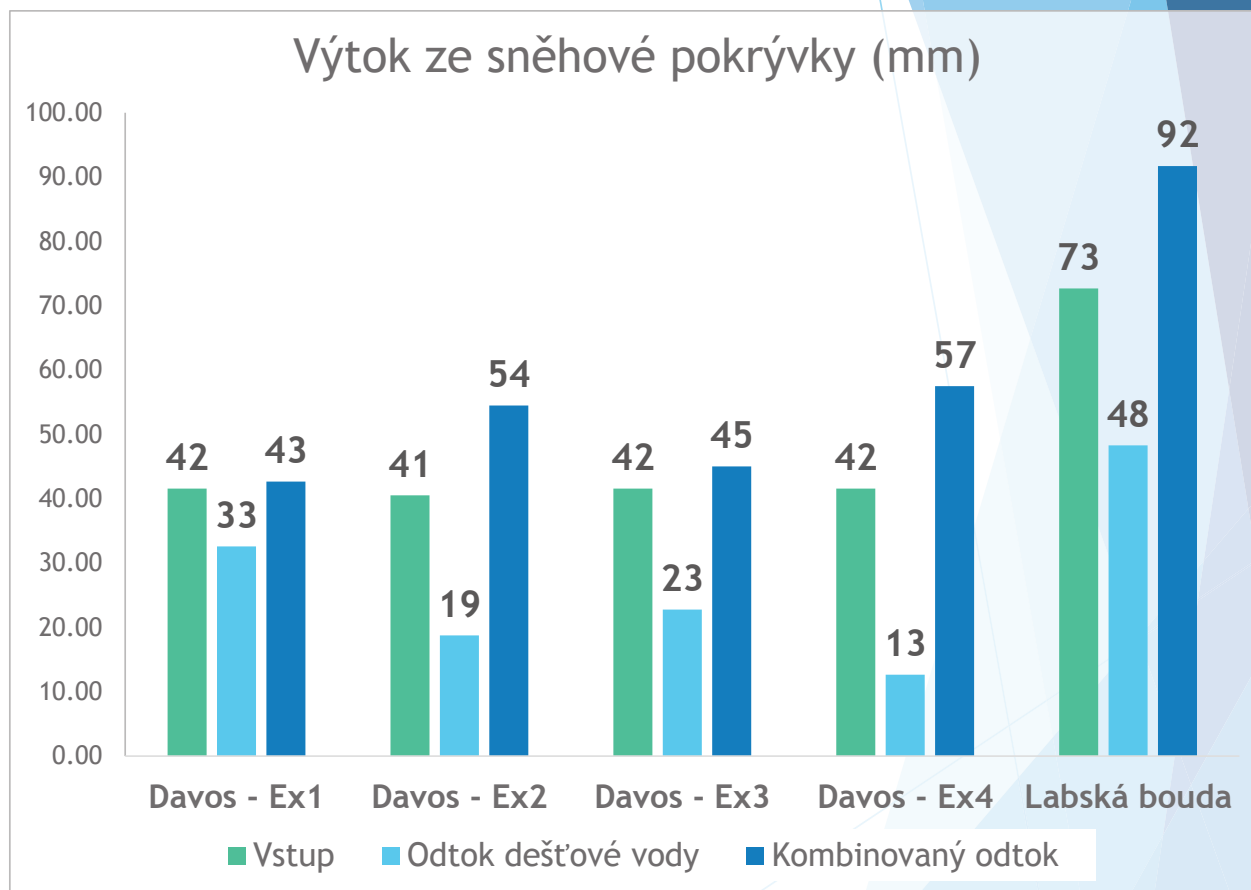
Rychlost propagace

- ▶ Primárně závisí na intenzitě deště
- ▶ Klesá se zvyšujícím se obsahem kapalné vody
- ▶ Limitní hustota 350 kg.m^{-3} ???
- ▶ Rychlejší propagace při preferenčním proudění proti maticovému proudění

