

**Klimatická zmena
ako faktor nestability
v podmienkach
Slovenska**

**Mení zmena klímy
obraz stability
Slovenska?**

Martin Bednarik¹, René Putiška¹, Rudolf Tornyai¹, Bibiána Brixová¹ & Róbert Csizmadia²

¹Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra inžinierskej geológie, hydrogeológie a aplikovanej geofyziky

²GEOFOS, s.r.o., Žilina

**HGIG KONGRES PARDUBICE 2026
1. - 4. September 2026**

Svahové deformácie na Slovensku registrované do roku 2006

21 190

Evidovaných svahových deformácií

Atlas stability svahov rok 2006 (Šimeková et al.)

Plošný rozsah

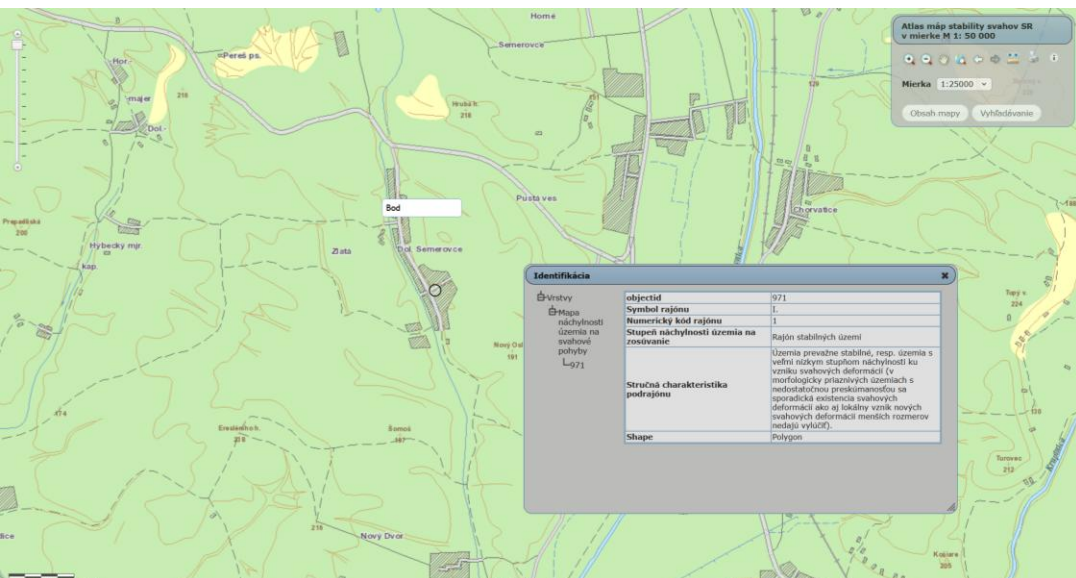
Svahové deformácie zasahujú 257,5 tisíce hektárov, čo predstavuje 5,25 % celkového územia SR.

Dominancia zosuvov

Až 19 104 prípadov (90,2 %) spadá do kategórie zosuvov.

Ohrozenie infraštruktúry

Zosuvy priamo ohrozujú tisíce kilometrov ciest, železníc, inžinierskych sietí a vyše 30 000 pozemných stavieb.



Rok 2010 ukázal silu kumulatívneho nasýtenia horninového prostredia

Historické zrážky v celoslovenskom rozsahu

Extrém:

v máji 2010 padol na väčšine Slovenska 3- až 4-násobok normálu; rekord prekonal takmer 400 zrážkomerných staníc (mnohé z nich majú merania už od roku 1901 – Pecho et al., 2010).

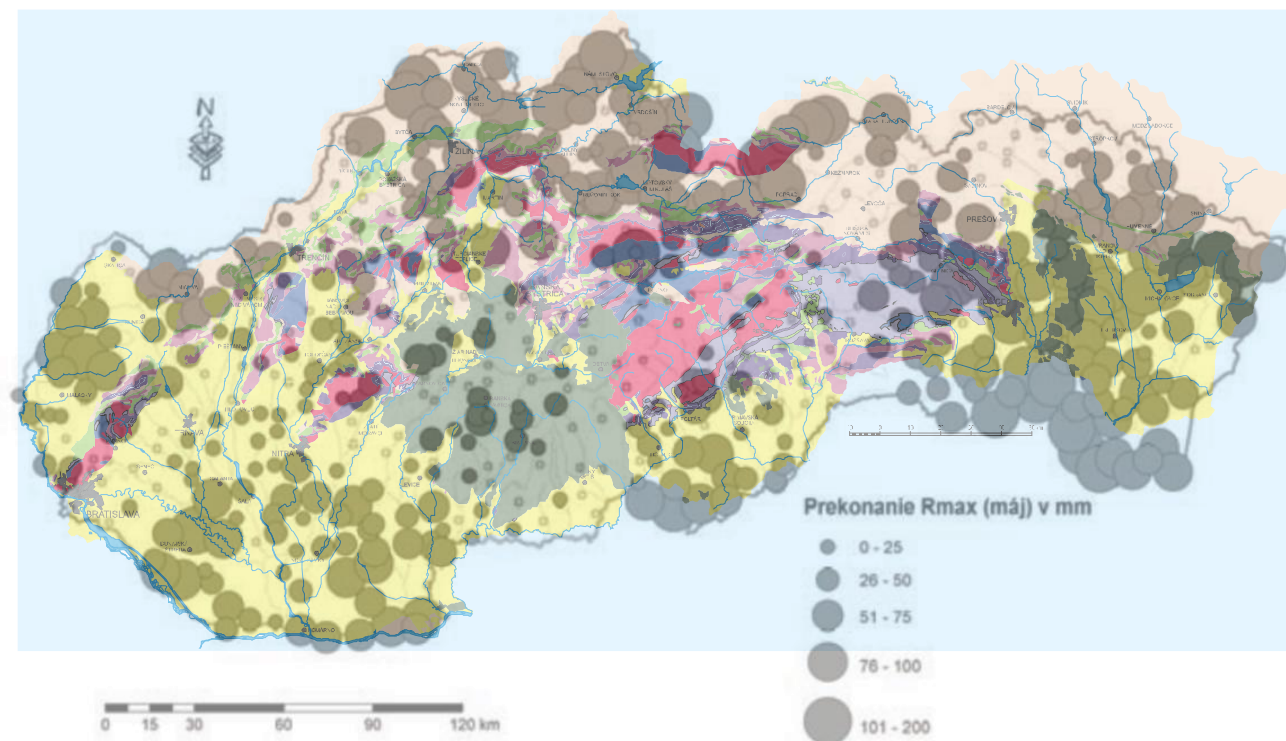
Odozva svahov:

vzniklo alebo sa reaktivizovalo viac než 570 deformácií na ploche približne 293 ha.

Mechanizmus:

opakované zrážkové vlny zasiahli už nasýtené povodia.

Absolútna hodnota prekonania maximálnych májových úhrnov zrážok v máji 2010 (Pecho et al., 2010)





Prípadové štúdie z regiónov

Analýza troch odlišných geologických prostredí:

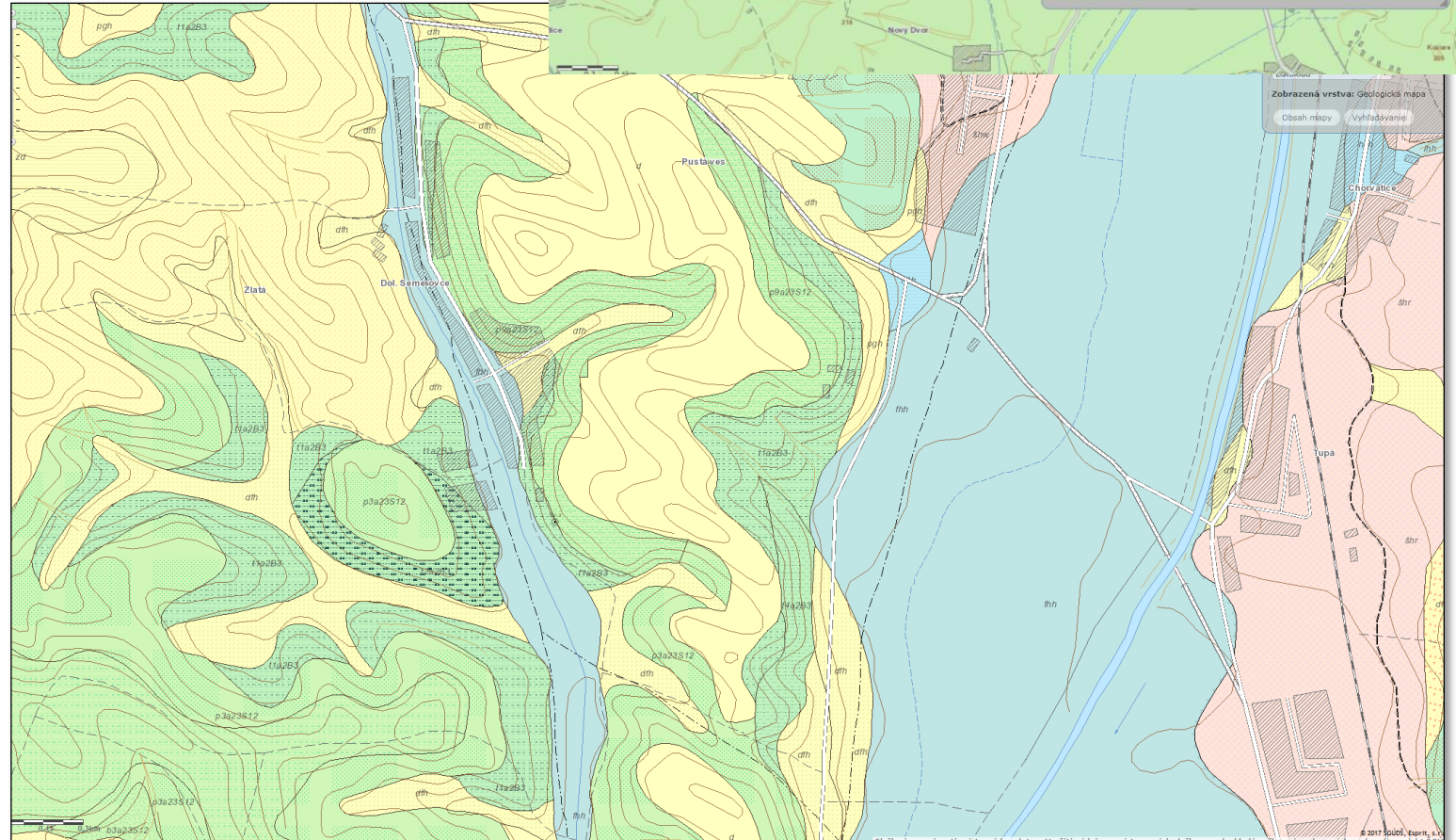
Podunajská pahorkatina

Hornonitrianska kotlina

Štiavnické vrchy

Dolné Semerovce

Juhovýchodná časť Podunajskej panvy (Želiezovská depresia) s neogénnymi a kvartérnymi sedimentmi, zasahujúca do okrajovej zóny štiavnického stratovulkánu.



