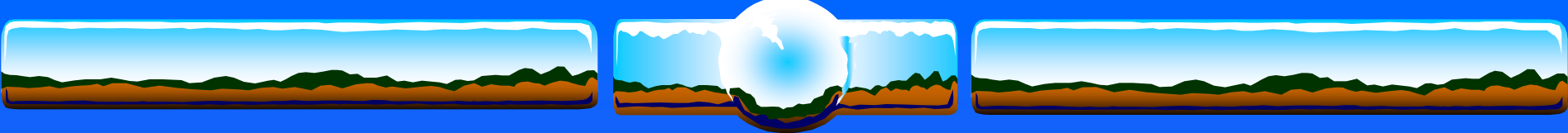


PROBLÉMY SPOJENÉ S PRIESKUMOM A SANÁCIOU HAVARIJNÝCH ZOSUVOV NA SLOVENSKU

RNDr. Vlasta Jánová, PhD.

ŠGÚDŠ



Svahové pohyby

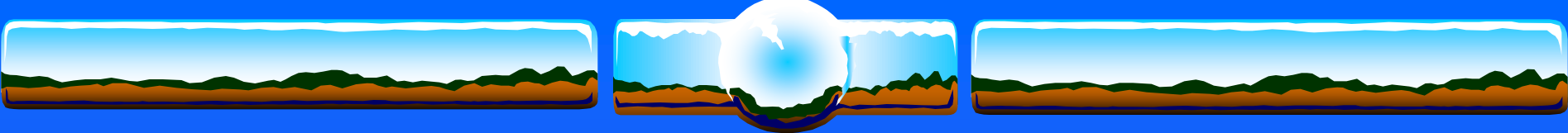
Svahové pohyby - gravitačný pohyb horninových mas z vyšších polôh do nižších, na rozdiel od transportu hornín prenášaných snehom, ľadom, vodou a vetrom.

Výsledkom svahových pohybov sú **svahové deformácie** (svahové poruchy), ktoré často ohrozujú životy ľudí, majetok a životné prostredie.

Svahový pohyb = proces

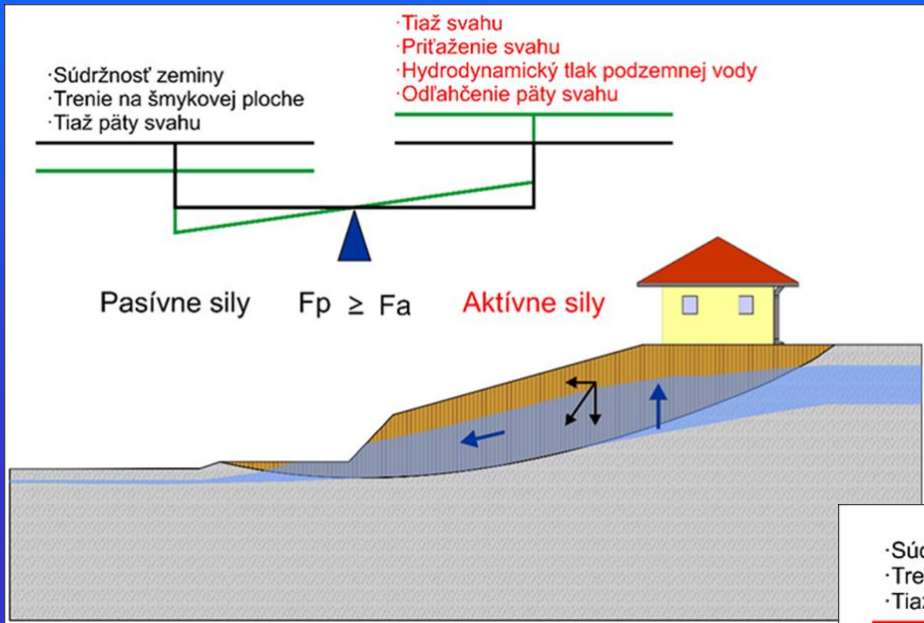
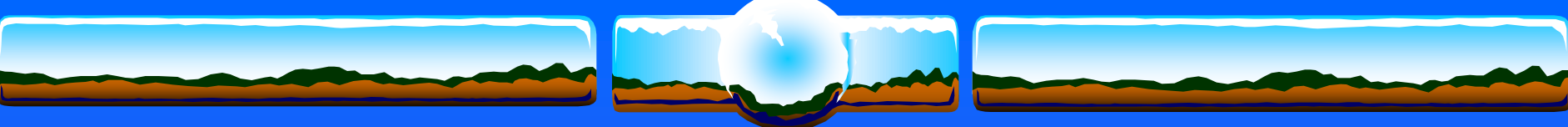
Svahová deformácia = jav



