

# Systematický výzkum sesuvů v ČR

Petr Kycl

**RE**  
**LNS** Rock  
Environment  
Natural  
Resources

**T** **A**  
**Č** **R**

Projekt č. „SS02030023 Horninové prostředí a suroviny“  
je spolufinancován se státní podporou Technologické  
agentury ČR v rámci Programu Prostředí pro život.

[www.tacr.cz](http://www.tacr.cz)

# 5 aktivit projektu

- 3.1.1. Metody průzkumu + kritéria vzniku sesuvů
- 3.1.2. Nová metodika dokumentace sesuvů
- 3.1.3. Mapování sesuvů v terénu do RSN
- 3.1.4. Výzkumy + monitoring vybraných sesuvů
- 3.1.5. Nový RSN – aplikace, náchylnosti, propagace

***„rok projektu za námi“***

## 3.1.1 Analýza kritérií ovlivňujících vznik sesuvů

Metody výzkumu na sesuvech a jejich rozvoj:

- Dálkový průzkum Země (DPZ)
- Geofyzika
- Mechanika zemin
- Nové metody při výzkumu sesuvů
- závěry a cíle = směřování na dalších 5 let  
+ **IoT**

Výběr vhodné metody a dat DPZ pro výzkum zaměřený na svahové deformace je ovlivněn řadou kritérií. Prvním kritériem **je cíl činnosti:**

- Detekce svahových deformací
- Detailní analýza svahových deformací (zjišťování parametrů: objemu, plochy, rychlosti pohybu, ...)
- Monitoring svahových deformací
- Tvorba odvozených výstupů a podkladů (mapy náchylnosti, vlhkosti, apod.)

**Další kritéria:** rychlost pohybu sledovaného sesuvu, rozsah sledovaného území, charakter sledovaného území (vegetace, členitost) a měřítko, ve kterém chceme pracovat.

**Na tyto kritéria je pak vázána využitelnost jednotlivých metod a dat DPZ.**



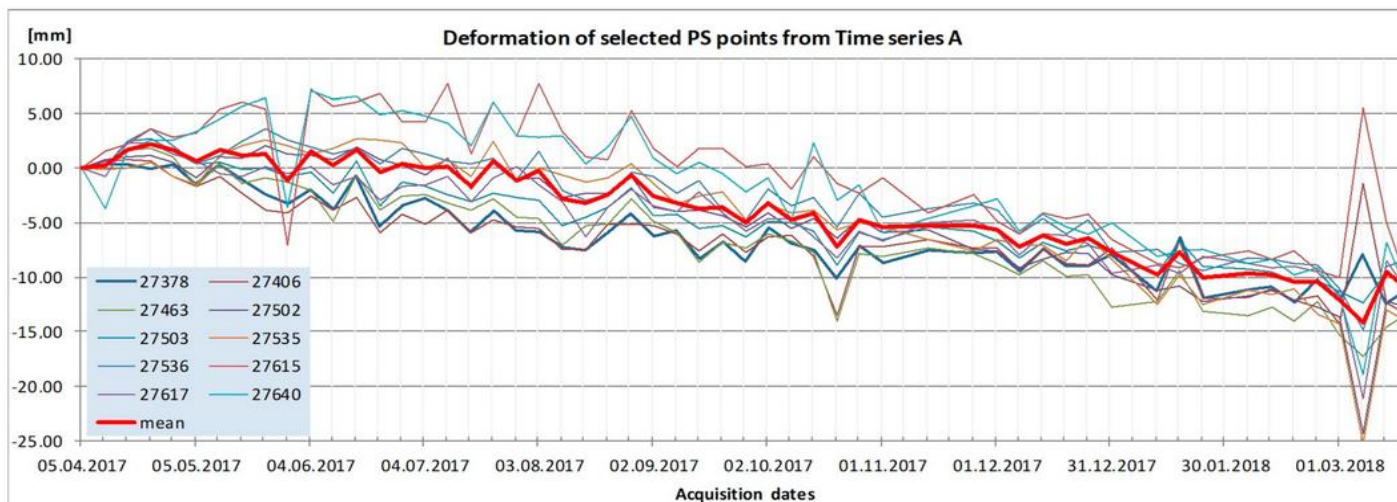
Vertical displacement [mm]



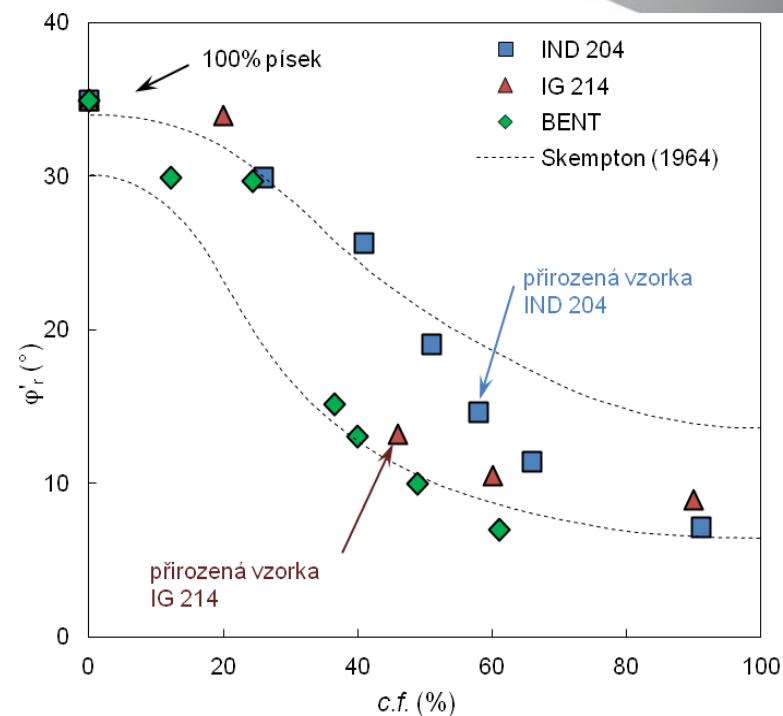
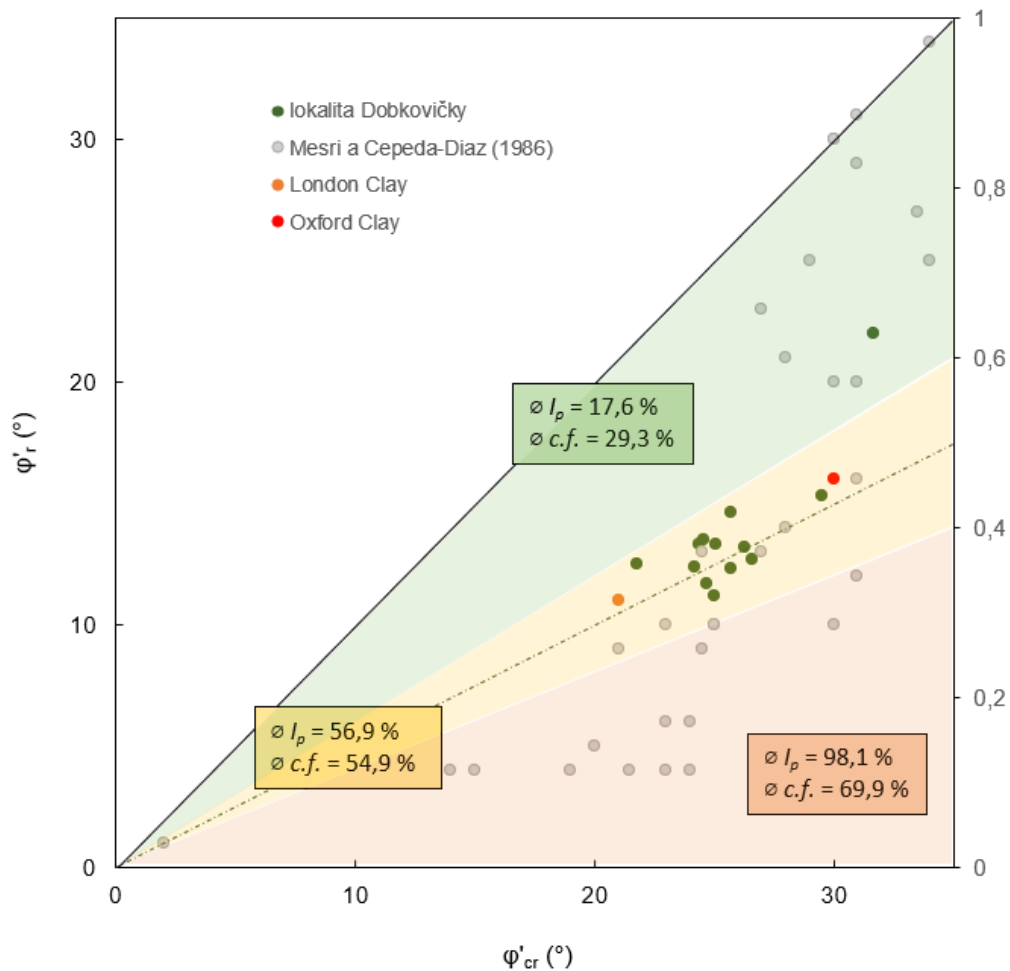
Velocity [mm/yr] classified by standard deviation

Std. Dev.	Time series A mm/yr	Time series C mm/yr
● < -2.5	< -11.7	< -14.4
● -2.5 – -1.5	-11.7 – -8.0	-14.3 – -10.2
● -1.5 – -0.5	-7.9 – -4.2	-10.1 – -6.0
● > 1.5	> 3.3	> 2.5

● geodetic measurement



Využití kombinace metod DInSAR a PSI pro studium nestability sesuvného území v úseku dálnice D8 u obce Dobkovičky. Fárová et al., 2019).