Dolné Semerovce

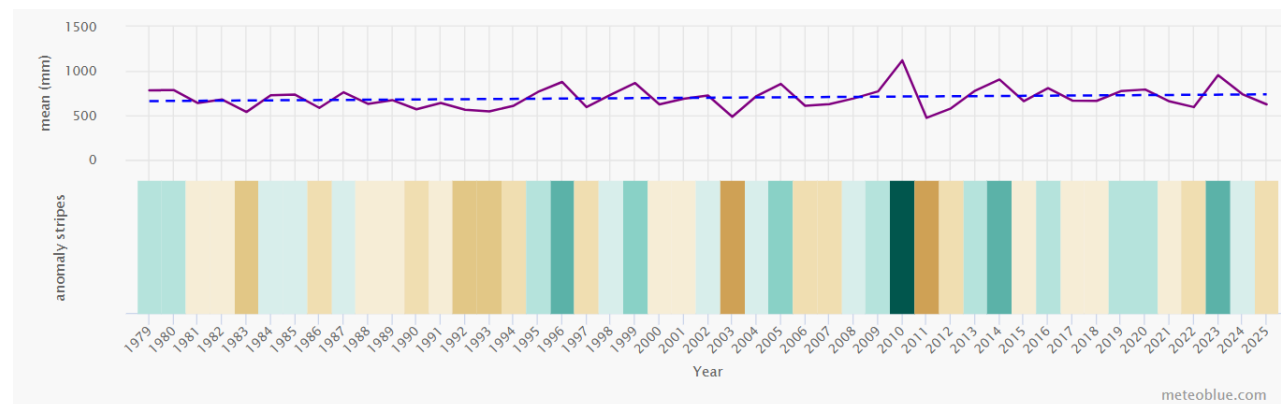
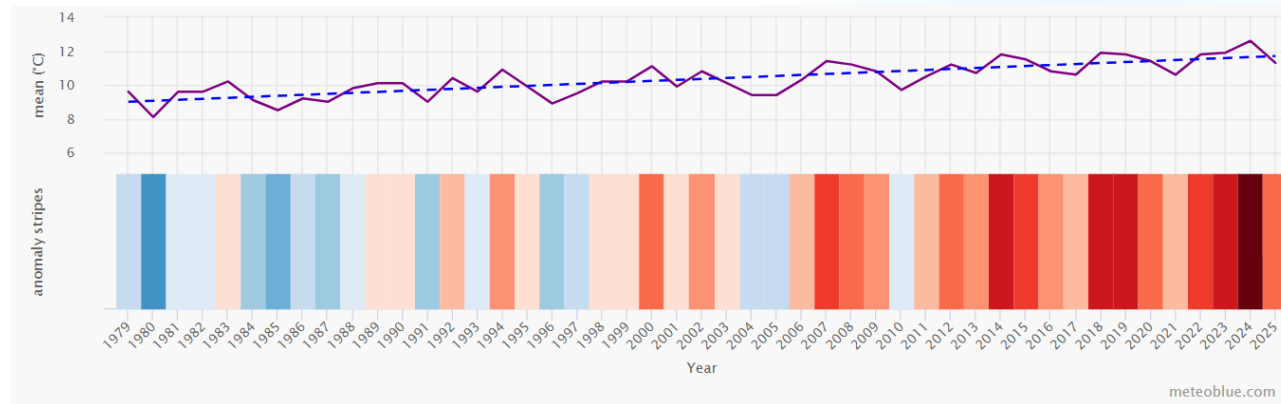
Klimatický profil

Nárast teploty:

- približne +2,5 °C od roku 1979;
- po roku 2010 prevažujú nadpriemerne teplé roky.

Zrážky:

- priemer približne 750 mm/rok;
- dominantné anomálie 2010 (+413 mm) a 2023 (+243 mm).



Zosuv v Dolných Semerovciach



Udalosť z Decembra 2023

Dňa 29. 12. 2023 v ranných hodinách došlo k havarijnému zrúteniu oporného múru dĺžky 16 m v dôsledku reaktivizácie aktívneho svahového pohybu.



Parametre deformácie

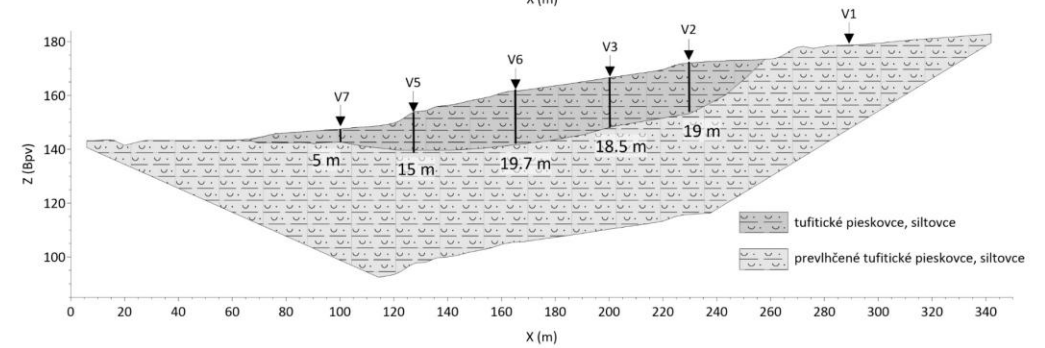
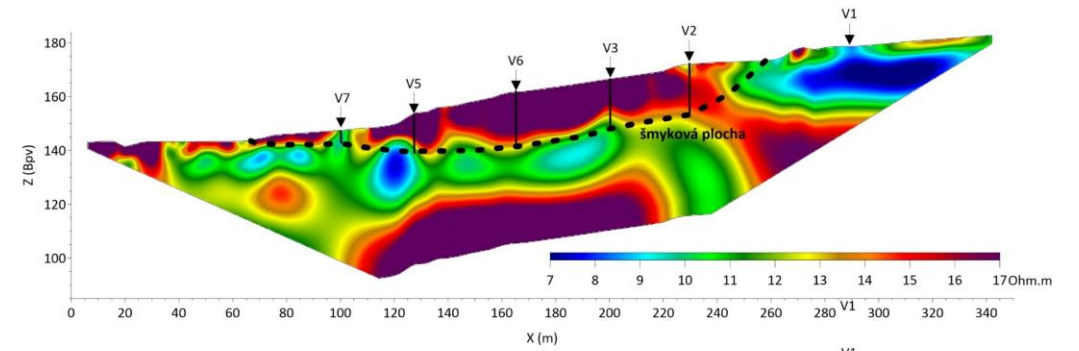
Zosuv dosahuje rozmery **205 m × 185 m** s celkovou rozlohou **2,8 ha**. Hĺbka šmykovej plochy približne **20 metrov**.