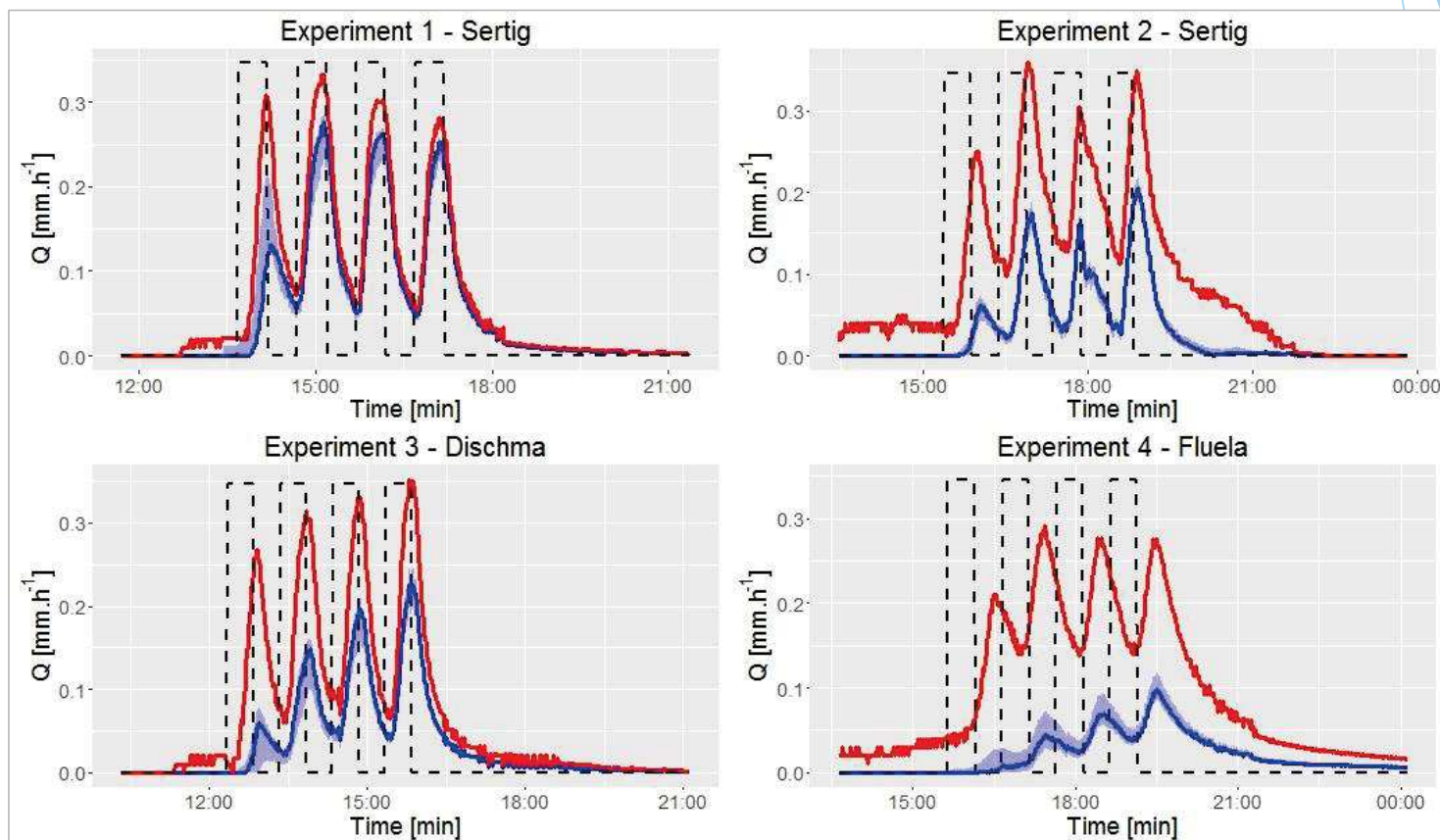


Složení odtoku

- ▶ Velikost celkového kombinovaného odtoku závisela na množství kapalné vody před deštěm
- ▶ Odtok z nevyzrálé pokrývky obsahoval převážně dešťovou vodu
- ▶ Odtoku z vyzrálé pokrývky byl tvořen max. z poloviny dešťovou vodou
- ▶ U vyzrálé pokrývky výtok převyšoval vstup



