

**GEOGRAFICKÝ  
ÚSTAV SLOVENSKEJ  
AKADÉMIE VIED**



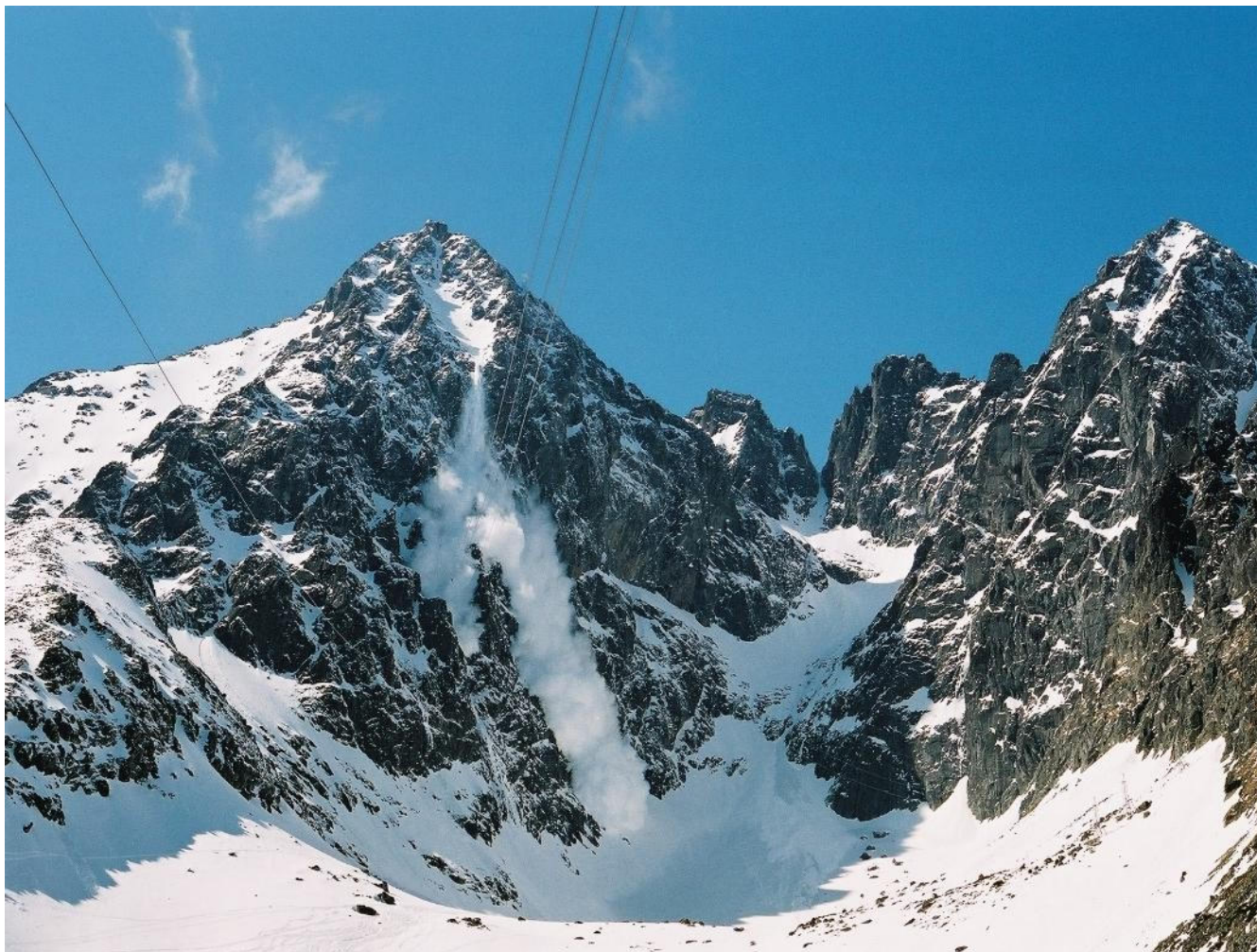
# **Klimatické simulácie snehovej pokrývky v horských oblastiach s využitím nástrojov GIS4WRF**

**(konferencia GIS Slovakia 2026)**

**Autor: Marcel Vasiľák**

Oddelenie fyzickej geografie, geomorfológie a prírodných  
hazardov GÚ SAV

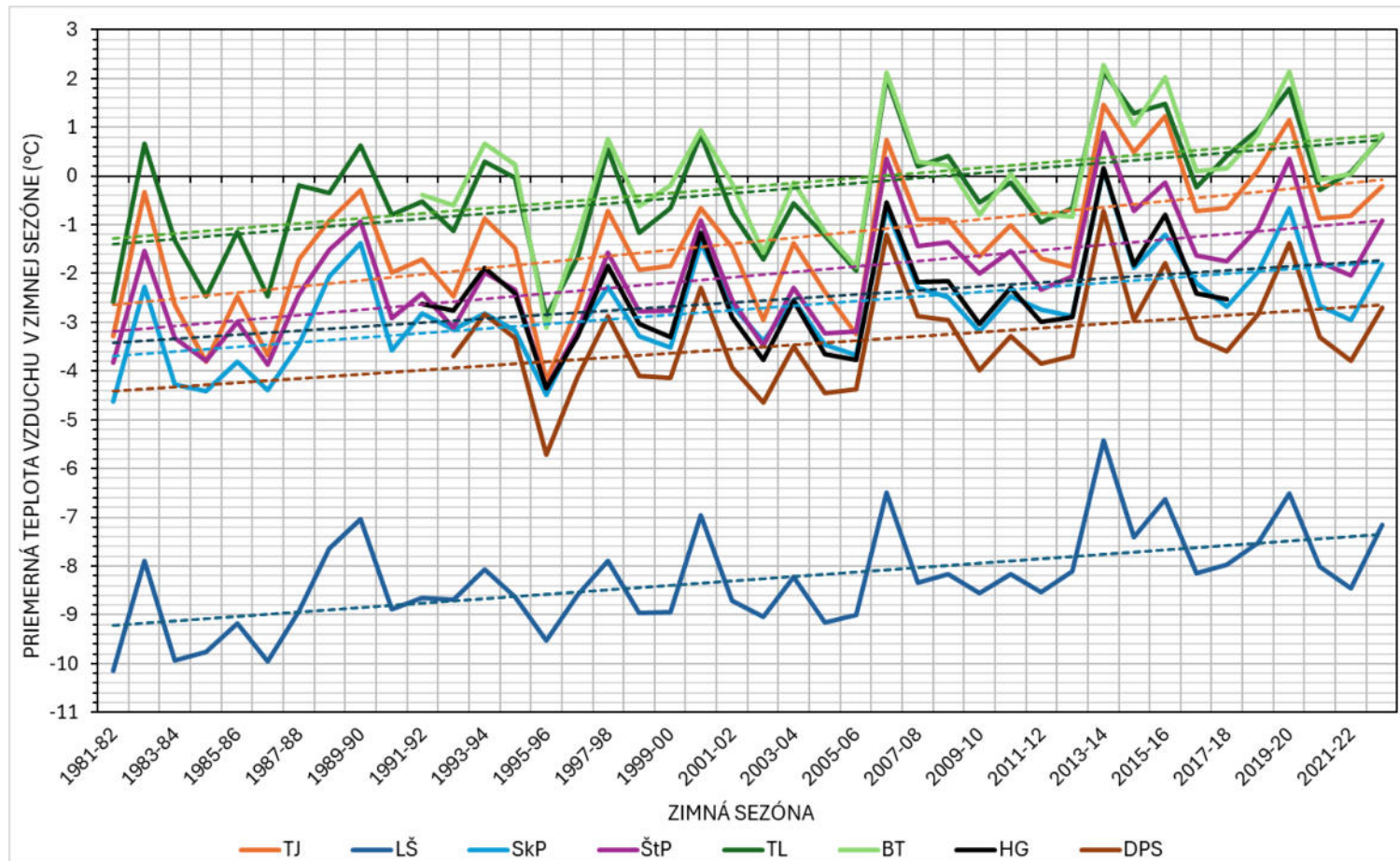
## Prečo je snehová pokrývka dôležitá?