## ➤ Korelace na bázi indexu plasticity

➤ Korelace na bázi poměru Atterbergových mezí

➤ Korelace na bázi poměru reziduální a kritické pevnosti

➤ Korelace na bázi procentuálního podílu jílové frakce

➤ Korelace na bázi mineralogie

## Výstupy aktivity:

- 1) **Vsouhrn** - Analýza současného poznání obecných faktorů vzniku a vývoje svahových nestabilit
- 2) **Nmap** - Ortofotomozaiky a digitální modely terénu, detailní mapy identifikace zón lokálního nasycení horninového prostředí u vybraných sesuvů

## Vlastní „nepovinné“ výstupy

- 3) **Nmet** - Metodika verifikace metod radarové interferometrie na SN
- 4) **Nmet/Jimp** - Optimalizace metodiky GF měření na sesuvech
- 5) **Jimp** - Predikce pevnosti zemin jako vstupní základní faktor do výpočtu stability svahu
- 6) **Nsoft/Jimp** - Metodika zpracování GF dat za účelem přesnějších geologických interpretací (integrovaný geofyzikálně-geologický model).

## 3.1.2 Metodika – webová app

### Popis svahové deformace

**XXVI.** Popis svahové defomace

**XXVII.** Fotodokumentace

Přidat soubor

**XXVIII.** Poznámky, doporučení

### Zdroje

**XXIX.** Nadstavby

Registrační záznam geofondu Posudek SOG Posudek P/V Vrtý uvnitř sesuvu  
NEMETON 2013

**XXX.** Citace

...

Vložit



# Metodika – terénní formulář

<b>XX - opakování jevu</b>	x	<b>XXIII - postižené objekty</b>	x	<b>XXIV - sanační opatření</b>	x	<b>D zabezpečování skalních svahů</b>	
A jednorázová událost		A strategická infrastruktura		A úprava geometrie svahu		α kotvení, svorníky	
B opakující se		B průmyslové objekty a průmyslové provozy		α odtěžení akumulace + úprava svahu		β celoplošné sítě	
<b>XXII - ohrožené objekty</b>	x	C obytné budovy a objekty občanského sektoru		β odtěžení + náhrada vyztuženou konstrukcí nebo lomovým záhazem		γ dynamická bariéra	
A strategická infrastruktura		D objekty dopravních tras nižšího významu		γ přitěžovací lavice		δ těžký záchytný plot	
B průmyslové objekty a průmyslové provozy		E produktovody, dálkovody a inženýrské sítě		<b>B odvodnění</b>		ε bariéra typu betonové ho svodidla	
C obytné budovy a objekty občanského sektoru		F turistické trasy, zemědělské a lesní plochy, sjezdovky		α povrchové odvodnění		ζ zemní val	
D objekty dopravních tras nižšího významu		G jinak chráněné objekty či území		β drenážní žebro		<b>E specifické metody</b>	
E produktovody, dálkovody a inženýrské sítě		H ostatní		γ horizontální odvodňovací vrty (HOV)		α injekce	
F turistické trasy, zemědělské a lesní plochy, sjezdovky		I žádný		δ čerpací studny (šachty)		β kontrolovaný odstřel	
G jinak chráněné objekty či území		<b>XXV - stupeň rizika</b>	x	ε dženážní štola		γ biotechnická sanace	
H ostatní		A I. kategorie		<b>C tech. stabilizační opatření pro zem. sv.</b>		δ elektroosmóza	
I žádný		B II. kategorie		α zárubní a opěrní zdi		ε jiná	
		C III. kategorie		β pilotové a štětové stěny			
				γ hřebíkování, kotvení			
				δ jiná opatření (např. mikropiloty, záporny, pražce)			

**XXVI - Popis svahové deformace, XXVIII - Poznámky, doporučení**

Výstupy aktivity:

- 1) Nmet** - Metodika dokumentace a systematizace evidence svahových nestabilit v rámci ČR - dokončení a certifikace

# 3.1.3 Mapování sesuvů do Registru



**Svahové nestability**

ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA

Ovládní aplikace Rozcestník mapových aplikací Další informace

Hledej adresu

Mapové vrstvy

VYBERTE VRSTVY PRO

- Mapované a registrační
- MAPOVÉ VRSTVY
- Mapované svahové ne
- Mapované ne
- Mapované ne
- Nestability pl
- Mapované ne
- Oblasti mapování svah
- Přehled mapo
- Registrační záznamy
- Registrační ne
- Registrační se
- Listoklad ZM 10
- klad listů ZM 1
- Inženýrsko-geologick
- Inženýrskogeolog
- Inženýrskogeolog
- Mapa náchylnosti svah
- Náchylnost sv
- geologická-geomorfo
- Geologickoge
- Parcely Katastru nemo
- Číslo parcely

Hledej adresu

Hledej adresu

Hledej adresu

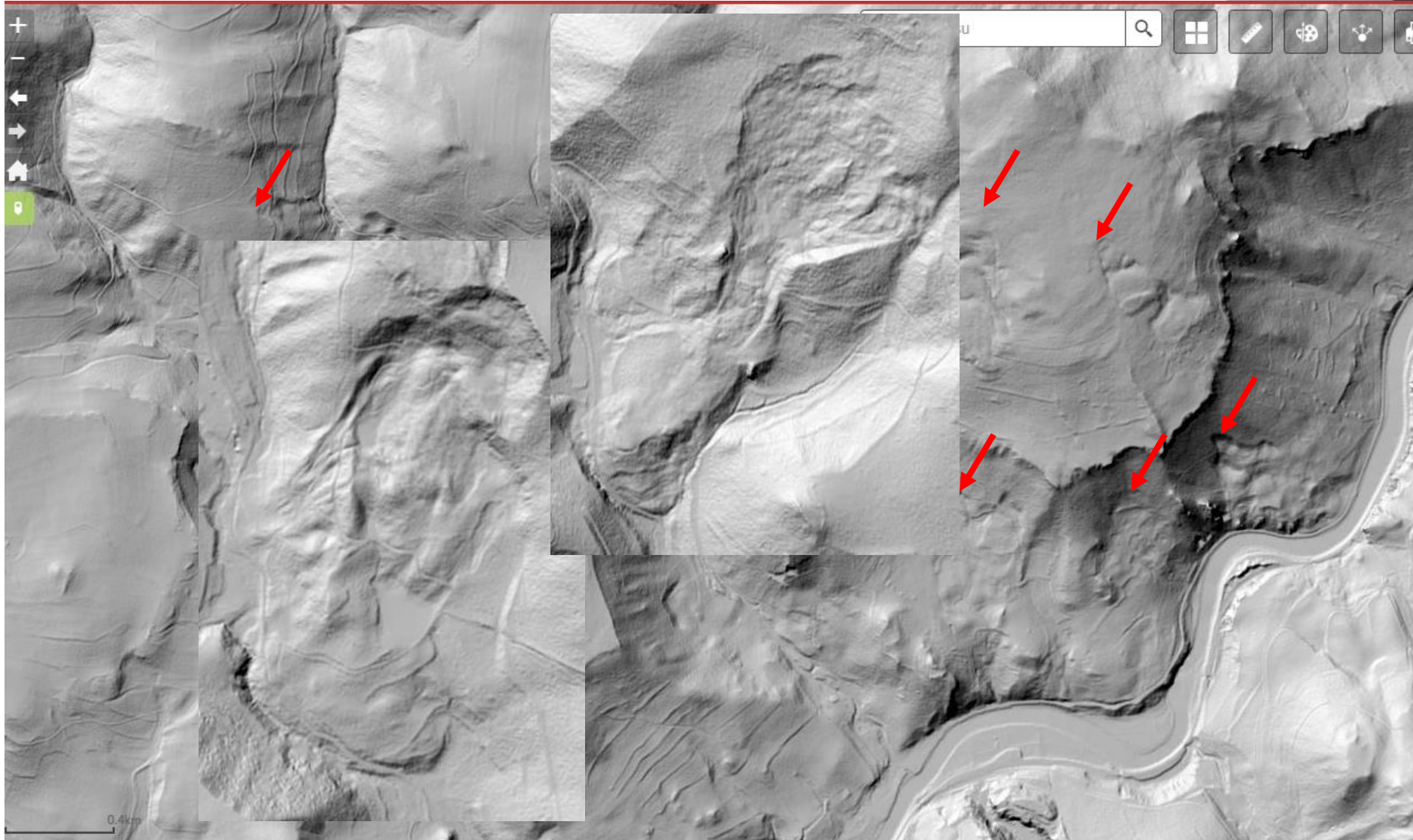
968 324 | 749 627 Metry  
0231102  
Měřítko: 1: 15120