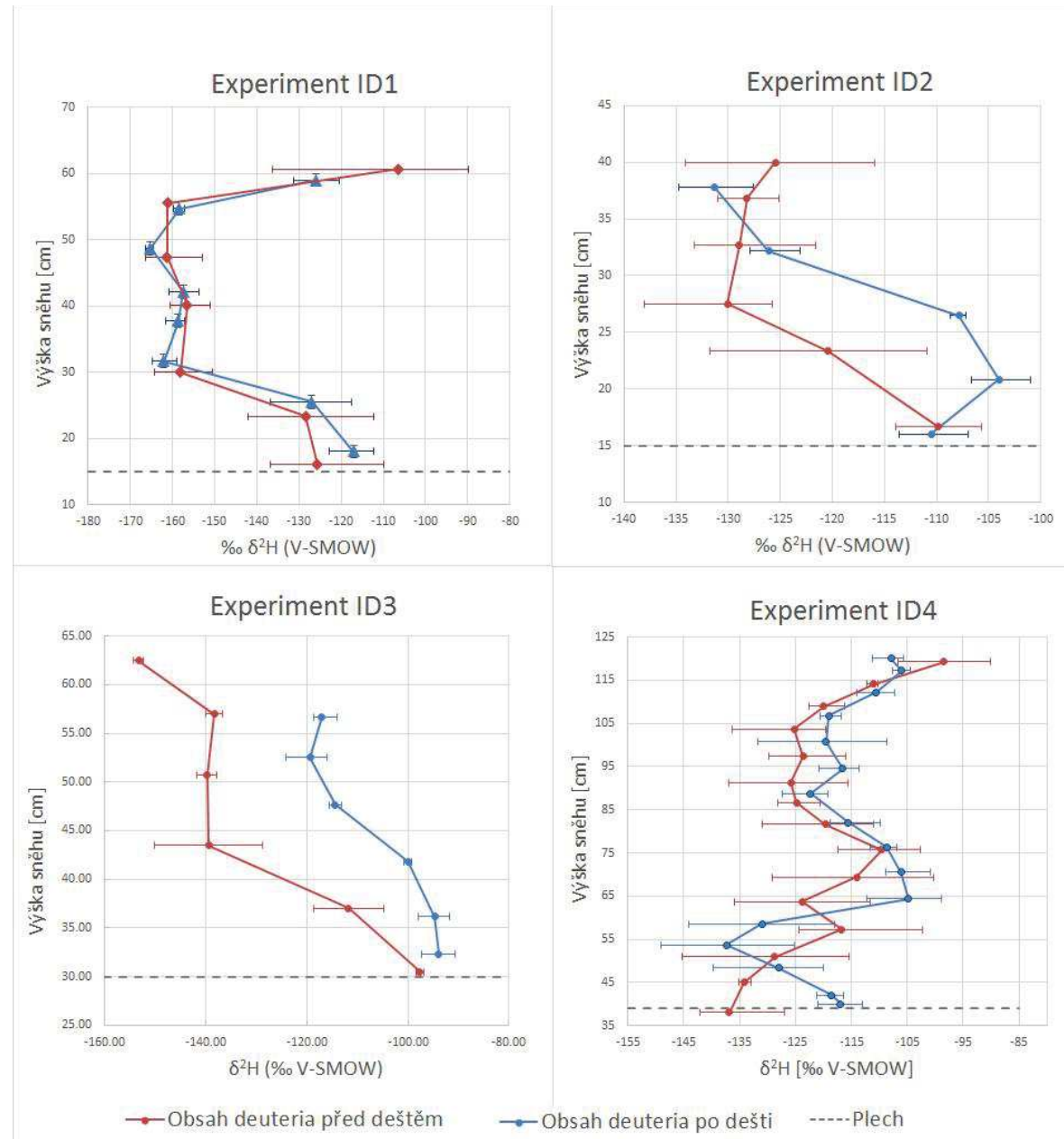
Složení odtoku



Změny sněhové pokrývky

- ▶ Část objemu deště se ve sněhu zadrží
 - ▶ Zvýšení obsahu kapalné vody - retence
 - ▶ Oteplení pokrývky
 - ▶ Zvýšení obsahu deuteria
- ▶ Pokles výšky sněhu - sesedání, odtávání
- ▶ Změna hustoty
 - ▶ Zvýšení v nevyzrálé pokrývce
 - ▶ Nejednoznačné u vyzrálé pokrývky (může být způsobeno více faktory)

Obhajoba disertační práce - Roman Juras



Závěr

- ▶ Pomocí představené metodiky je možné detailně studovat dynamiku dešťové vody ve sněhové pokrývce.
- ▶ Nevyzrálá sněhová pokrývka transformuje dešťovou vodou méně, než vyzrálá pokrývka.
- ▶ Výtok ze sněhu je více ovlivněn vyzrálou pokrývkou.
- ▶ Kapalná voda přítomná v pokrývce před deštěm je vytlačována příchozí dešťovou vodou.
- ▶ Rychlost propagace vody závisela především na intenzitě deště a v až druhé řadě na počátečních vlastnostech sněhové pokrývky.

Seznam použité literatury

- ▶ Böhme, U., Fiedler, A., Machui-Schwanitz, G., Reich, T., Schneider, G., 2011. Hydrometeorologische Analyse der Schnee- und Tauwettersituation im Dezember 2010 / Januar 2011 in Deutschland (in German), Deutscher Wetterdienst (report). Available online at: (http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Wasserwirtschaft/Unserre__Leistungen/Schneeschnelzvorschage/KU4__Tauwetter__2010__11__lang__pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/KU4_Tauwetter_2010_11_lang_pdf.pdf). Accessed, Offenbach.
- ▶ Conway, H., Benedict, R., 1994. Infiltration of water into snow. Water Resour. Res. 30, 641-649. doi:10.1029/93WR03247
- ▶ Conway, H., Raymond, C.F., 1993. Snow stability during rain. J. Glaciol. 39, 635-642.
- ▶ Marshall, H.P., Conway, H., Rasmussen, L.A., 1999. Snow densification during rain. Cold Reg. Sci. Technol. 30, 35-41. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0165-232X\(99\)00011-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-232X(99)00011-7)
- ▶ Osterhuber, R.S., 1999. Precipitation intensity during rain-on-snow, in: Western Snow Conference. South Lake Tahoe, pp. 153-155.