1. Sneh ako **modelátor reliéfu** (nivačné procesy)
2. Sneh ako **zásobareň a zdroj vody**
3. Sneh ako **izolátor a regulátor** pôdneho ekosystému
4. Snehové **lavíny**

**Obr. 4** Snehové lavíny majú nebezpečné dopady na ľudské životy; Zdroj: HIKING.sk (2023)

Výskum snehovej pokrývky nabral posledné dekády na aktuálnosti, práve vďaka  
**KLIMATICKEJ ZMENE a jej prejavom !**

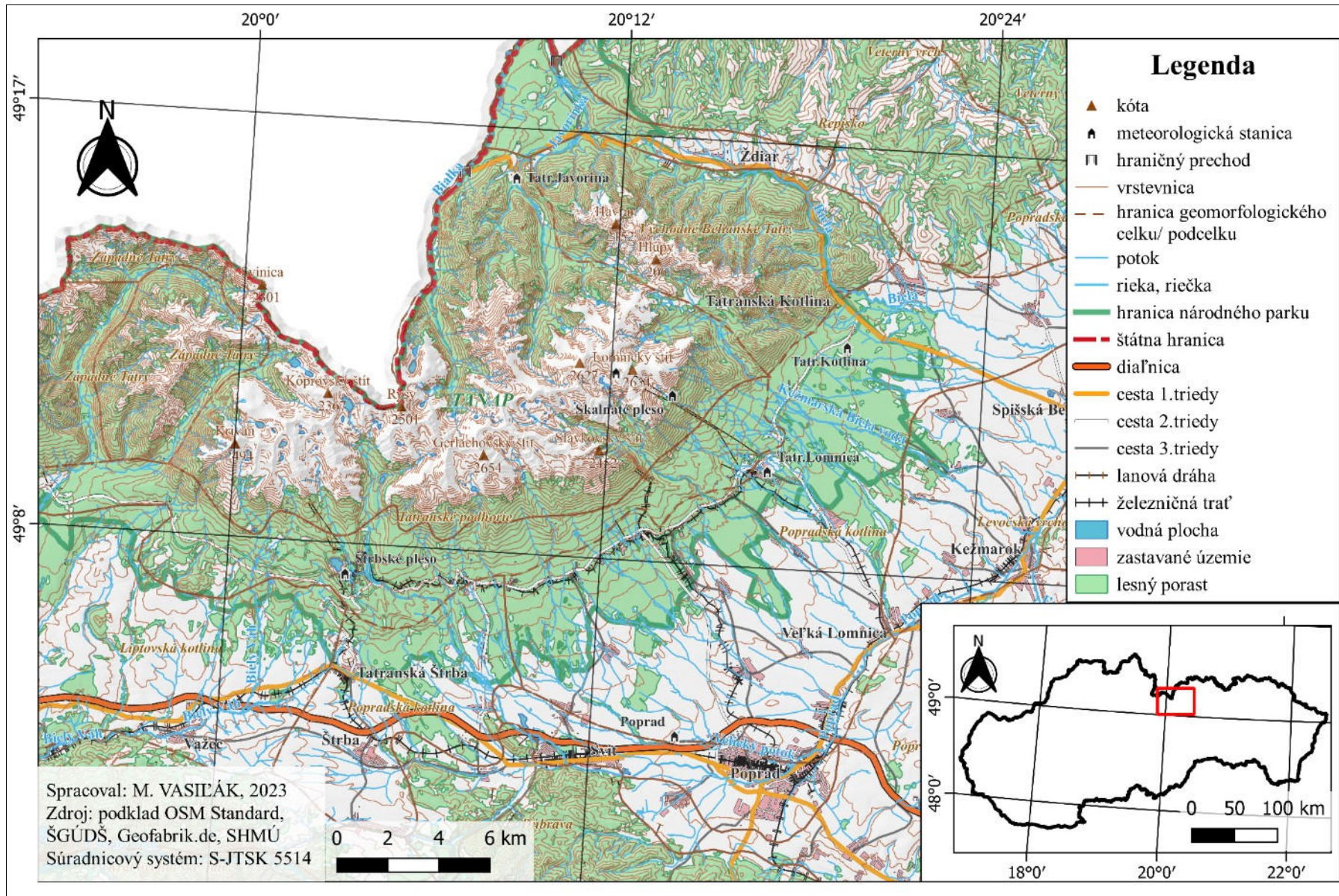


trend za zimné sezóny  
1981/82 až 2021/22 =  
**+0,46 až 0,61 °C /10 r.**

**Obr. 5** Vývoj priemernej teploty vzduchu na staniciach vo Vysokých Tatrách; Zdroj: SHMÚ, Mikulová et al. (2019); IMGW-PIB (2024)

## Načo potrebujeme klimatické simulácie?

- **Modelovanie/ simulovanie** priebehu minulých, zvyčajne mimoriadnych alebo dynamických situácií –  
*Čo sa tam vtedy vlastne stalo, a môže sa to v budúcnosti zopakovať?*  
*Súvisí to nejakou súčasťou klimatickou zmenou?*
- Operatívna **predpoveď počasia** (napr. v USA, Číne...) –  
*Čo tieto predpovede povedú o aktuálnom lavínovom riziku?*
- **Prognózy** budúcich klimatických scenárov –  
*Aké sú predpoklady budúceho vývoja, napr. teplôt vzduchu, v kontexte otepľovania planéty?*  
*Bude vyššia frekvencia extrémnych zrážkových udalostí spojených s búrkami alebo inými mimoriadnymi prejavmi počasia?*  
*Ako tomu prispôbiť manažment, politické priority či správu verejného priestoru?*



**Obr.6** Naše primárne záujmové územie – **Vysoké a Belianske Tatry**

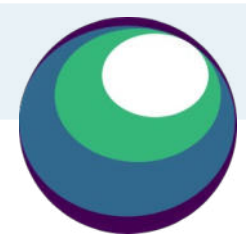
## Stručne o modeli WRF...

- WRF = *Weather Research and Forecast Model* – produkt NCAR, atď. (USA)
- nastavenie fyziky modelu = **parametrizačné schémy** (*atmospheric vs. land surface models*)
- jeden z celosvetovo najpoužívanejších numerických meteorologických modelov, alternatíva ku iným výskumným modelom
- Aplikácie WRF – určené **INICIÁLNYMI DÁTAMI**:
  1. **Operatívne predpovede počasia** (horizont niekoľkých dní)
  2. **Atmosférický výskum** – **historické simulácie** + **budúce prognózy**



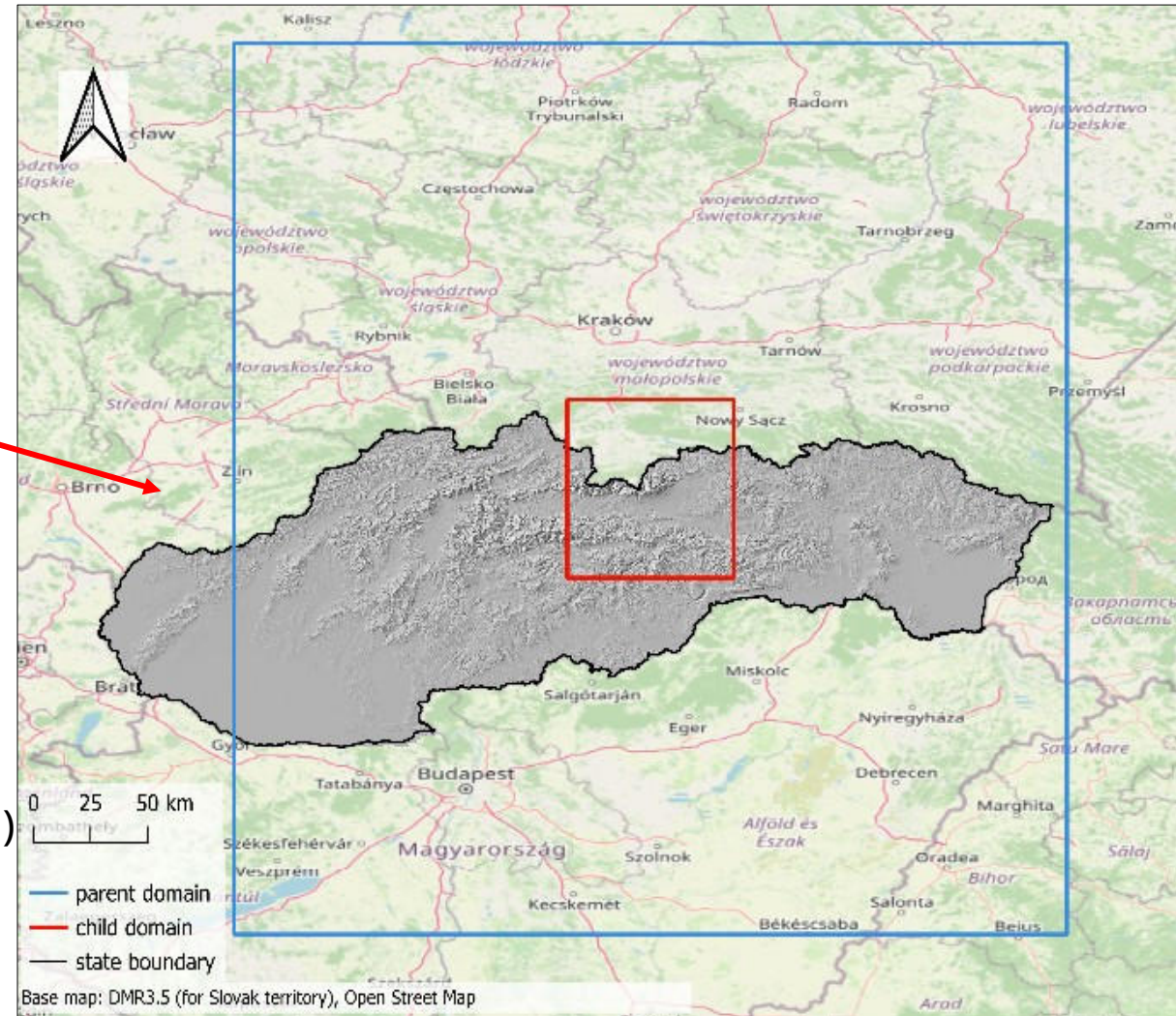
**Klimatické reanalýzy**  
=  
verná rekonštrukcia počasia  
v nedávnej minulosti