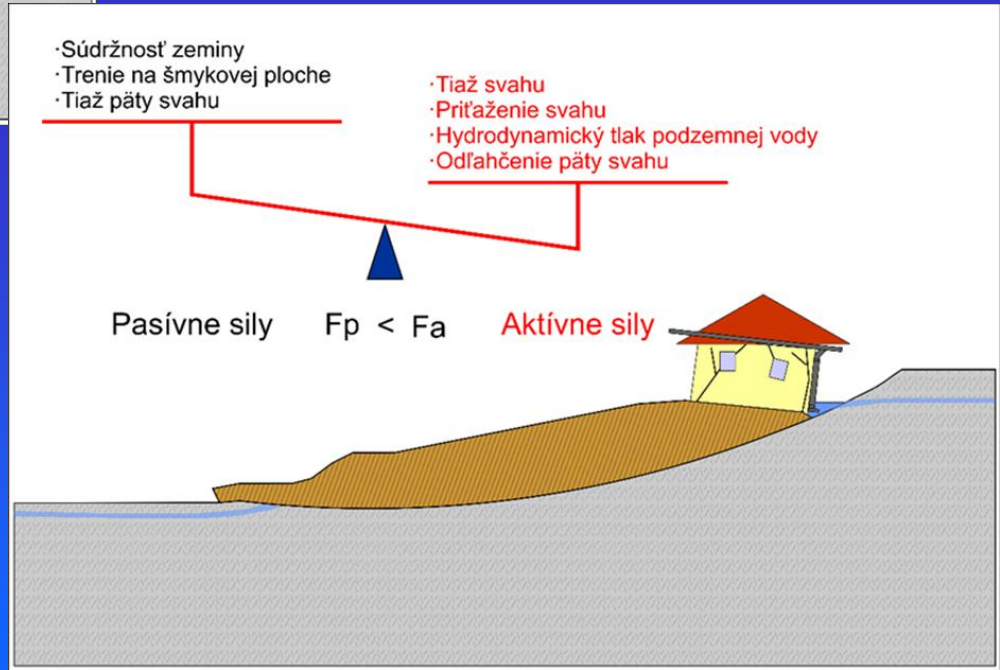


Stabilita svahu

- **Stabilita** každého svahu závisí od pomeru aktívnych a pasívnych síl, ktoré na svah pôsobia.
- **Pasívne sily (P)** sú sily, ktoré prispievajú k stabilite horninového prostredia alebo geotechnických konštrukcií (pevnosť hornín, súdržnosť zemín, trenie na vytvárajúcej sa šmykovej ploche, tiaž päty svahu a pod.)
- **Aktívne sily (A)** sú sily, ktoré prispievajú k nestabilite horninového prostredia alebo geotechnických konštrukcií (napr. **gravitácia**, hydrodynamický tlak podzemnej vody, tiaž svahu, príťaženie hornej časti svahu, odlahčenie (podrezanie) päty svahu a pod.)
- **Stupeň stability svahu F** sa vyjadruje ako pomer medzi pasívnymi a aktívnymi silami.