Infiltračná zóna

Približne 1/5 plochy zosuvu (0,5 ha) tvorí miestny cintorín, ktorý fungoval ako hlavná infiltračná oblasť pre atmosférické zrážky.

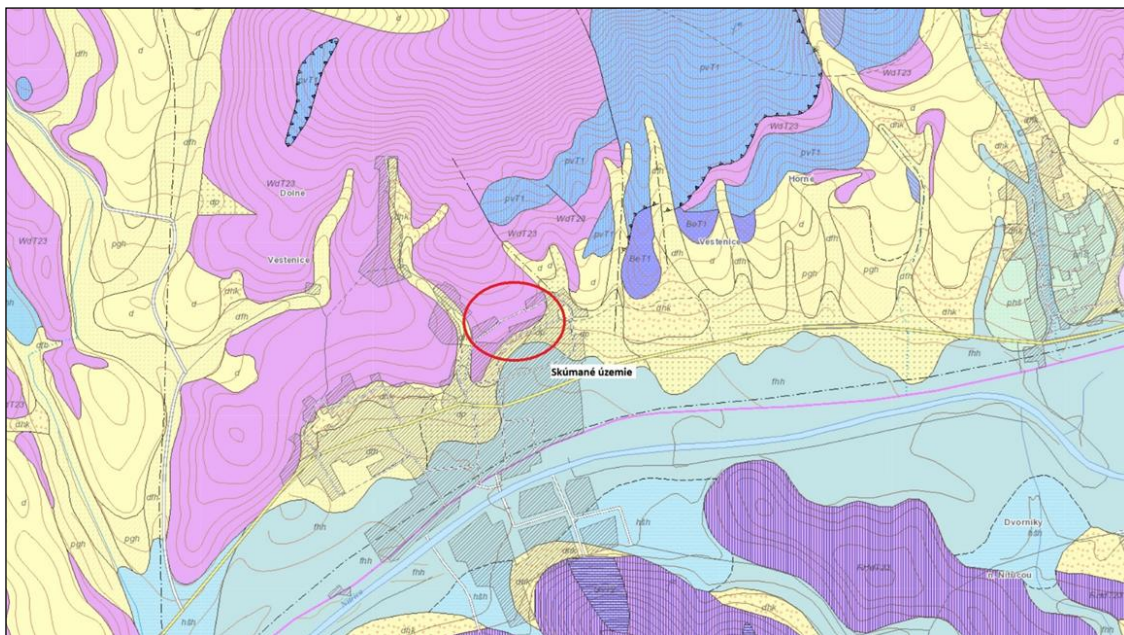




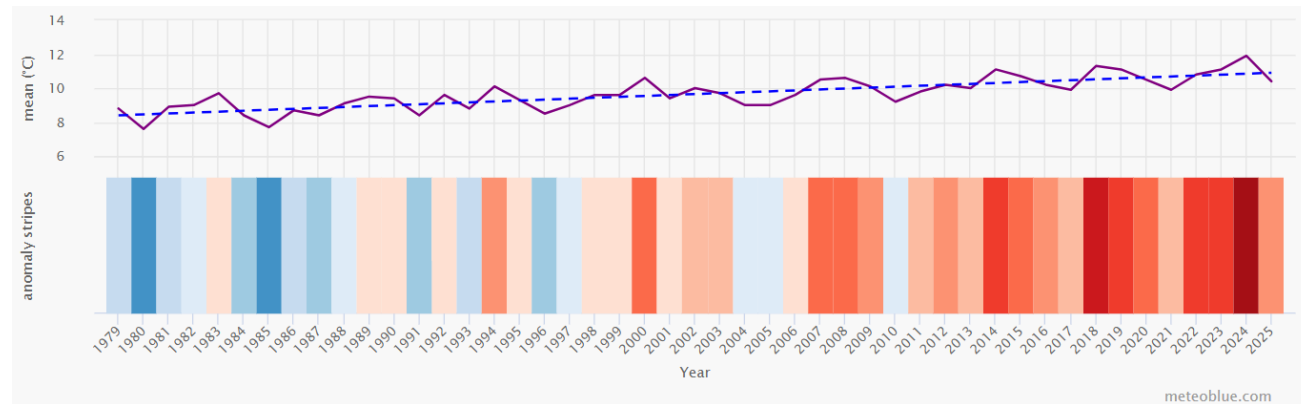
Dolné Vestenice

Wettersteinské dolomity prekrývajú ílovité svahové sedimenty tried F6 až F8.

Málo priepustné vrstvy podporujú povrchový odtok a lokálnu akumuláciu vody nad šmykovými plochami.