**Globálne klimatické modely**  
=  
Scenáre budúceho klimatického  
vývoja (MPI, GFDL...)



## Čo je a ako funguje GIS4WRF?

- **GIS plugin** dostupný pre Windows, **Linux** aj macOS
1. **Konfiguračný súbor modelu WRF** (domény, time run, parametrizačné schémy...)  
↓
  2. **WRF preprocessing:**
    - nastavenie počítacej domény, resp. domén (geogrid) – **dynamický downscaling**
    - prevod raw iniciálnych dát (ungrib)
    - interpolácia týchto dát do mriežky podľa domén (metgrid)↓
  3. **WRF processing:**
    - definovanie počiatočných podmienok modelovania
    - **výpočet**
  4. **postprocessing** – extrahovanie a výber vhodných



**Obr. 7** Výpočtové domény modelu WRF

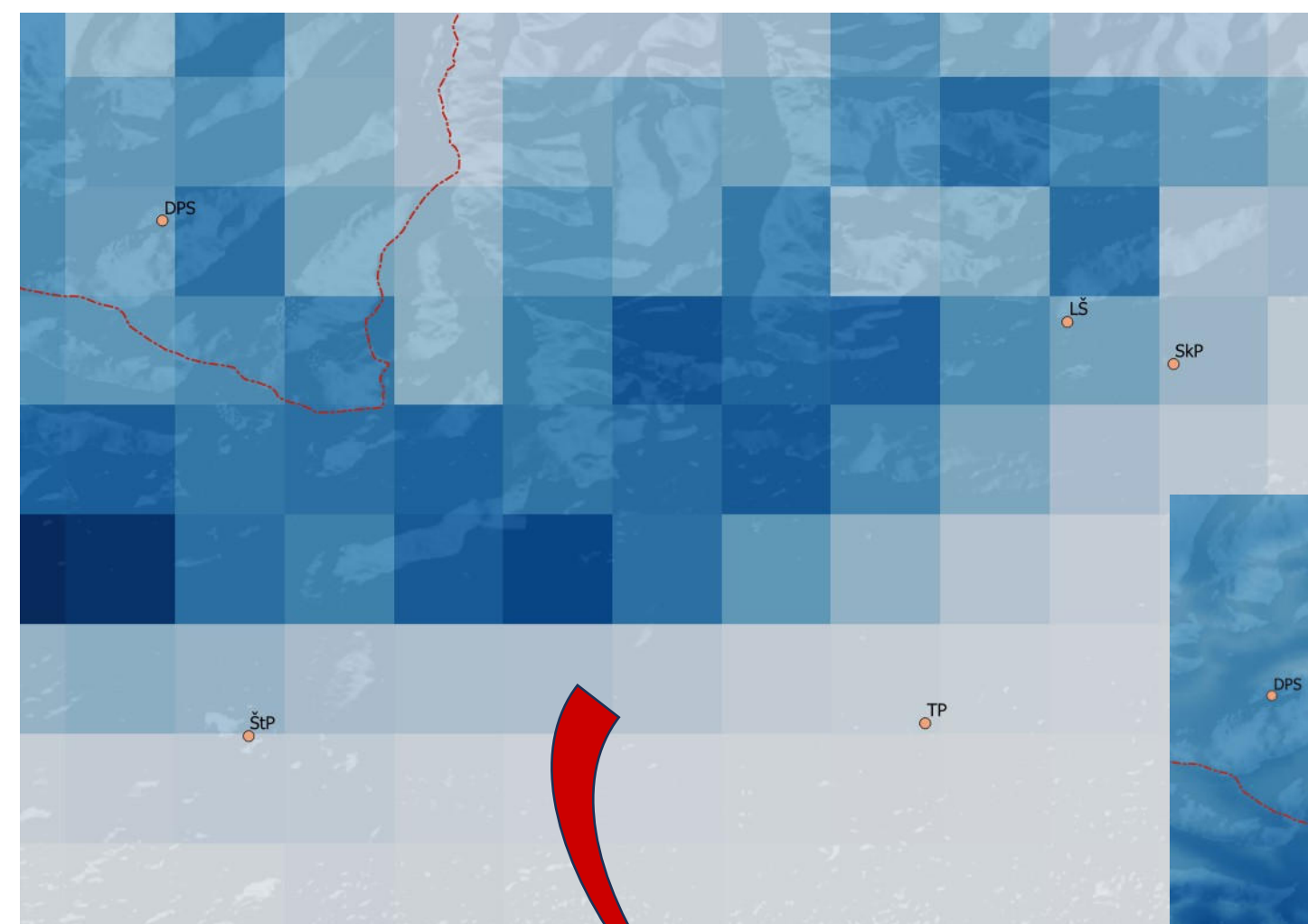
## Problémy simulácii (obzvlášť v horských regiónoch)

- **kvalita vstupných iniciálnych dát** (napr. pri reanalýzach sa výrazne líšia! ) a **nastavenia modelu** (fyzikálnych schém)
- pomer **kvantita (trvanie a domény)** vs. **výpočtový výkon**
- **rozlíšenie výstupných dát z modelu WRF**