967 205 | 743 098 Metry  
0231102  
Měřítko: 1: 7560 Zoom level: 9/12

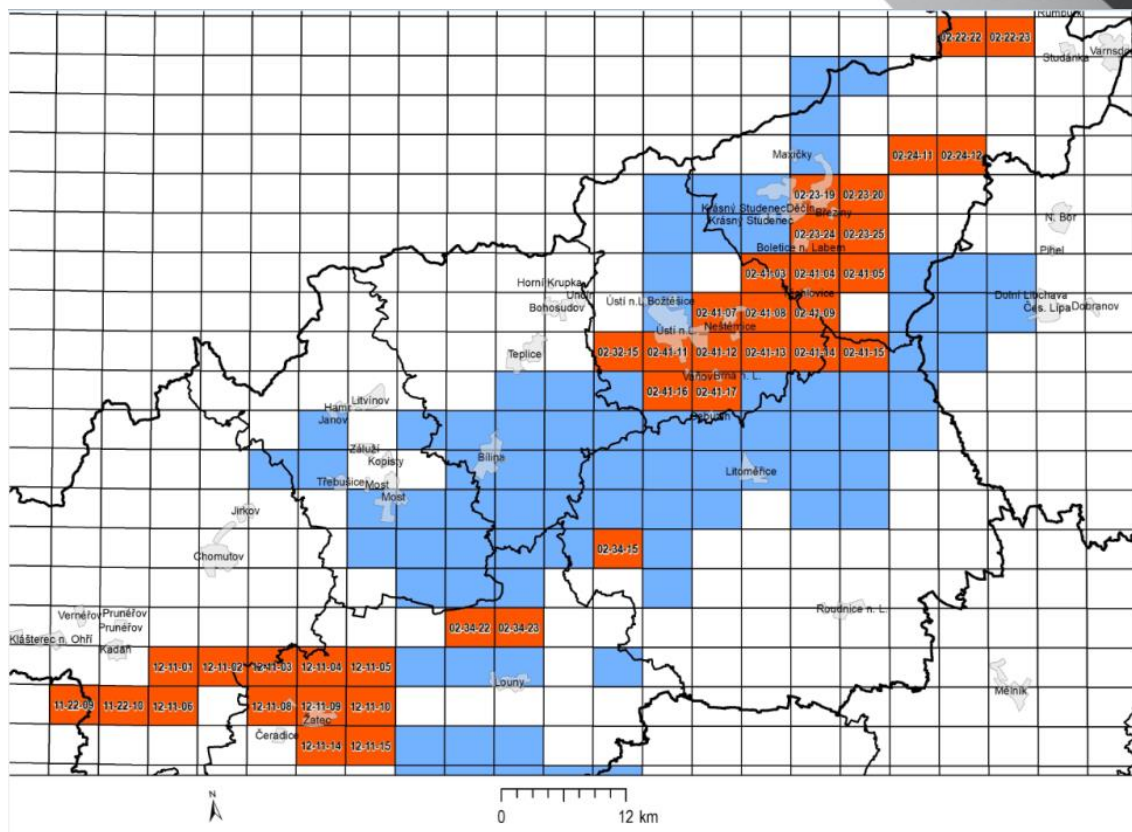
© ČUZK POWERED BY es

# Specifická část ČR

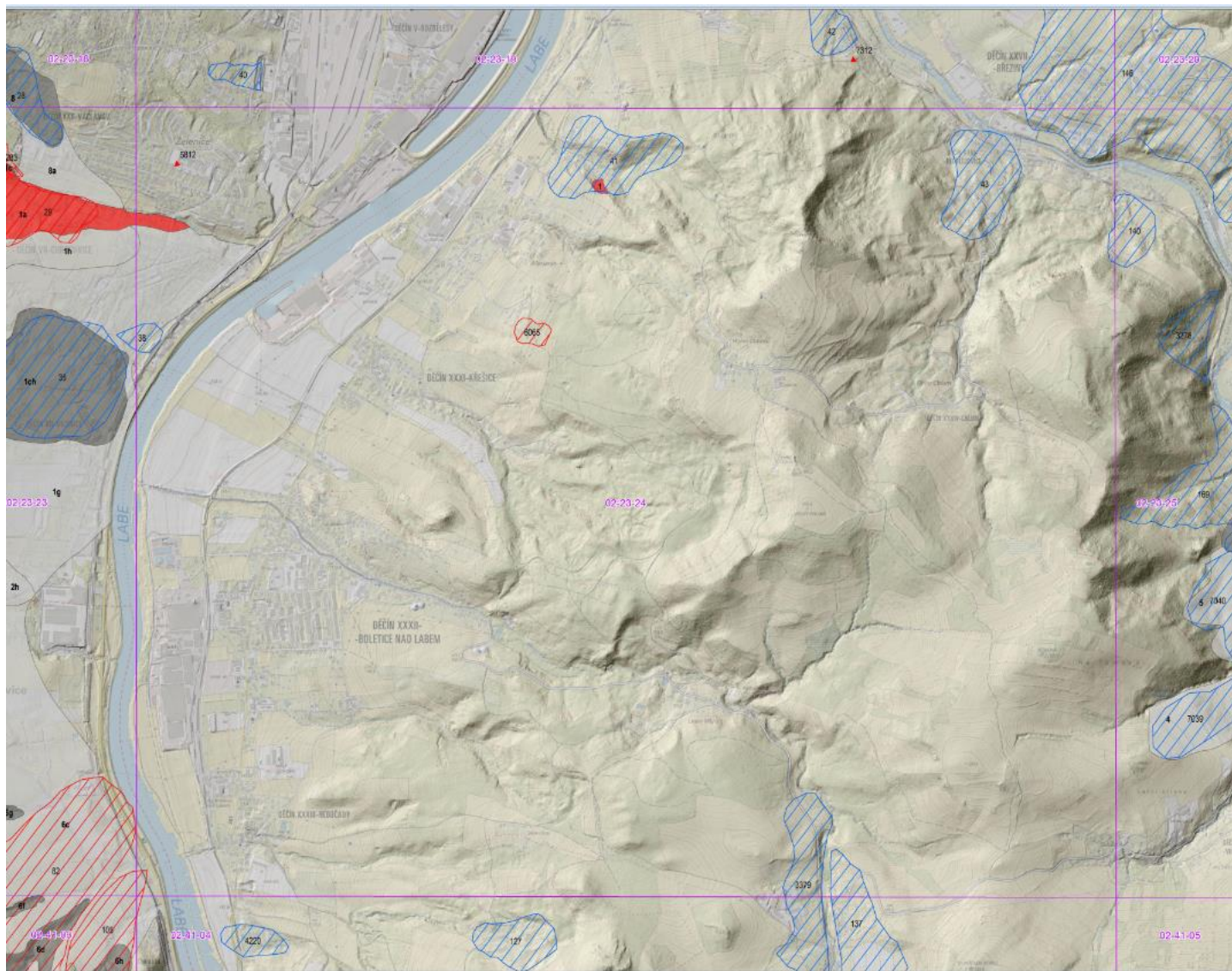
Území, kde není registrovaný žádný sesuv !!