Klimatické anomálie a zrážky

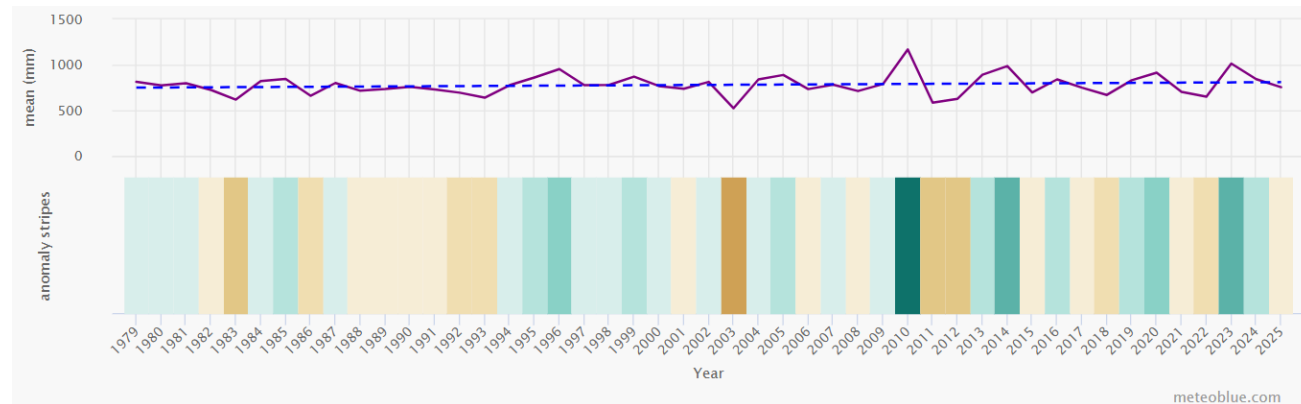


 **Rovnaké klimatické trendy:** V Hornonitrianskej kotline pozorujeme identický nárast teploty (+2,5 °C) ako na juhu SR s prevahou teplých rokov od r. 2010.

 **Extrémne zrážkové periódy:** Zhoda v anomálnych rokoch – 2010 (+413 mm), 2014, 2016, 2019, 2020 a 2023 (+243 mm).

 **Povrchový odtok:** zmena využívania krajiny; zastavané a spevnené plochy zrýchľujú sústredenie vody v konkávnej časti svahu.

 **Reaktivizácia zosuvov:** Kumulatívny účinok zrážok v kombinácii s antropogénnymi zásahmi spúšťa opakované svahové pohyby.