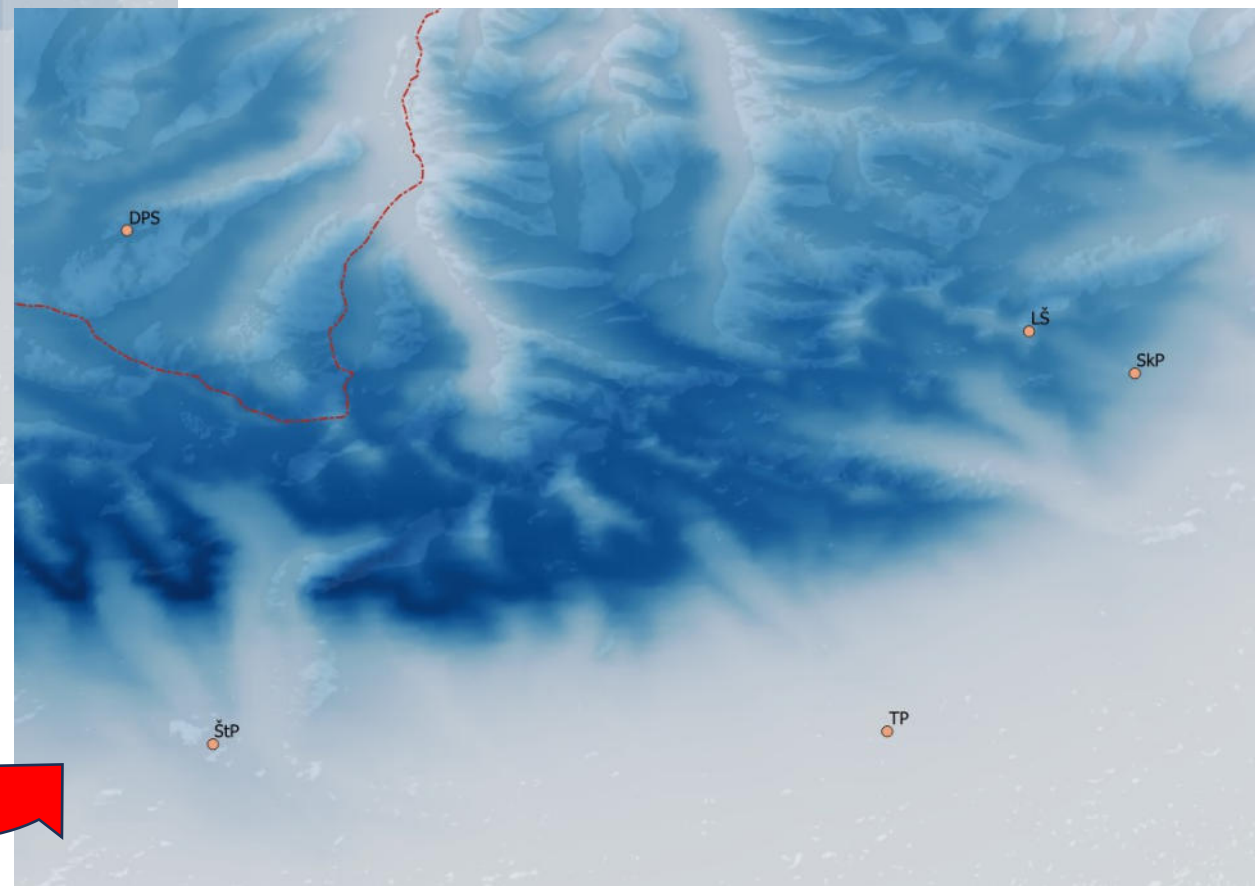
**Dynamický downscaling**  
=  
Vyššie rozlíšenie v dôsledku fyzikálnej transformácie  
výpočtovej mriežky = domény

**Interpolácia**  
=  
Výstupy z modelu WRF plošne/priestorovo (RST,  
kriging, bilinéarna interpolácia..)

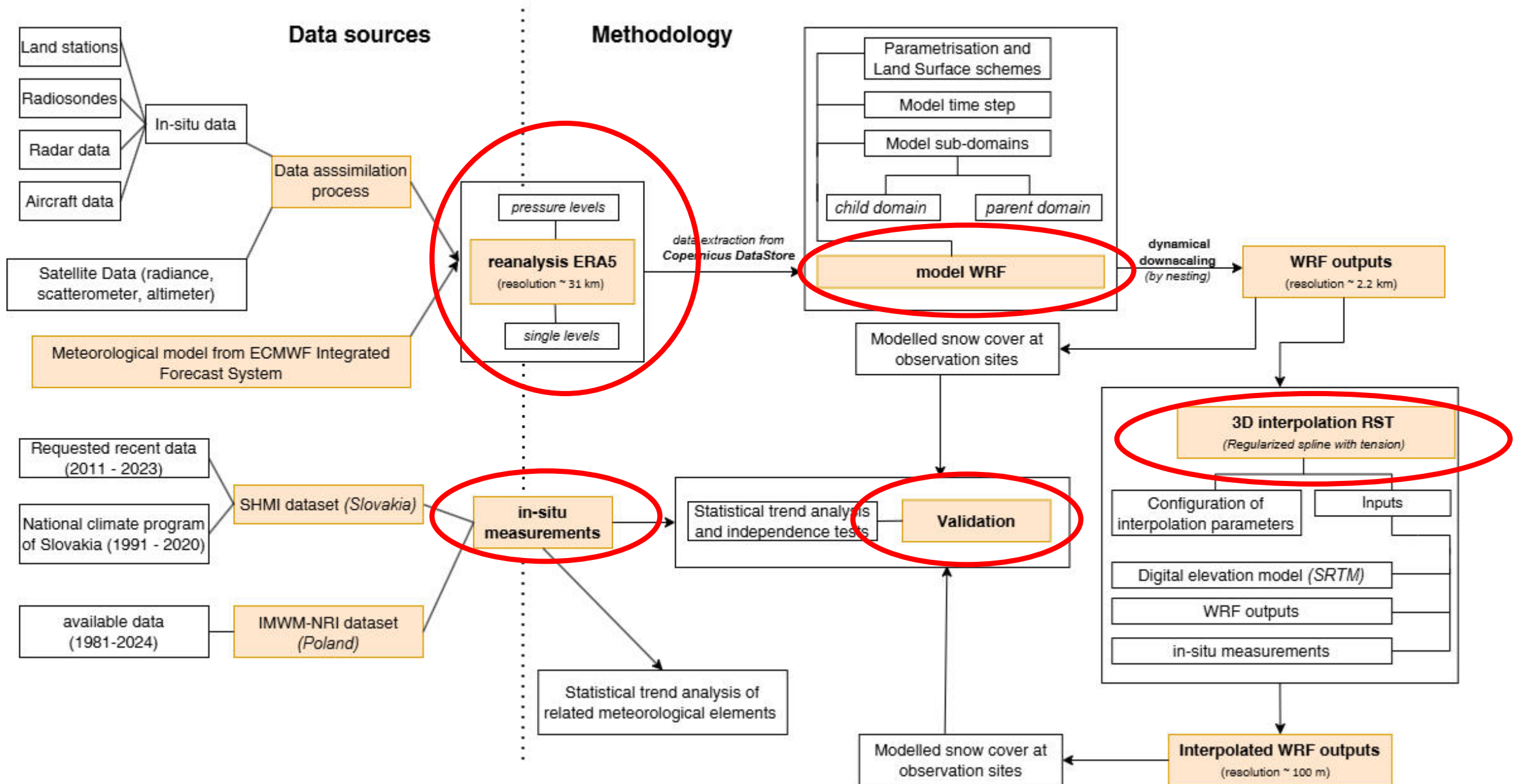
**Štatistický downscaling**  
=  
Štatistická transformácia výstupov z WRF (iniciálnych dát)  
vo vzťahu ku lokálnym in-situ meraniam