	Název kraje	Počet SD z GF	Počet M10
P r a h a	Praha	77	1
	Středočeský	187	0
	Jihočeský	6	0
	Plzeňský	23	0
	Karlovarský	61	11
	Ústecký	236	40
	Liberecký	194	16
	Moravskoslezský	204	6
B r n o	Královéhradecký	426	36
	Pardubický	235	15
	Vysočina	5	0
	Jihomoravský	110	0
	Olomoucký	14	0
	Zlínský	15	8
	celkem	1793	133



**Celkem je nutno ověřit min  
3500 sesuvů !!!**



Příprava  
mapy do  
terénu

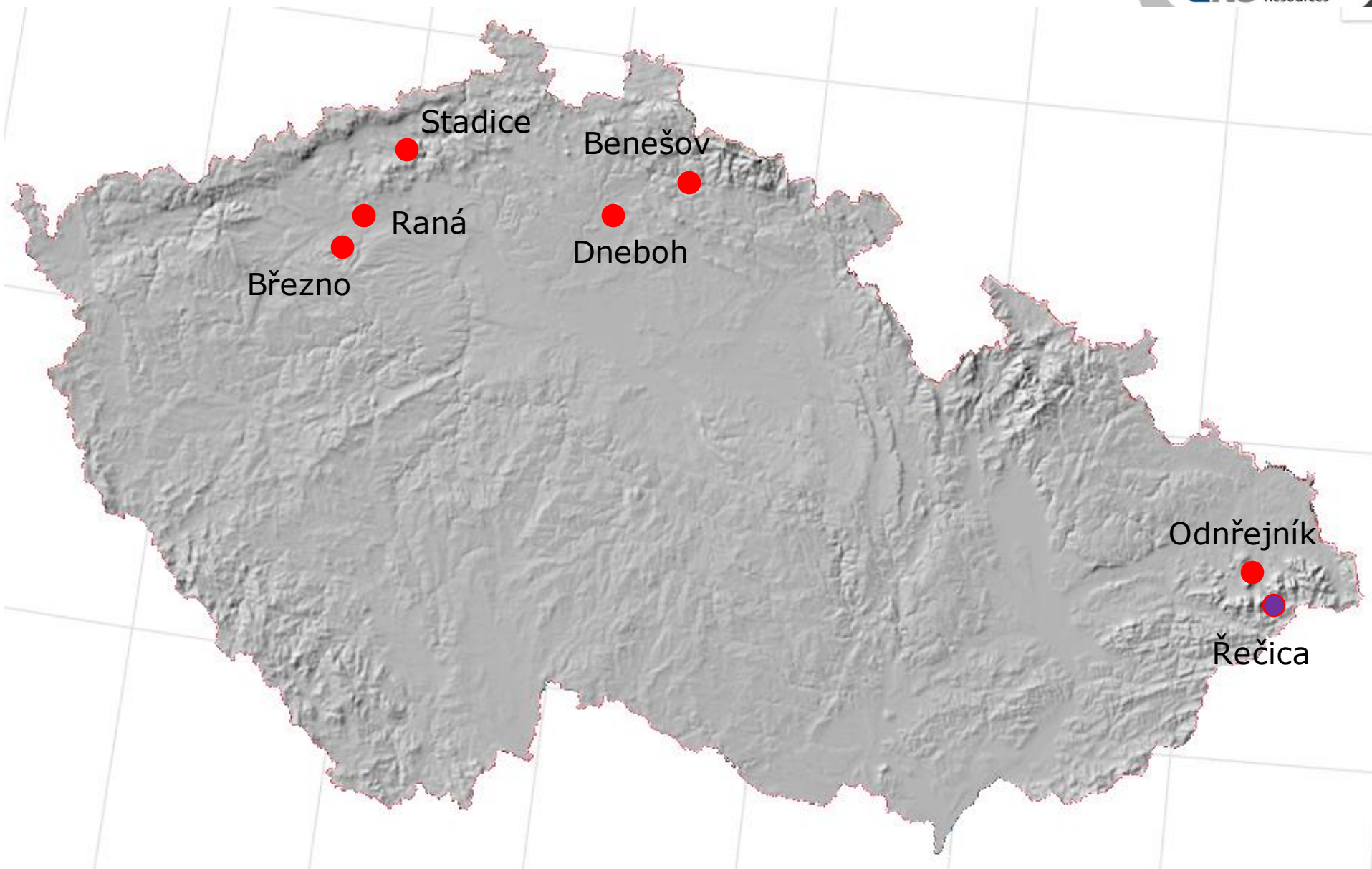
## Výstupy aktivity:

- 1) *Sdat*** - Aktualizované evidenční záznamy SN v podobě minimálně 2800 aktualizovaných zákresů a evidenčních databázových záznamů konkrétních SN
- 2) *Nmap*** - Inženýrskogeologické mapy 1 : 10 000

Vlastní „nepovinné“ výstupy

- 3) *S*** - Katalogy SN pro ohrožené objekty a lokality z nově revidovaných území
- 4) *Nmap*** - specializované mapy s odborným IG a morfostrukturním obsahem pro jednotlivé modelové regiony
- 5) *Nmap*** - Katalog aktuálních sesuvů III. kategorie rizika

## 3.1.4. Výzkum + monitoring





# Stav výzkumů na 6-ti lokalitách + Řečice

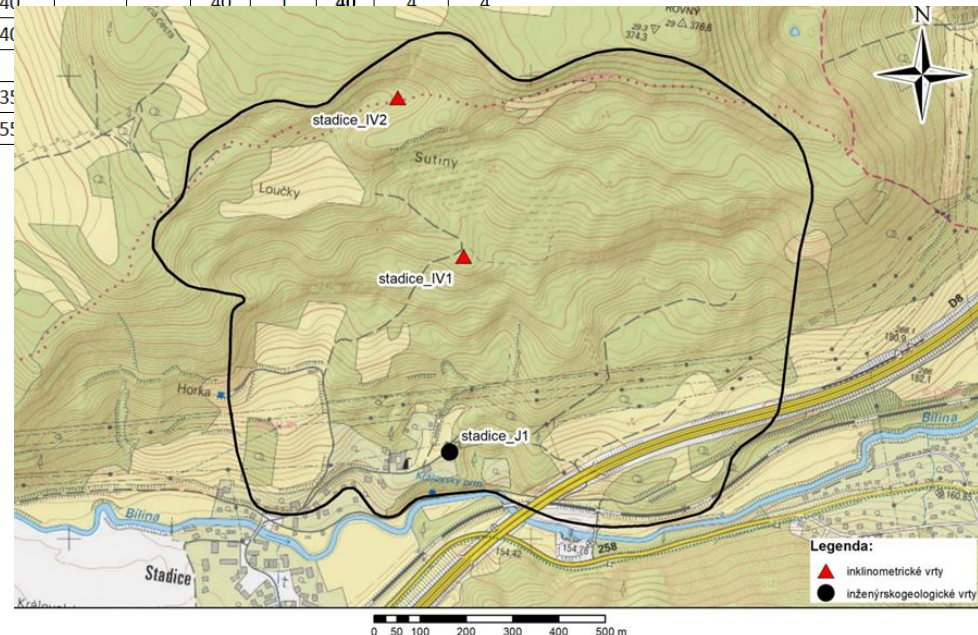
## aktivita 3.1.4 - část A

<i>poř. č.</i>	<i>hodn. ocení</i>	<i>lokalita</i>	<i>typ</i>	<i>zpracováno</i>
1	1	Šance - Řečice	hluboké ploužení, vrásnění	proběhlo GPS měření na vybraných bodech. VPN
2	2	<b>Benešov u Semil</b>	sesouvání podél rovinné smykové plochy	6 GF profily, 5x Moire sklíčka, HG monitoring HOV, 3D model z dronu, návrh 2 vrtů
3	2	<b>Březno u Postoloprť</b>	sesouvání podél rotační?	3D model z dronu, opakované měření, návrh 3 vrtů
4	2	<b>Ondřejník</b>	složená SD	2x GF profil, návrh 2 vrtů, IG mapování, založení nového nivelačního pořadu, odebrány vzorky hornin pro lab., data z čidel půdní vlhkosti
5	2	<b>Stadice</b>	blokové ploužení	IG mapování, návrh 3 vrtů
6	2	<b>Dneboh</b>	sesouvání podél kombinované	2x GF profil, návrh 2 vrtů, IG mapování
7	2	<b>Raná</b>	blokové ploužení	4x GF profil, 3D model z dronu, návrh 1 IG vrtu