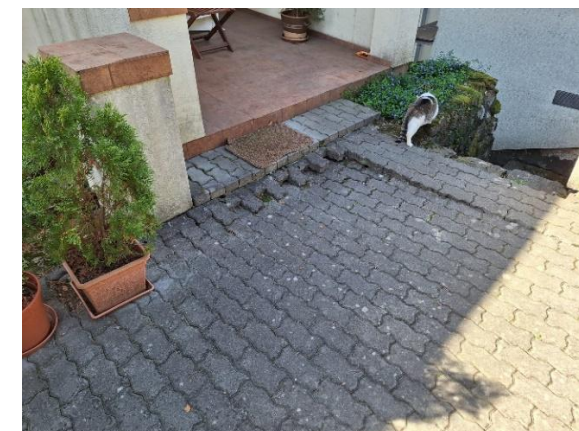


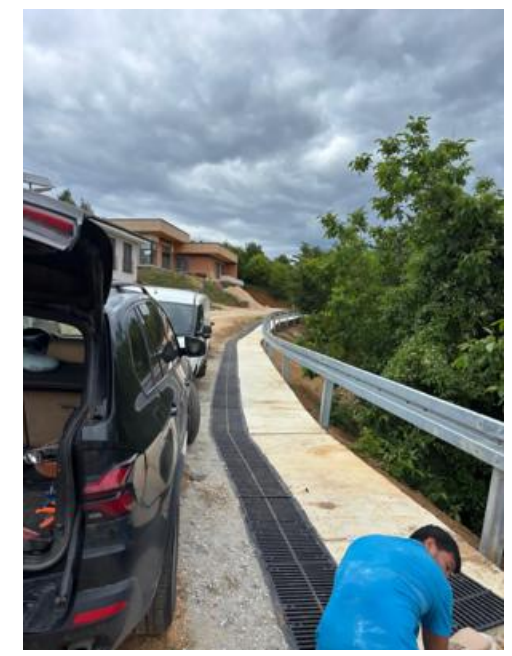
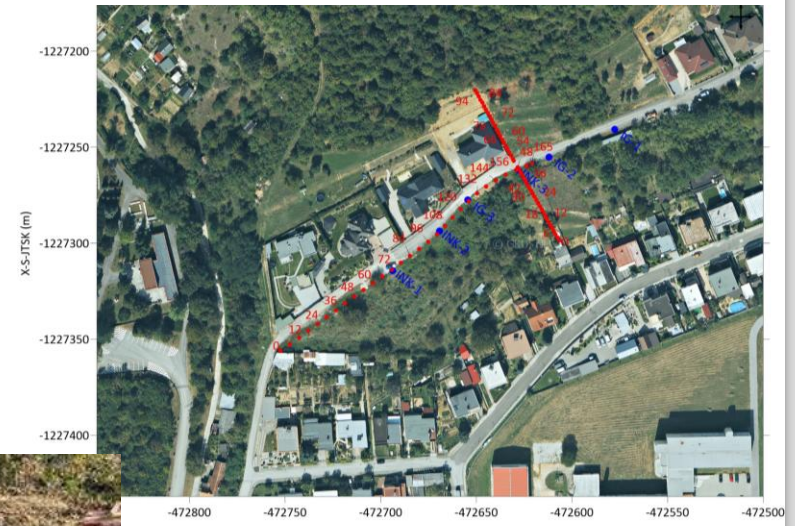
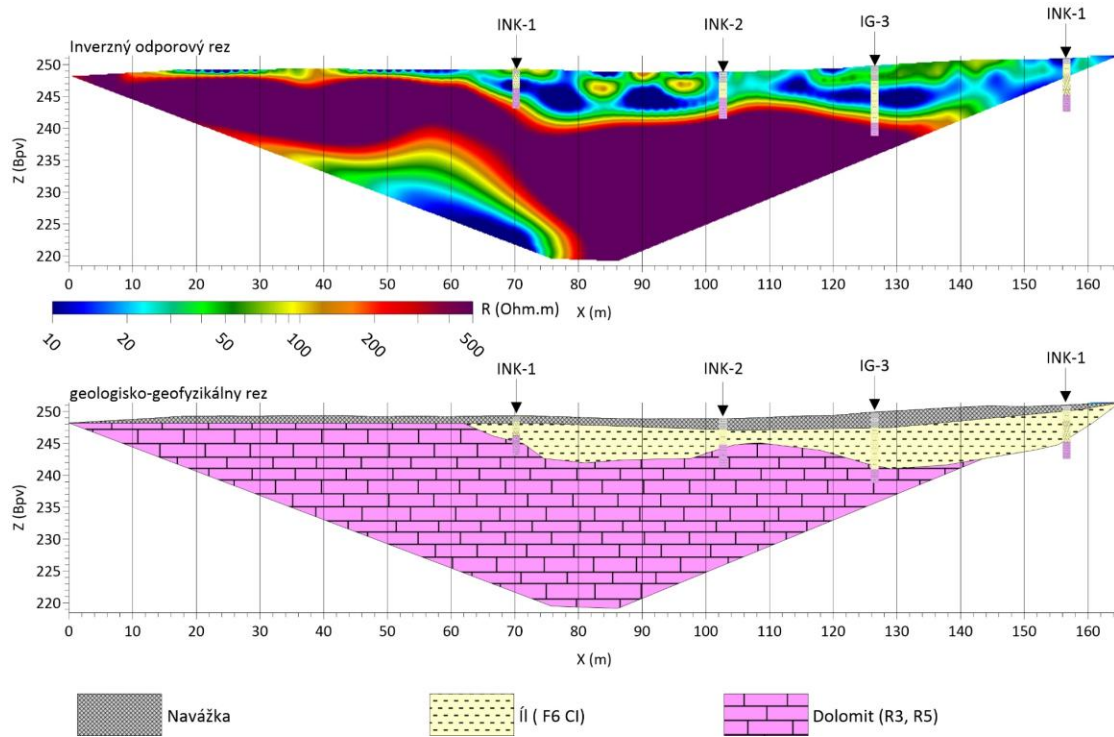
Dolné Vestenice – zosuv

Zmena využitia územia

Pastviny a sady nahradila zástavba, násypy a zářezy; zmenili sa zaťaženie aj odtokové pomery svahu.

Historická ortofotomapa z roku 1950 zachytáva plošný zosuv približne 60 × 80 m medzi ulicami Kopanice a Ľ. Štúra.





Podhorie – Žakýl

Zvetrané vulkanity znižujú šmykovú pevnosť

Geologický rámec:

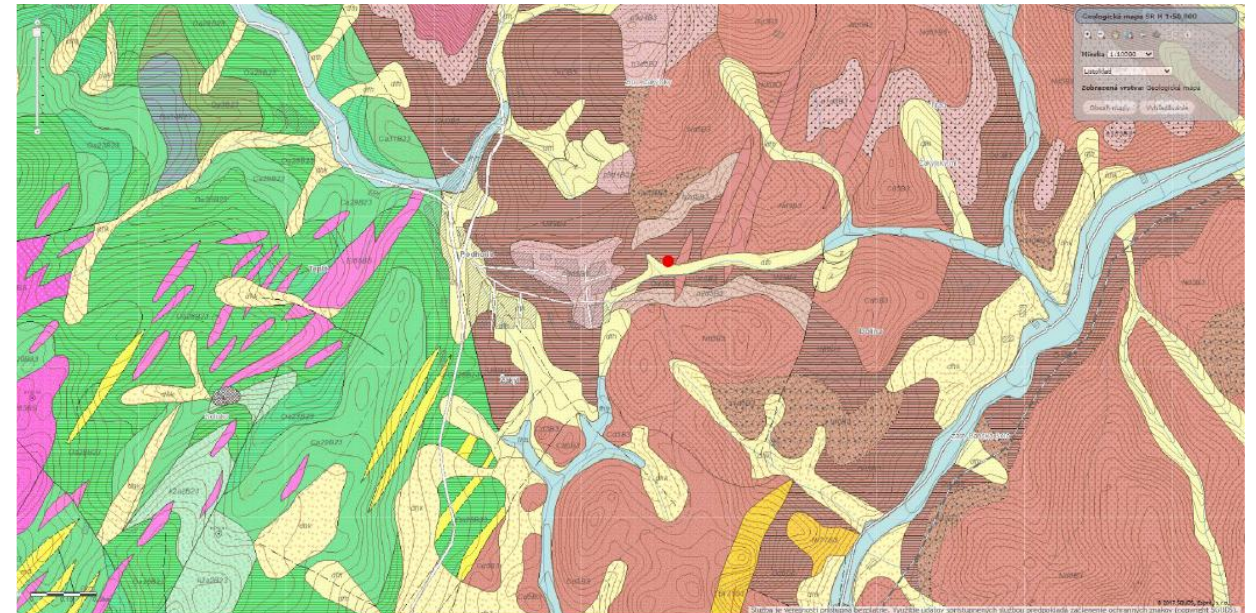
andezitové tufy a brekcie sú tektonicky porušené a intenzívne zvetrané.