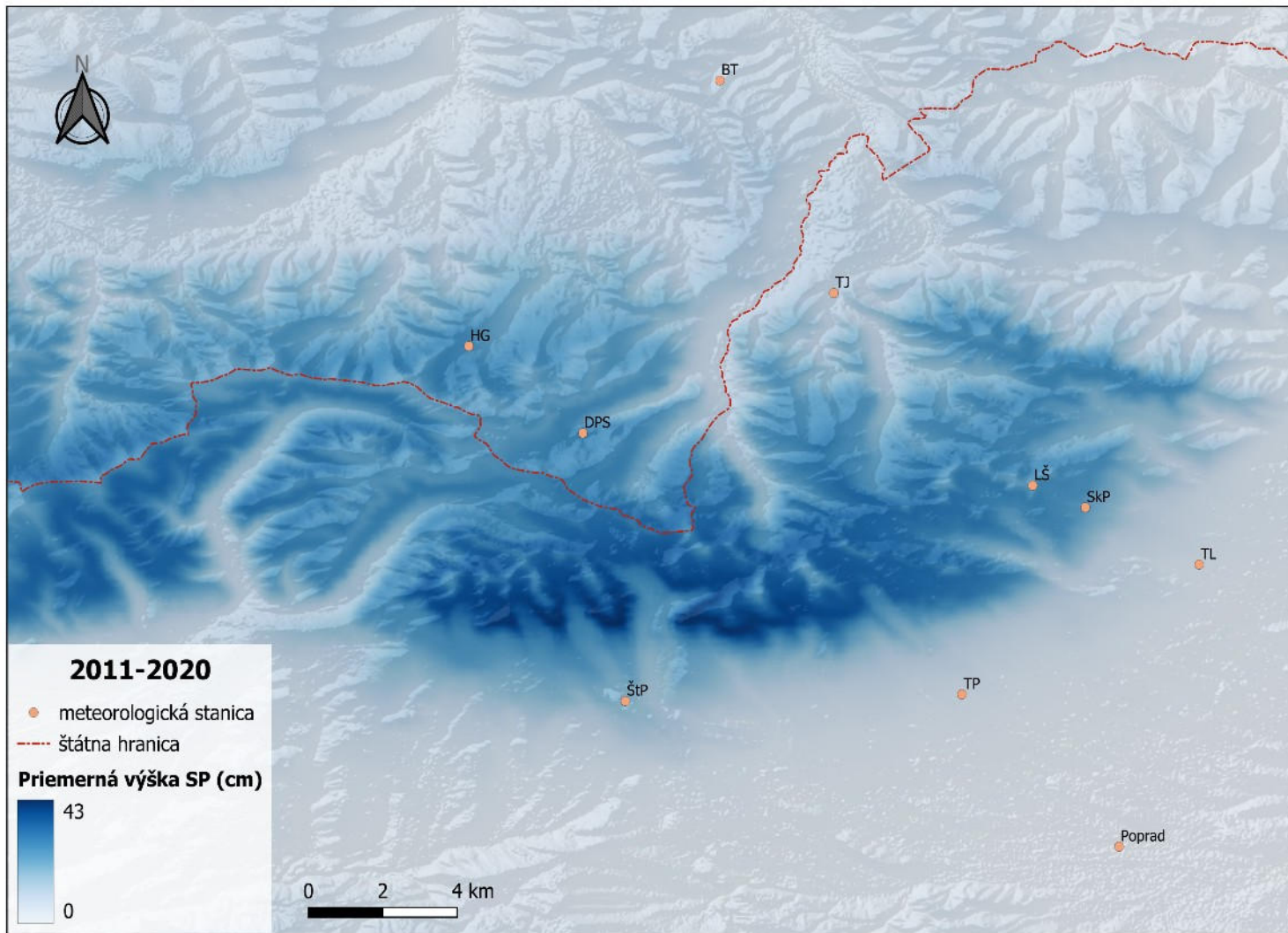
**Obr. 8** Výška snehovej pokrývky vo Vysokých Tatrách ako „raw“ výstup z modelu WRF (vľavo) a po interpolácii (vpravo)



# (Možný) pracovný postup pri klimatických simuláciách



## Výsledky simulácií a ich klimageografická interpretácia

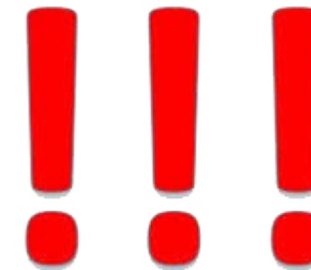
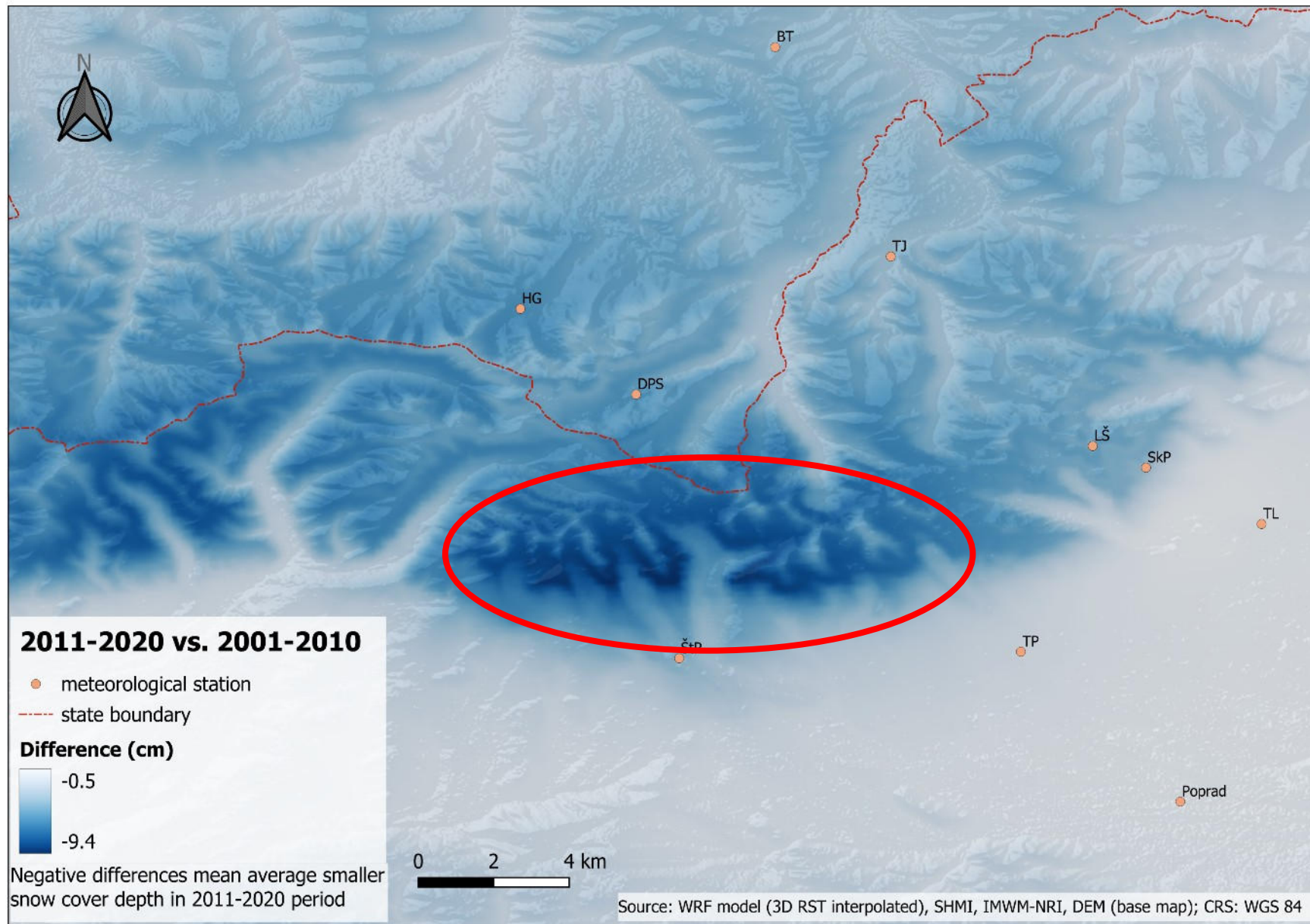


- maximálna priemerná výška snehovej pokrývky v cca. **1650 – 2150 m n. m.** (JZ, J), vyššie pokles