# ZD na monitoring sesuvů (13 vrtů – inkliho + HG)

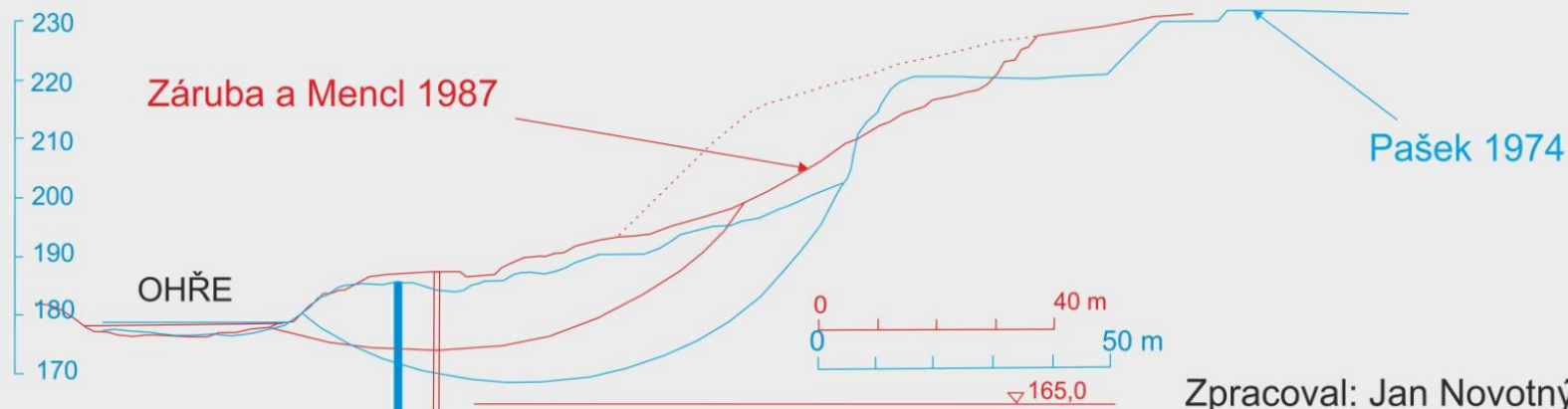
Průzkum svahových deformací	Technické práce															
	Odkryvné práce a karotáž												Laboratorní práce			
	název vrtu	S-JTSK X	SJTSK-Y	vrt - projektovaná hloubka vrtu [m]	jádrové vrt, hloubka 0-10 m [m]- TK	jádrové vrt, hloubka 10-30 m [m] - TK	jádrové vrt, hloubka 30-60 m [m] - TK	bezjádrové vrtání ponorným kladivem [m]	inklinometrické vstrojení vrtu (inklinometrická pažnice a zálivka) [m]	hydrogeologické vstrojení (pažnice, obsyp, těsnění) [m]	likvidace vrtů záhozem [m]	skartace vrtného jádra [m]	osazení zhlaví vrtu (Inklinometrické vrt, HG vrt)	karotážní měření [m]	neporušené vzorky - odběr a klasifikační rozbor	porušené vzorky - odběr a klasifikační rozbor
Benešov u Semil	Benešov II 1	-669367,63	-994703,48	30	10	20			30			30	1	30	3	3
	Benešov II 2	-669348,98	-994620,36	30	10	20			30			30	1	30	3	3
Březno u Postoloprť	Březno II 1	-786814,07	-1006453,73	40	10	20	10		40			40	1	40	4	4
	Březno II 2	-786805,60	-1006491,79	40	10	20	10		40							
	Březno HJ 1	-786809,38	-1006453,20	30	10	20										
Ondřejník	Ondřejník IV 1	-469247,30	-1128196,44	35	10			25	35							
	Ondřejník IV 2	-469209,90	-1128110,26	55	10			45	55							

9.9.2021 zahájení průzkumu podpisem smluv



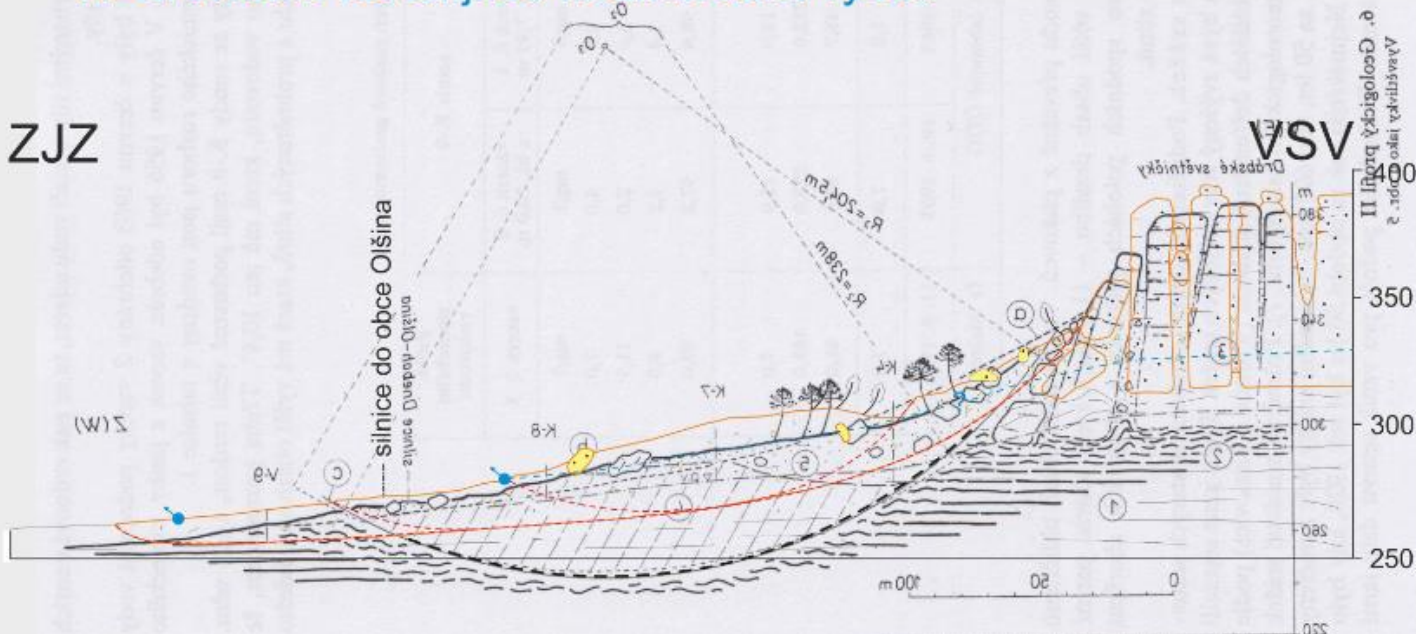
# Srovnání geologických řezů sesuvem u Března u Postoloprty

srovnáno na stejnou nadmořskou výšku a břeh Ohře



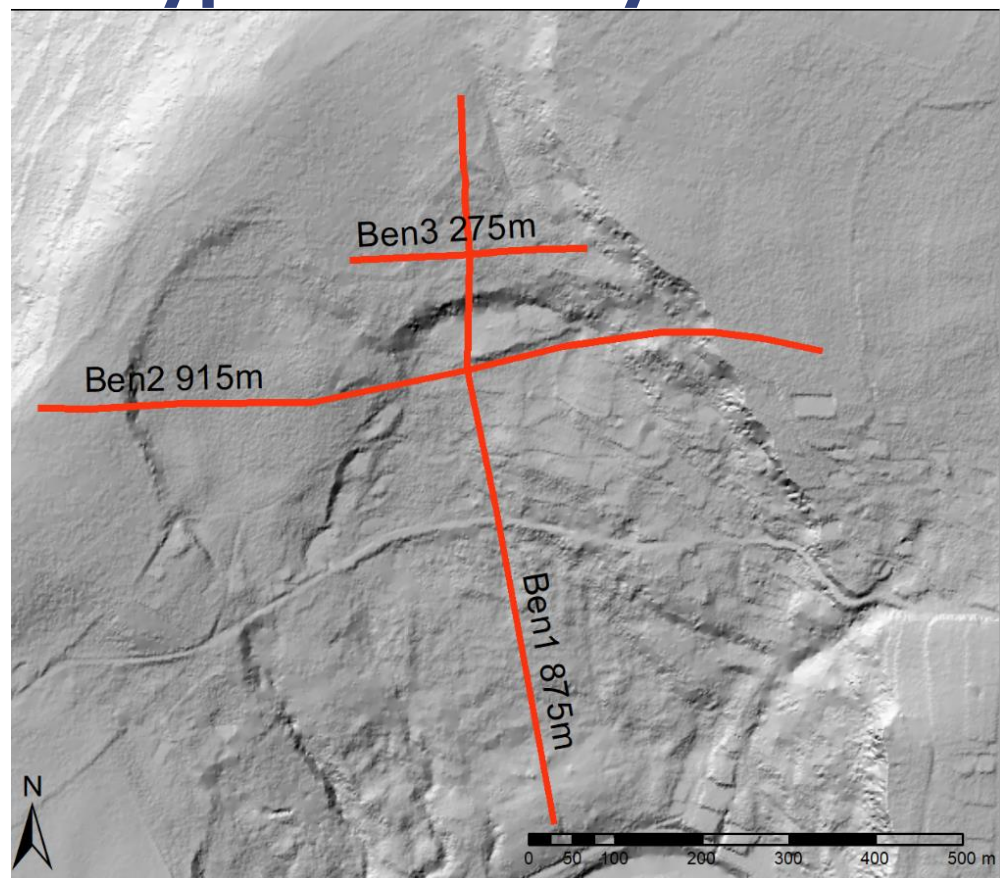
# Srovnání geologických řezů sesuvem u Dnebohu