Oslabené zóny:

elúviá a svahové sedimenty majú charakter ílovitých zemín s nízkou šmykovou pevnosťou.

Spúšťač:

infiltrácia a kolísanie hladiny podzemnej vody aktivizujú pohyb v už predisponovanom svahu.



Podhorie – Žakýl

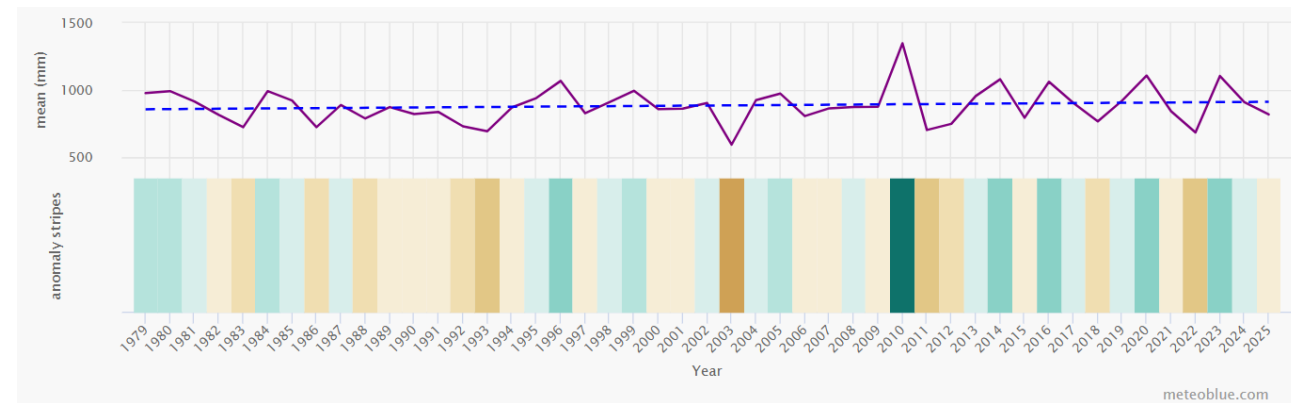
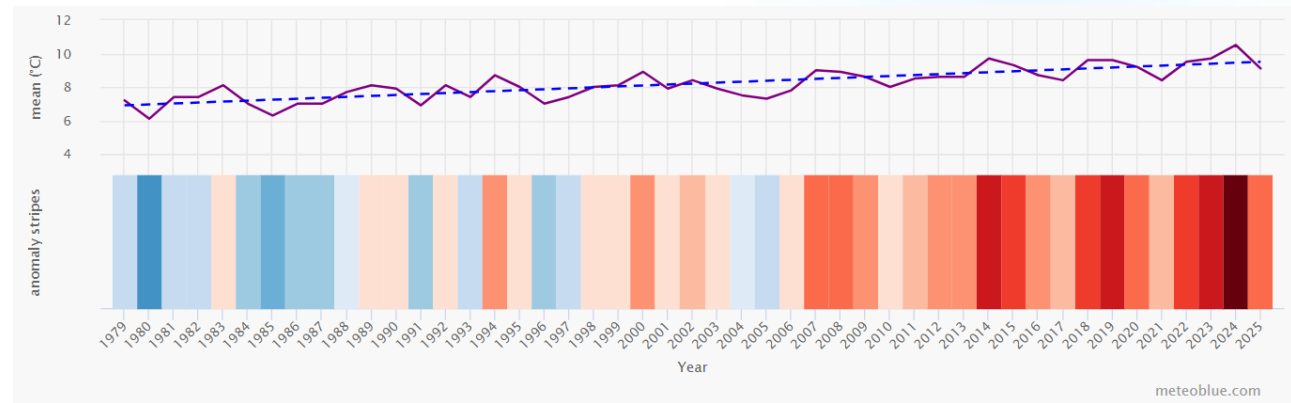
Klimatický profil

Nárast teploty:

- približne $+2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ od roku 1979; po roku 2010 prevažujú nadpriemerne teplé roky.