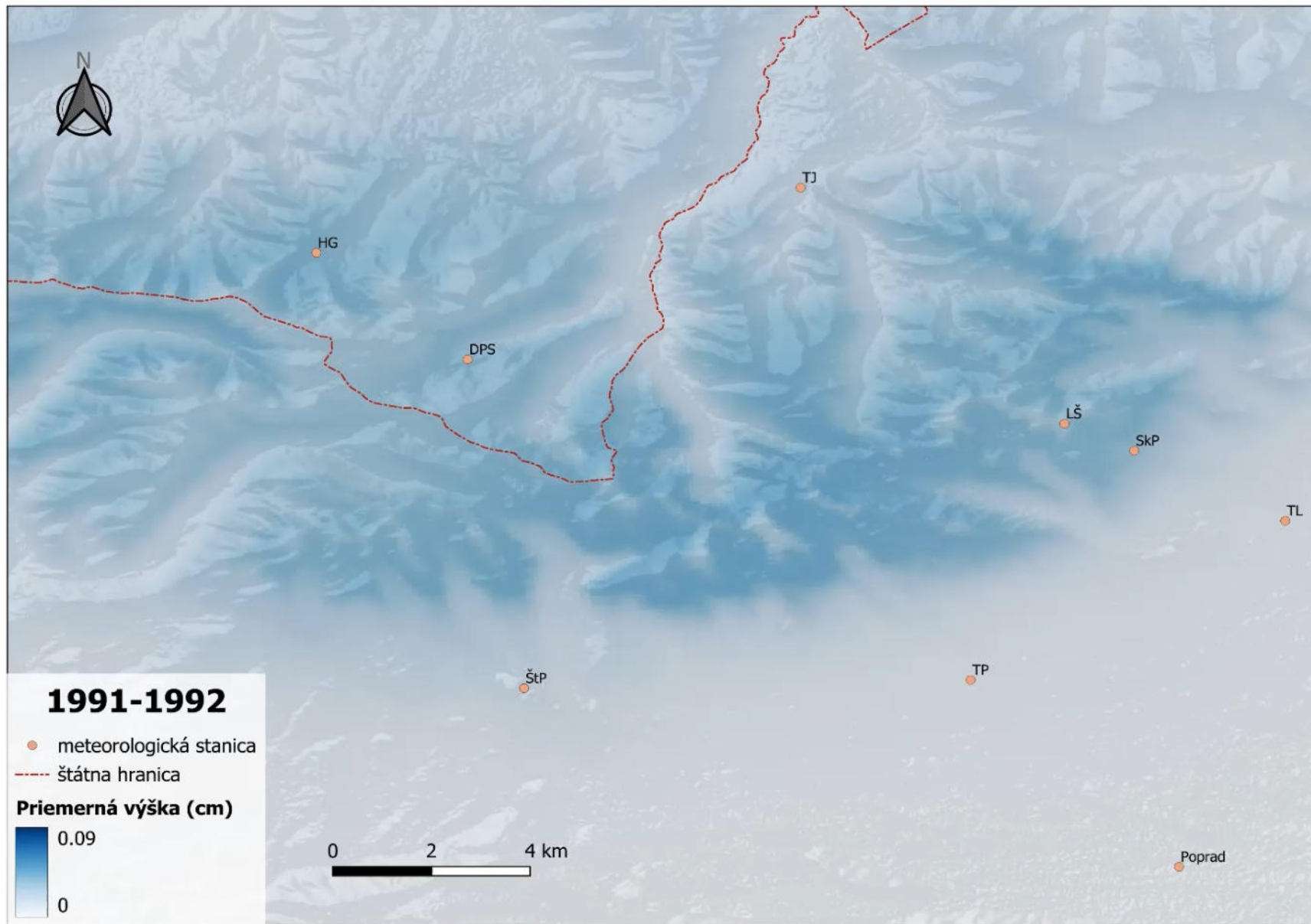
↓ **vplyvajúce činitele**

- **vietor** (veterná erózia)
- **báza orografickej oblačnosti**
- **orientácia voči prevládajúcemu prúdeniu vzduchu**
- **expozícia voči slnečnému žiareniu**
- **vegetácia**

**Obr. 9** Priemerná výška snehovej pokrývky



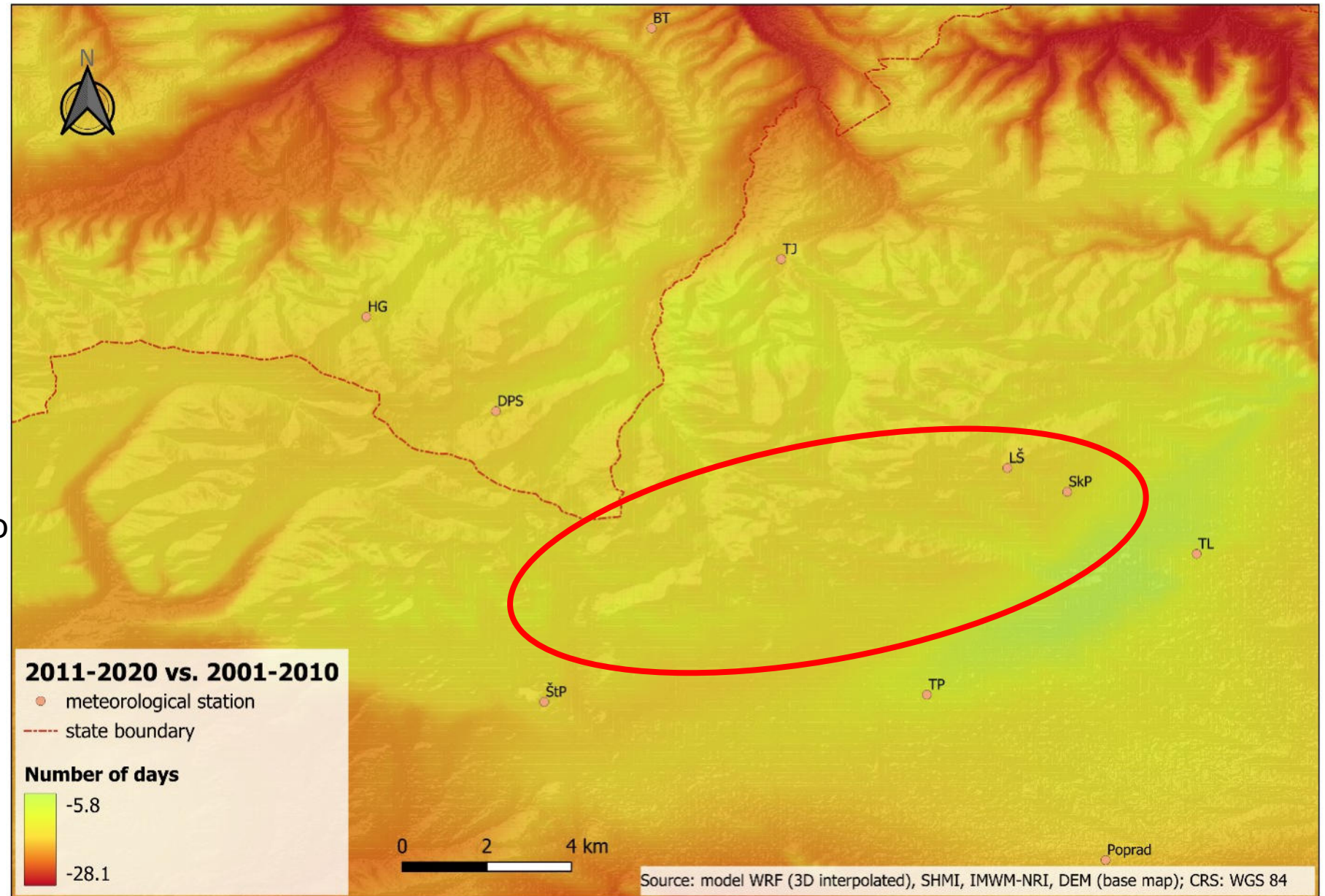
**Obr. 10** Rozdiel priemerných výšok snehovej pokrývky medzi danými obdobiami



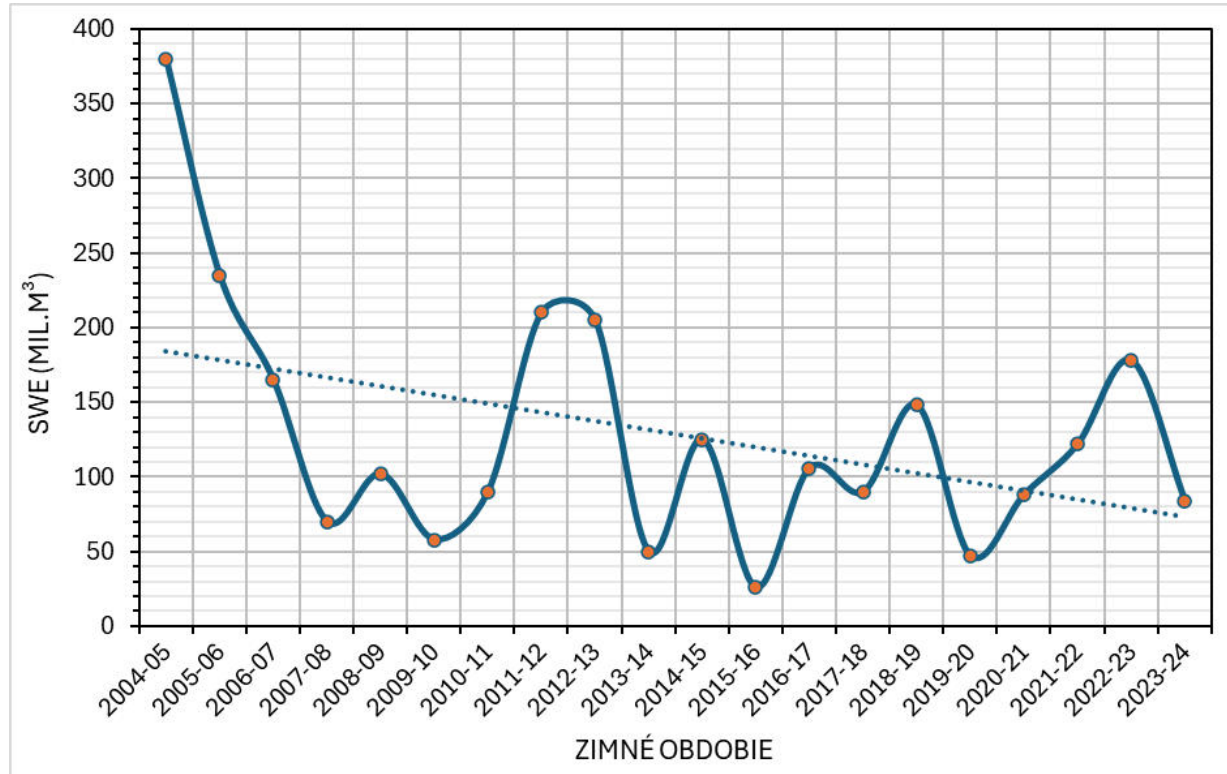
Priemerná výška snehovej pokrývky za roky 1991 až 2020