černá kresba - Záruba a Mencl 1987, oranžová kresba Rybář et al. 2001  
A - srovnáno na stejnou nadmořskou výšku

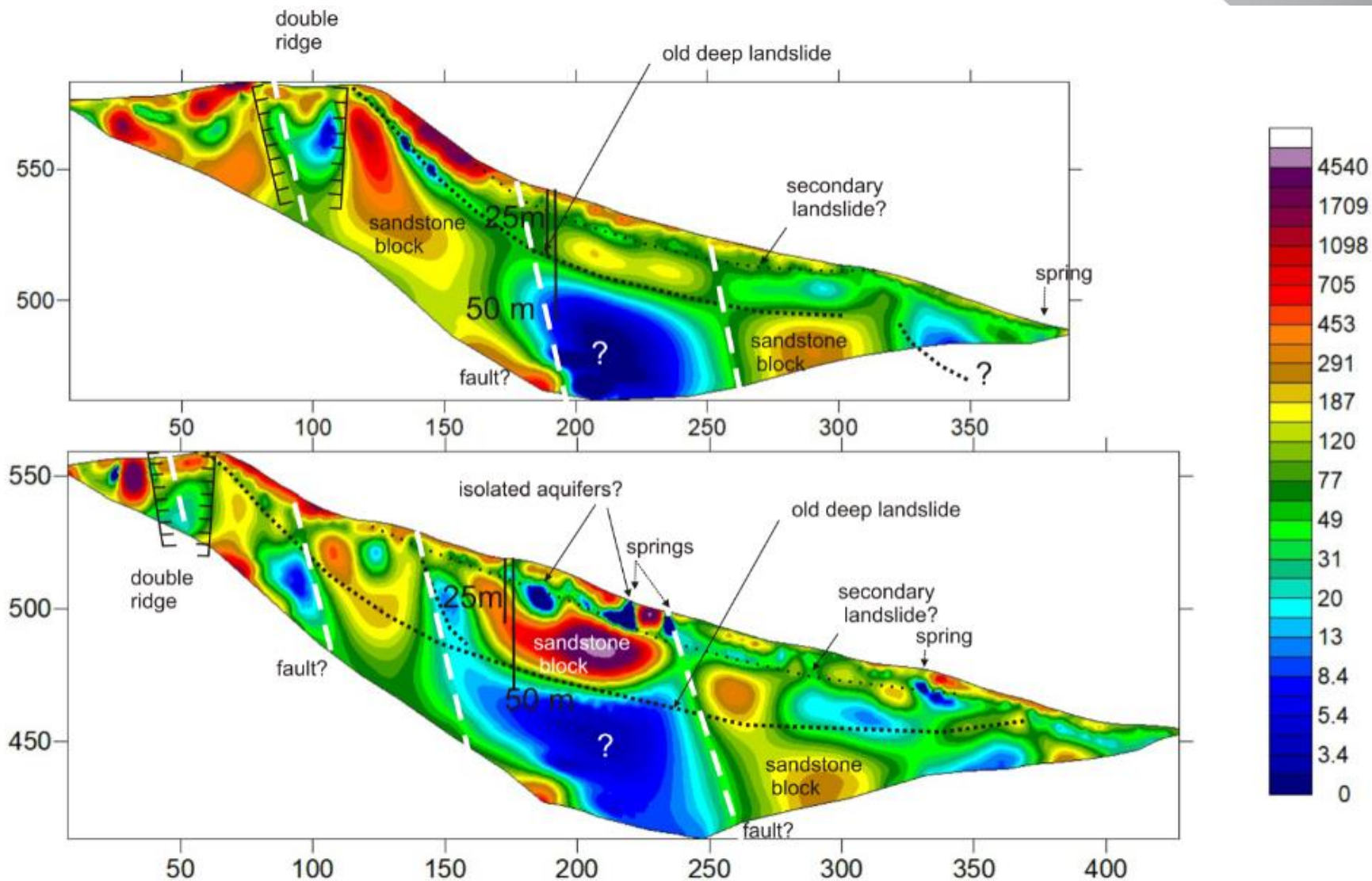


# „terénní kampaň Geofyzika“

- Společná měření ČGS + ÚSMH AV
- Měřené lokality: Raná, Dneboh, Ondřejník a Benešov u Semil + **další typové lokality**

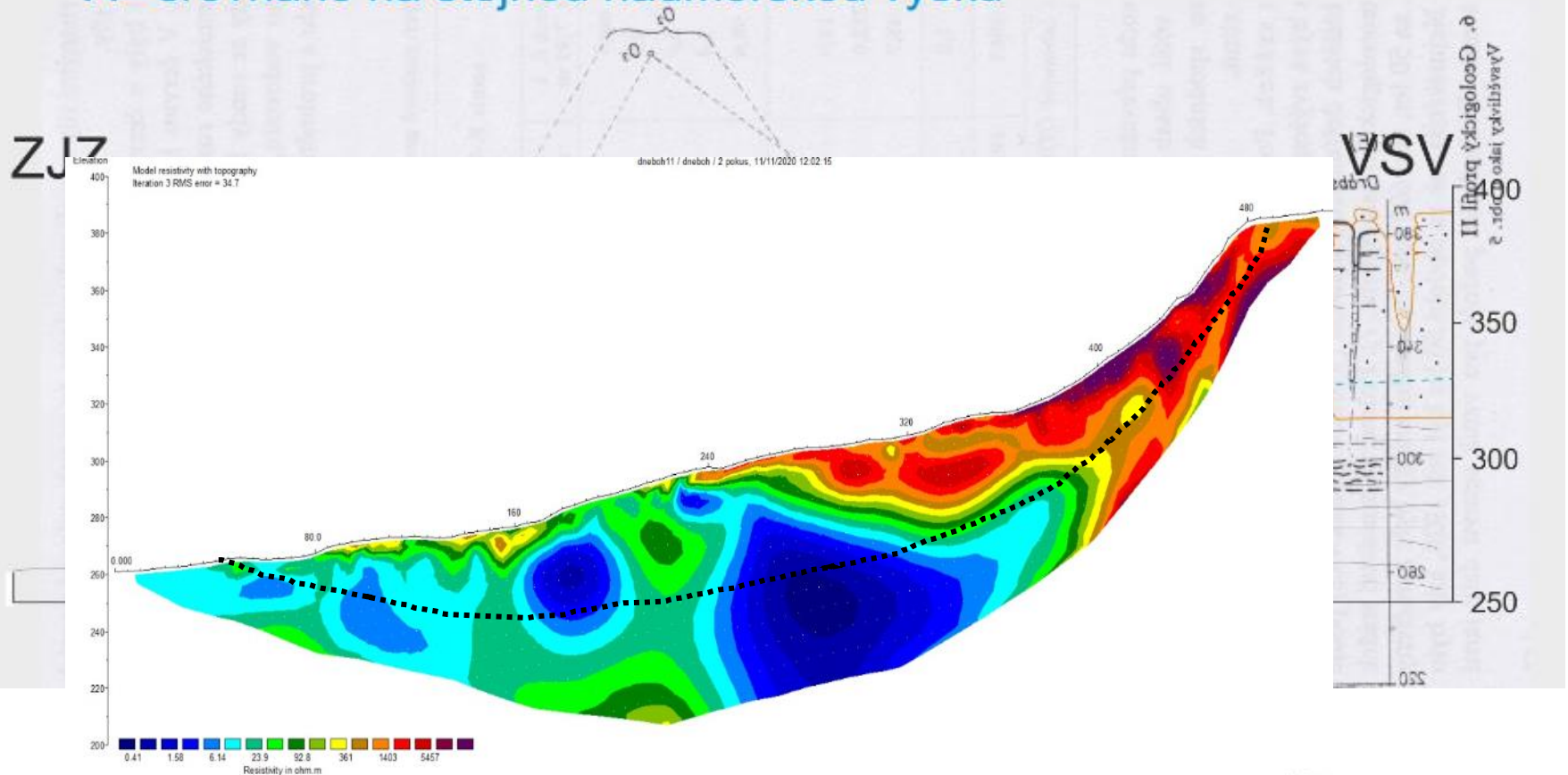


# Ukázka ERT profilu: 2 úrovně smykových ploch na Ondřejníku



# Spádníkový profil na Dnebohu

## Srovnání geologických řezů sesuvem u Dnebohu černá kresba - Záruba a Mencil 1987, oranžová kresba Rybář et al. 2000 A - srovnáno na stejnou nadmořskou výšku