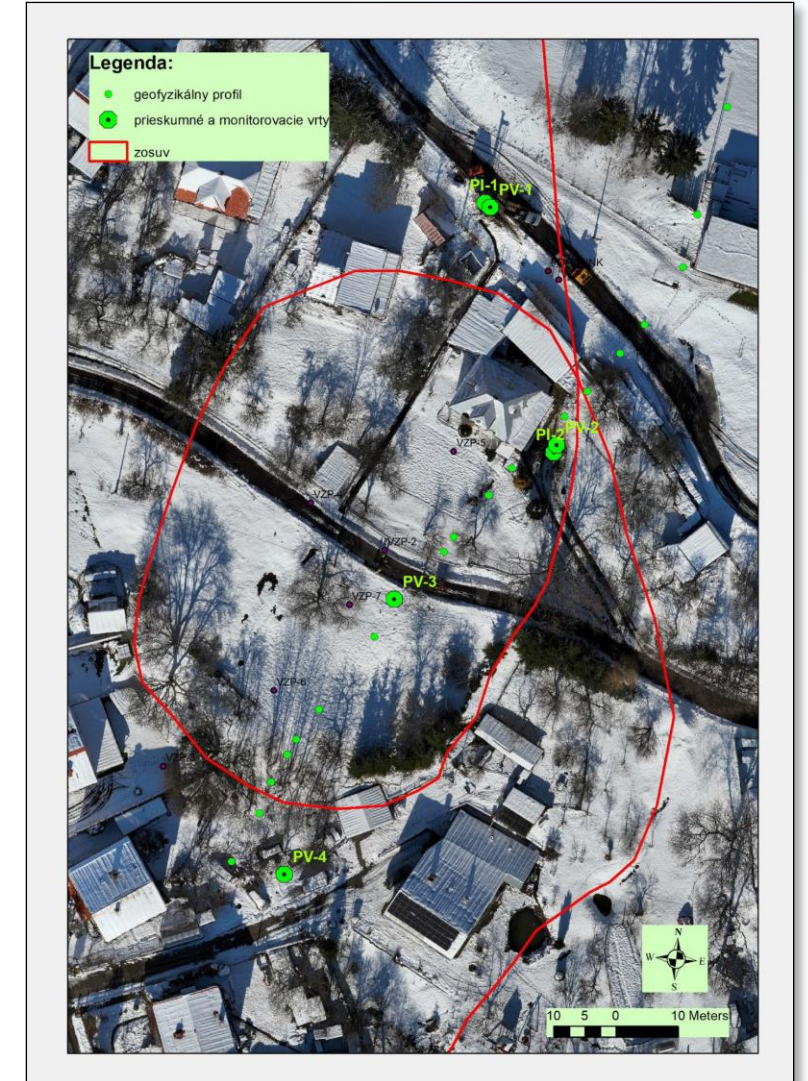
Zrážky:

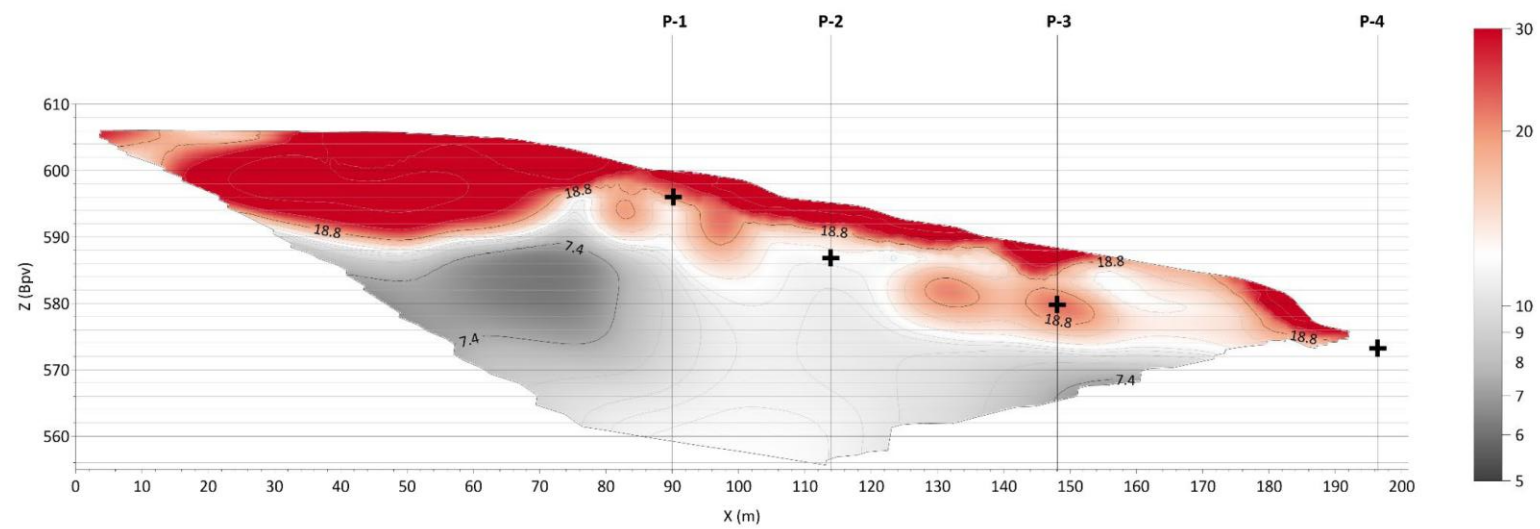
- dlhodobý priemer 850–900 mm/rok;
- kritické anomálie sa opakujú v rokoch 2010, 2014, 2016, 2020 a 2023.



Podhorie – Žakýl – zosuv

Aktívna havarijná deformácia (4,5 ha) je súčasťou rozsiahlejšieho zosuvného územia. Poškodzuje cestu III. triedy, dom a oplotenie; prerušenie komunikácie by odrezalo Žakýl aj od záchranných zložiek.





O stabilite rozhoduje n-denný zrážkový úhrn

- Klimatická zmena nezvyšuje zosuvné riziko jednoduchým, všade rovnakým spôsobom.
- Zvyšuje teplotné a zrážkové zaťaženie systému a mení časovanie extrémov.
- O tom, či sa toto zaťaženie premení na kritický pórový tlak a pohyb, rozhodujú najmä predchádzajúca saturácia, geologická predispozícia, hĺbka šmykovej plochy, povrchový a podzemný odtok, zásahy do geometrie svahu - antropogénny vplyv.

1 Zrážkové zaťaženie R ₁ , R ₃ , R ₅ , R ₁₀ , sezónna kumulácia a pravdepodobnosť extrému	2 Hydrologický a hydrogeologický stav predchádzajúca saturácia, sneh, podzemná voda, pórový tlak a časovanie zrážkových vín	3 Lokálna odozva svahu geologické pomery, šmyková plocha, morfológia, odtokové pomery, antropogénne zásahy
---	---	--



Ďakujem za pozornosť!