**Obr. 11** Rozdiel priemerného počtu dní so snehovou pokrývkou medzi danými obdobiami



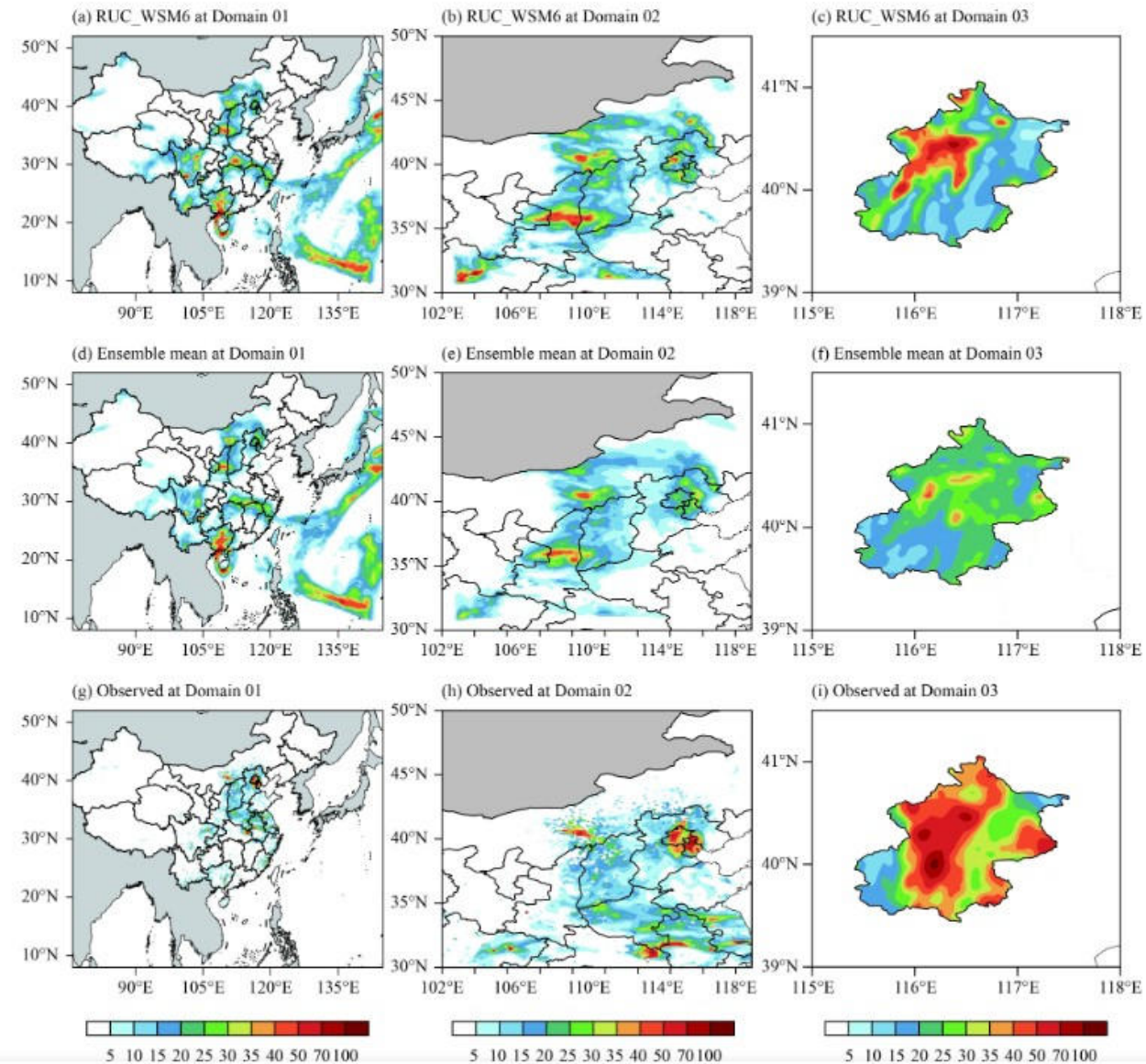
## Vybrané dopady klimatickej zmeny



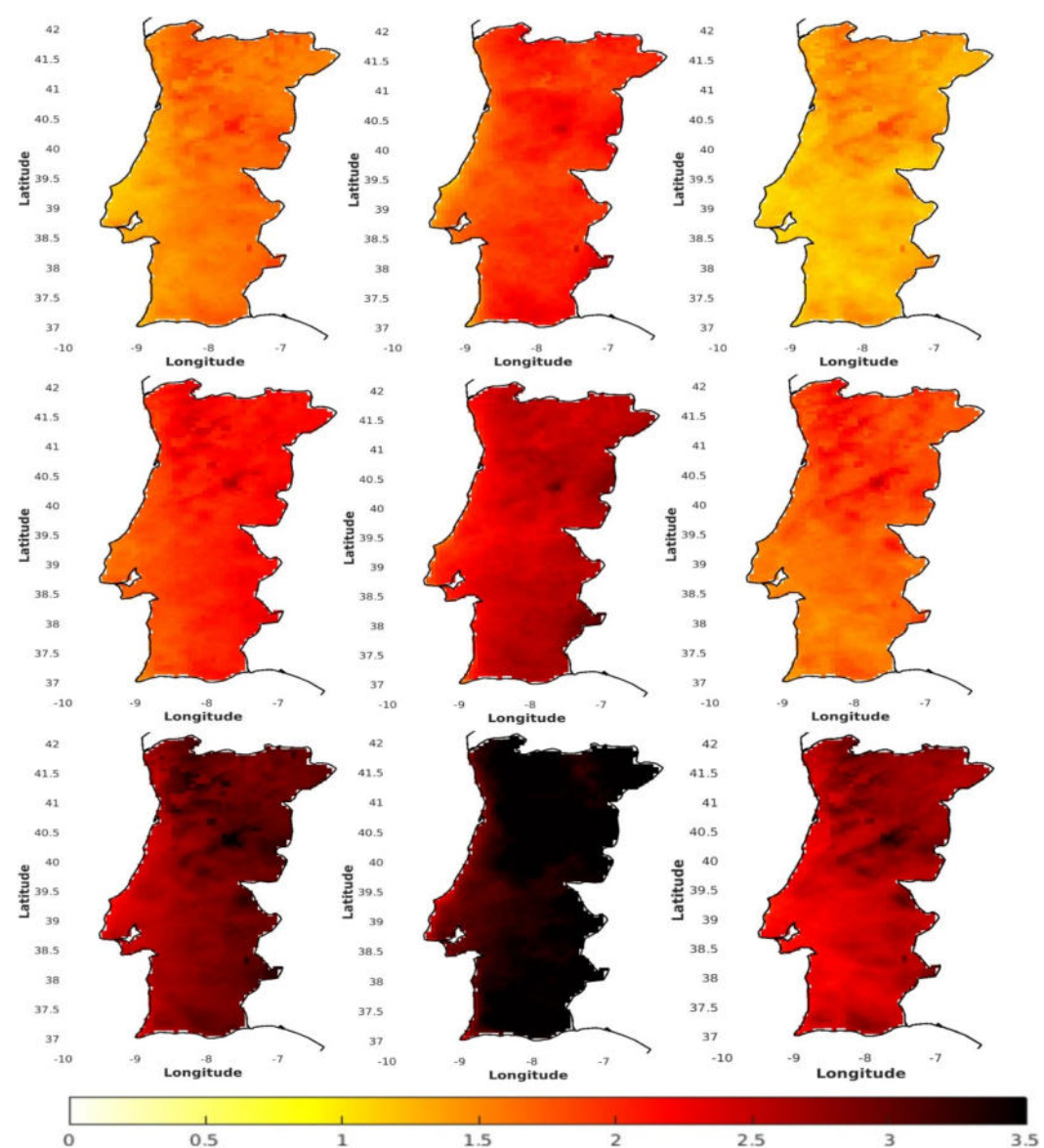
1. Manažment **zimného cestovného ruchu**
2. **Biorytmus** tatranských živočíchov
3. **Hydrologický režim** oblasti