## „terénní kampaň DPZ“

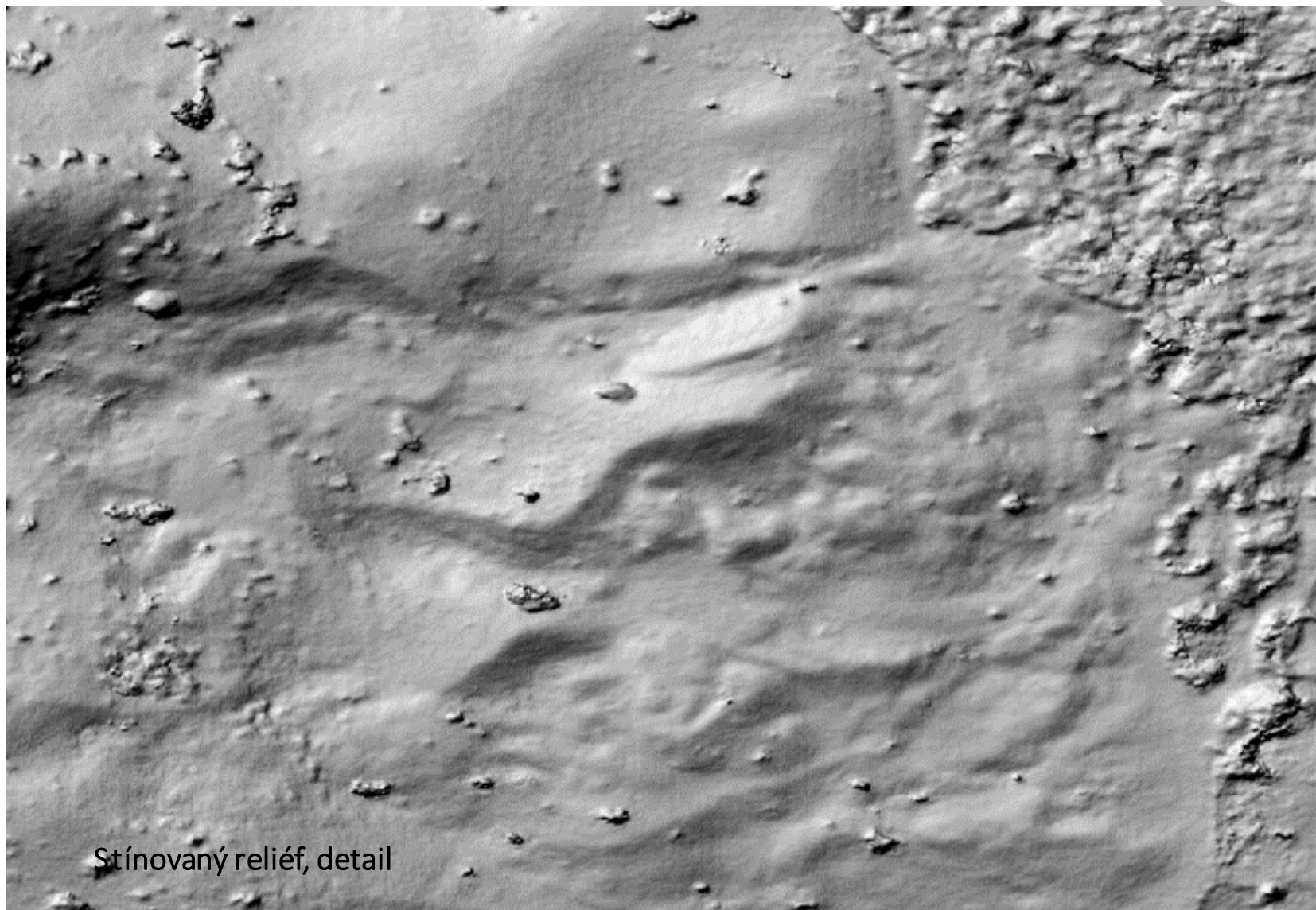
- Vybrány 3 lokality vhodné pro UAV snímání:
- **Březno u Postoloprta** (snímání 2x ročně)
- **Raná** (jednorázové snímání)
- **Benešov u Semil** (jednorázové snímání)
- Během března vše nasnímáno pomocí RGB kamery a následně vytvořeny fotogrammetrické modely: digitální modely terénu a ortofotomozaiky.

# Březno



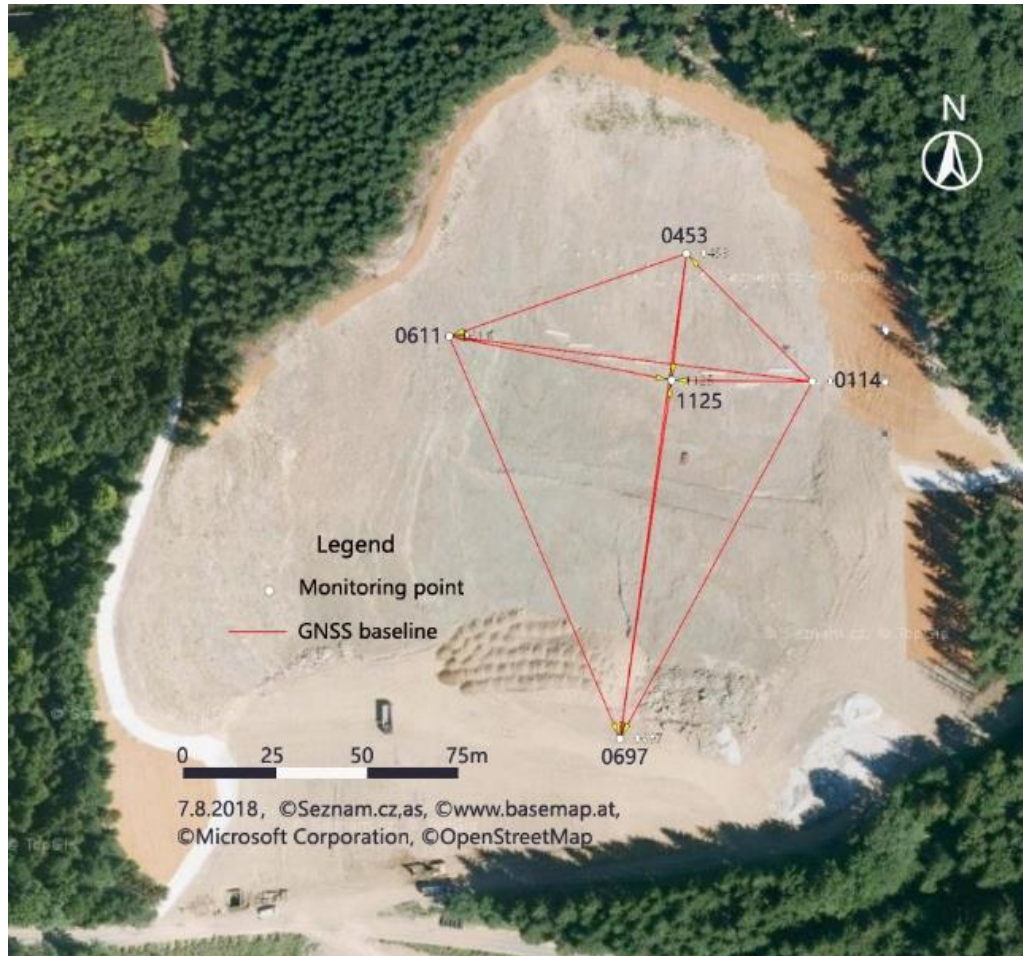


# Raná



Stínovaný reliéf, detail

# Řečica - Využití technologie GNSS pro měření svahových deformací



*Poloha pěti stabilizovaných bodů využívaných pro měření svahových deformací na lokalitě Řečica pomocí technologie GNSS.*

## Výstupy aktivity:

- 1) **Vsouhrn** - Závěrečná zpráva z výzkumů na vybraných svahových nestabilitách
- 2) **Nmap** - Detailní mapy vybraných svahových deformací, včetně řezů

Vlastní „nepovinné“ výstupy

- 3) **Informační systém** - Systém včasného varování na vybraných lokalitách
- 4) **Jimp** - Odezvy a zpětné vazby nestabilního podloží na různé fyzikální, klimatické a mechanické podmínky
- 5) **Jimp** - Vliv krátkodobého a dlouhodobého průběhu změny klimatu (zejména teplot) na stabilitu a deformace skalních svahů
- 6) **Nvz** - Udržování dlouhodobých časových řad sledování chování SN