Přehled publikací

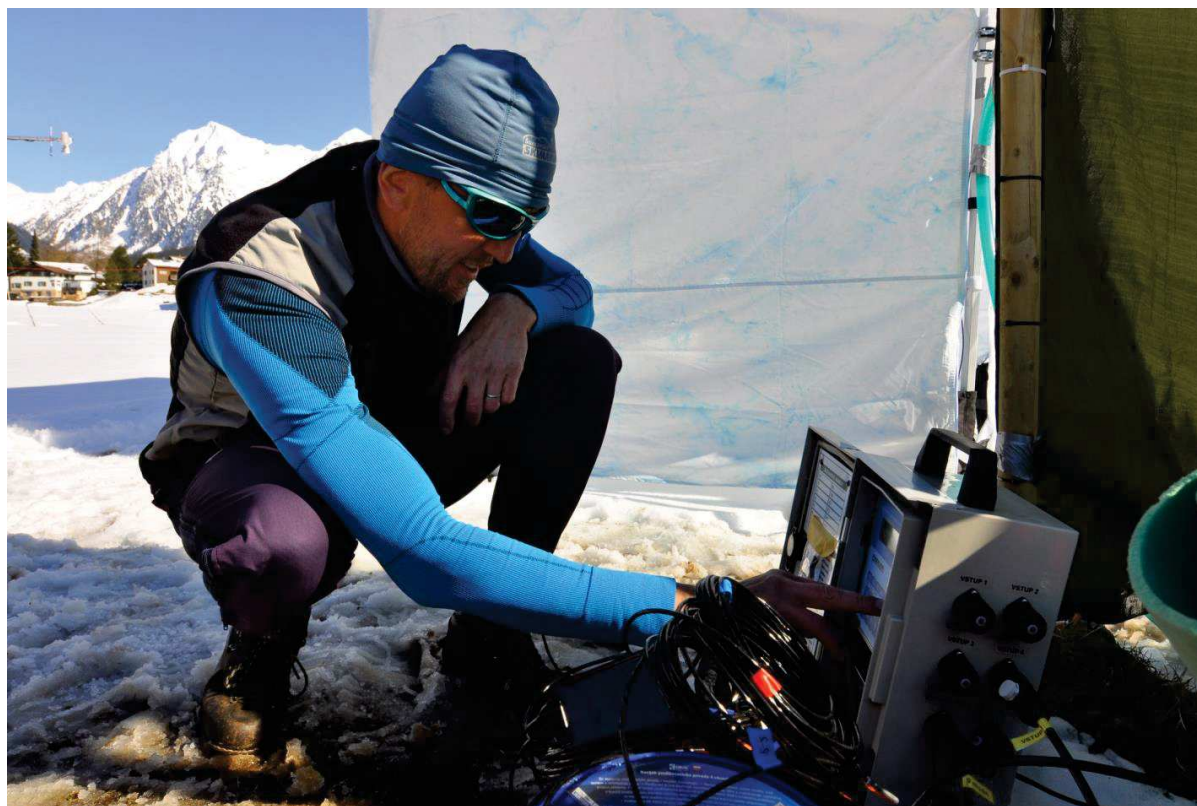
Publikace:

- ▶ **Juras, R.**, Pavlásek, J., Děd, P., Tomášek, V., Máca, P., 2013. A portable simulator for investigating rain-on-snow events. **Zeitschrift für Geomorphol.** Suppl. Issues 57, 73-89. doi:10.1127/0372-8854/2012/S-00088.
- ▶ **Juras, R.**, Pavlásek, J., Vitvar, T., Šanda, M., Holub, J., Jankovec, J. and Linda M.: Isotopic tracing of the outflow during artificial rain-on-snow event. **J. Hydrol.**, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.08.018> In Press, 2016.
- ▶ Würzer, S., Wever, N., **Juras, R.**, Lehning, M., and Jonas, T.: Modeling liquid water transport in snow under rain-on-snow conditions - considering preferential flow. **Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.**, doi:10.5194/hess-2016-351, 2016.
- ▶ **Juras, R.**, Würzer, S., Pavlásek, J., Vitvar, T. and Jonas, T.: Rainwater propagation through snow during rain-on-snow events. **Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.** In review, 2016,
- ▶ Účast na mezinárodních konferencích - EGU 2013, 2015, 2016, Rainfall simulator workshop, ISSW

Stáže a granty:

- ▶ DBU stipendium - LMU Mnichov (2011/2012), SCIEEX stipendium - SLF Davos (2015), CIGA 2010-2011, IGA 2012, 2014, Grant ministerstva vnitra (VG 20132015115)

Děkuji Jirkovi Pavláskovi za jeho velkou podporu a inspiraci během celého výzkumu



Děkuji vám za pozornost!