**Obr. 14** Množstvo vody v snehovej pokrývke (SWE) za obdobia 2004/05 až 2023/24 pre povodie rieky Poprad; Zdroj: SHMÚ (2025)

# Ukážky iného výskumu s modelom WRF...

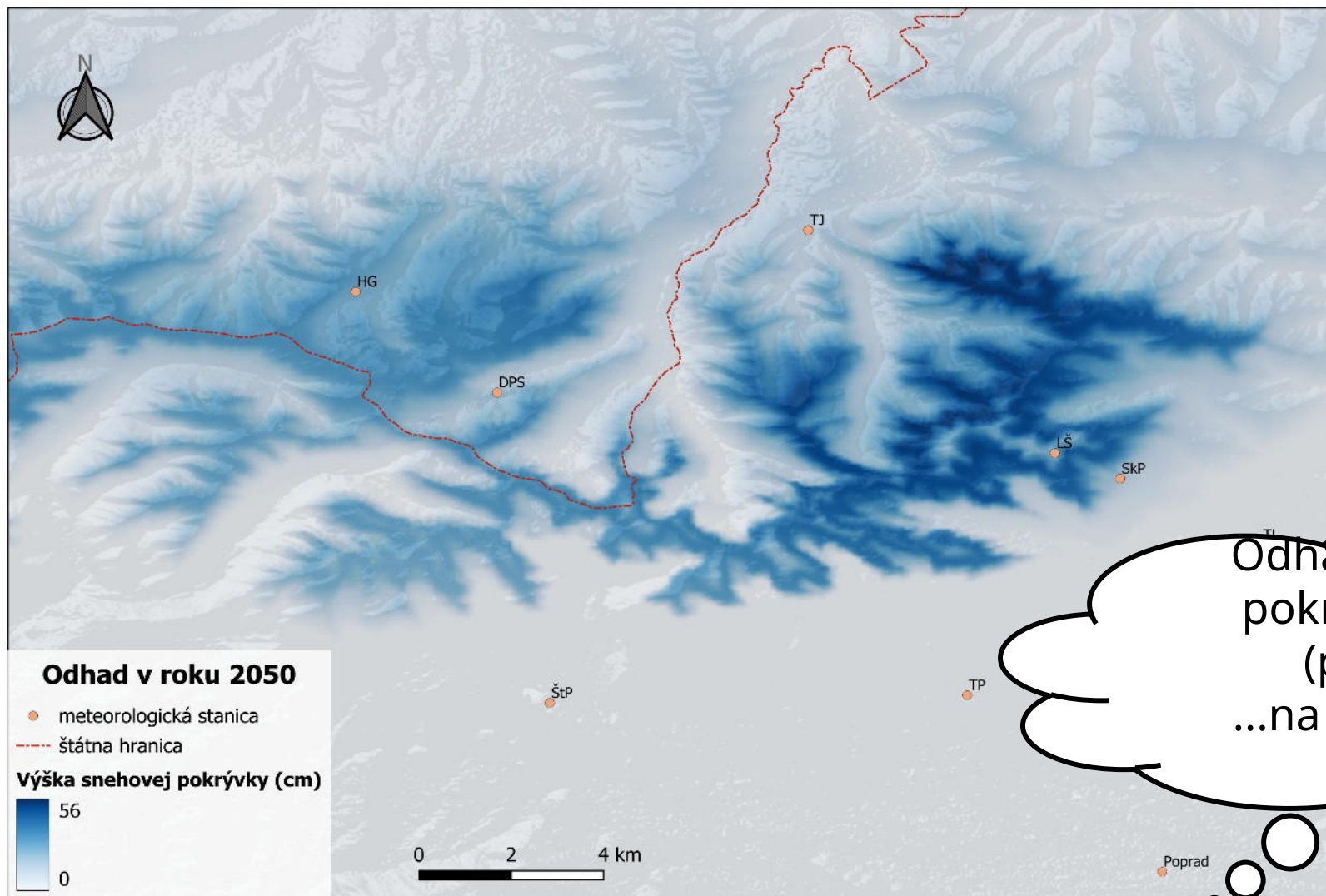


**Obr. 15** Extrémne zrážkové úhrny na jeseň 2015 v Číne; Zdroj: Li et al. (2018)



**Obr. 17** Predpovede otepľovania v Portugalsku na roky 2081-2100; Zdroj: Carvalho (2024)

## Na záver trochu mimo WRF...



Odhad výšky snehovej pokrývky v roku 2050 (produkt AI !!!), ...na základe minulých rokov...

## Použité zdroje

- BOLTÍŽIAR, M., 2009: *Vplyv georeliéfu a morfolodynamických procesov na priestorovú štruktúru vysokohorskej krajiny Tatier*. Nitra (Univerzita Konštantína Filozofa, Ústav krajiny ekológie SAV)
- [https://hiking.dennikn.sk/ar/7414/pribudlo\\_snehu\\_pozor\\_na\\_laviny\\_najma\\_na\\_strmych\\_svahoch.html](https://hiking.dennikn.sk/ar/7414/pribudlo_snehu_pozor_na_laviny_najma_na_strmych_svahoch.html)
- <https://polovnictvo-rybarstvo.pluska.sk/polovnictvo/zvierata-zimneho-spanku-budia-zavislosti-klimatickych-podmienok>
- <https://spravy.stvr.sk/2023/01/niectore-lyziarske-strediska-docasne-zatvorili-alebo-obmedzili-prevadzku/>
- <https://zahradkar.pluska.sk/uzitkova-zahrada/pre-podu-je-to-dar-sneh-a-mraz-ju-chrania-zlepsuju-strukturu-a-prospievaju-mikroorganizmom>
- SHMÚ, 2025a: Snehové spravodajstvo. In *Hydrologické spravodajstvo* [online]. Bratislava (SHMÚ). Dostupné na <[https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=mi\\_m\\_sneh&povodie=4#form](https://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=mi_m_sneh&povodie=4#form)>
- MIKULOVÁ, K. et al., 2019: Klimatologické normály za obdobie 1981-2010 na Slovensku. In *Národný klimatický program SR (NKP 14/19)*. Bratislava (SHMÚ)
- IMGW-PIB, 2024: Dane pomiarowo obserwacyjne. In Dane publiczne IMGW-PIB [online]. Dostupné na [https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane\\_pomiarowo\\_obserwacyjne/dane\\_meteorologiczne/](https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne/dane_meteorologiczne/)
- Mukul Tewari et al., 2022: Understanding the sensitivity of WRF hindcast of Beijing extreme rainfall of 21 July 2012 to microphysics and model initial time. In *Atmospheric Research*, Volume 271.
- Carvalho, D. (2024). *High-resolution surface temperature changes for Portugal under CMIP6 future climate scenarios*. *Scientific Reports*, 14, 17209
- COMIN, A.N. et al., 2018: Impact of different microphysical parameterizations on extreme snowfall events in the Southern Andes. In *Weather and Climate Extremes*. 21, pp. 65–75



**GEOGRAFICKÝ  
ÚSTAV SLOVENSKEJ  
AKADÉMIE VIED**

**Ďakujem pekne za pozornosť**

**... a teším sa na Vaše otázky a podnety**