## 3.1.5. RSN – aplikace, medializace

# Praha na sesuvech (Sesuvy Prahy, Praha a sesuvy)

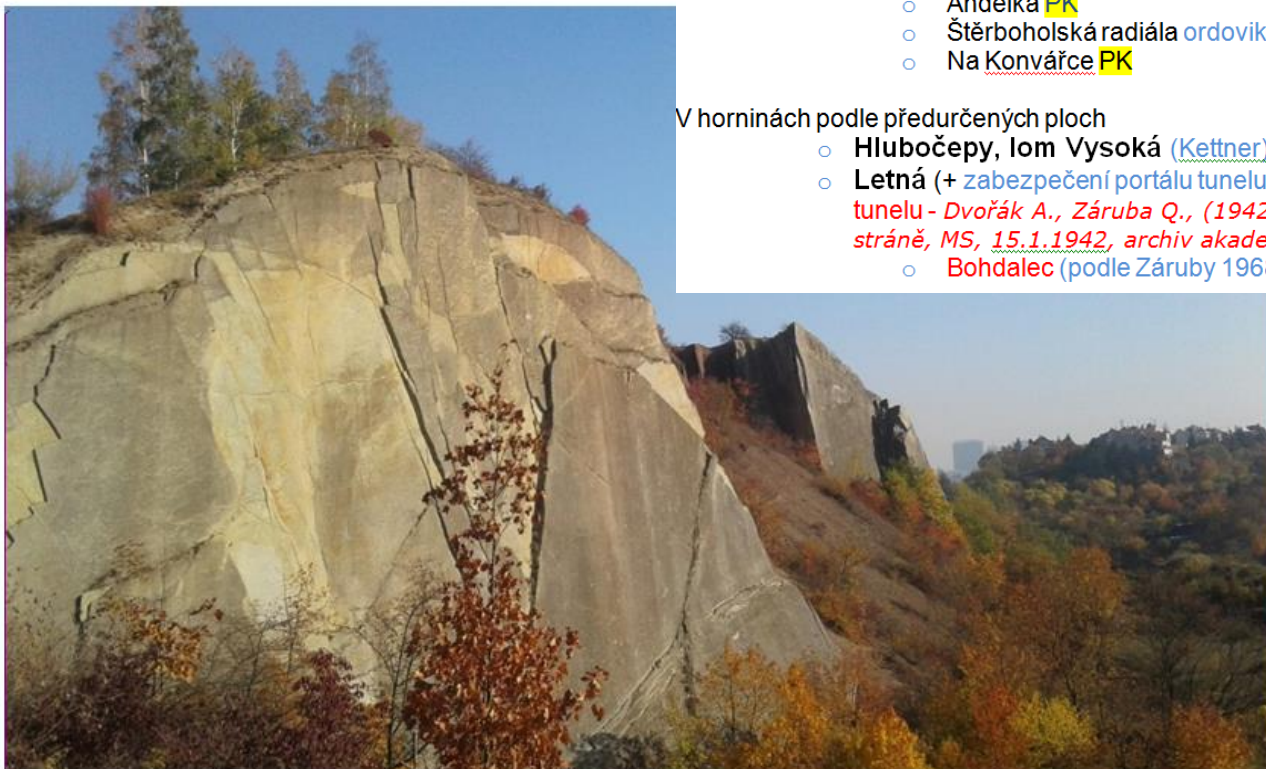
J. Novotný, P. Kycl, M. Aue

V zeminách a rozložených hominách

- Petřín (JN – částečně zpracováno) JN
- Nikolajka ordovik PK
- Spiritka PK
  - Andělka PK
  - Štěrboholská radiála ordovik, JN článek s Ry v Geotechnice JN
  - Na Konvářce PK

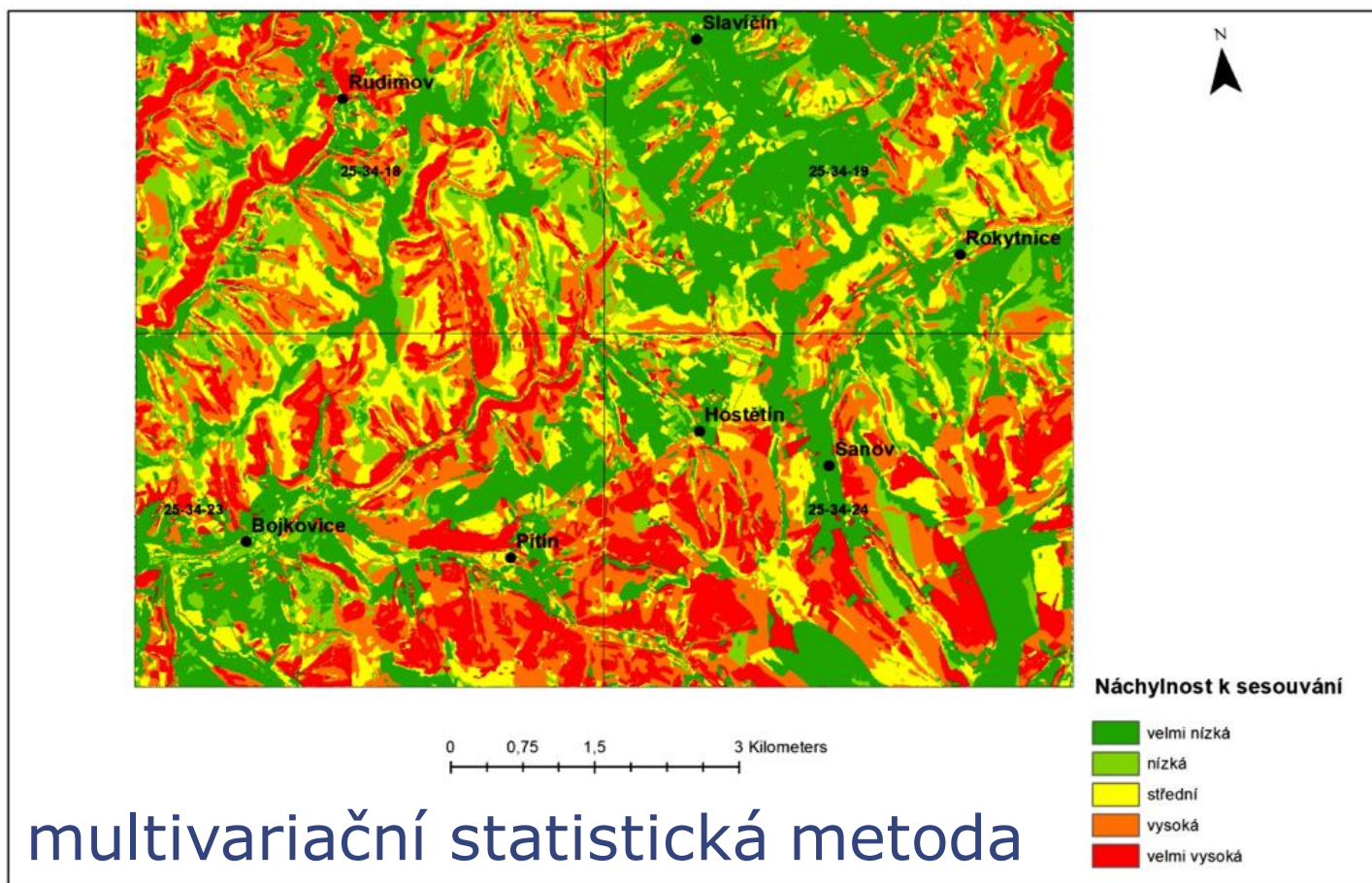
V horninách podle předurčených ploch

- Hlubočepy, lom Vysoká (Kettner) (devon), (v horní části hákování vrstev) JN/PK?
- Letná (+ zabezpečení portálu tunelu asi před 10 lety) nestabilita portálu letenského tunelu - Dvořák A., Záruba Q., (1942) : Zpráva o geologickém výzkumu letenské stráně, MS, 15.1.1942, archiv akademika Záruby PK
  - Bohdálec (podle Záruby 1968) - ordovik



# Vrstva náchylnosti

- příprava jednotlivých vstupních parametrických map tak, aby reprezentovaly zájmová území
- kalibrace jednotlivých map.



## Výstupy aktivity:

**1) S** – *Databáze/*Veřejný portál „Registr svahových nestabilit ČGS“

Vlastní „nepovinné“ výstupy

**2) O** - Monografie o „sesuvech“.

**3) Nmet** - postupy verifikace dat při přechodu na nové Státní mapové dílo ČR

**4) Nmap (Nsoft)** - Modely náchylnosti k sesouvání na území České republiky

**5) Nsoft** - Nová prohlížečí mapová aplikace

**6) Nsoft** - Mobilní aplikace sběru dat o svahových deformacích

# Děkuji za pozornost



## Sesuvy vs. Dálnice 1:0