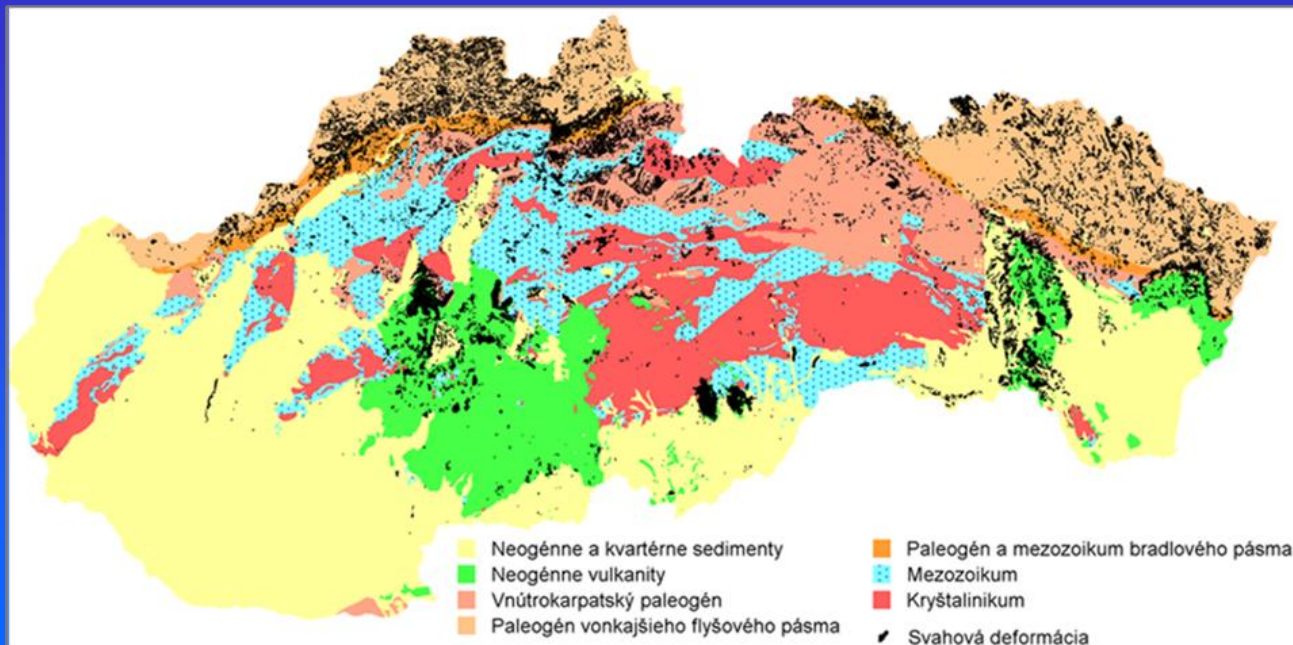
$$F = \Sigma P / \Sigma A$$



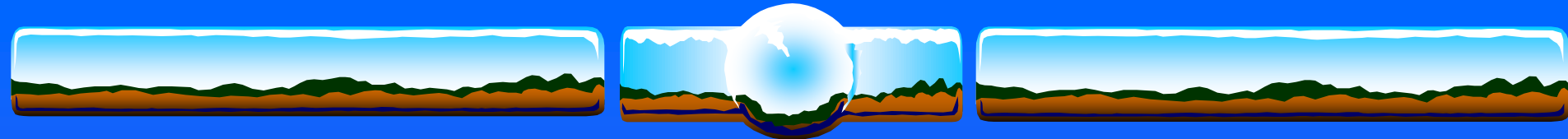
Podmienky, faktory a príčiny vzniku svahových pohybov

Podmienky:

- **geologické pomery**
- geomorfologické pomery
- hydrogeologické pomery
- klimatické pomery



Zdroj: Kopecký a kol., 2008



Geologické pomery

Vysvetlivky:

a – štrky ležiace v kotlinách na íloch,

b – vodorovne uložené travertíny na
plastickom podklade,

c – vulkanické horniny ležiace na
plastickom podklade,

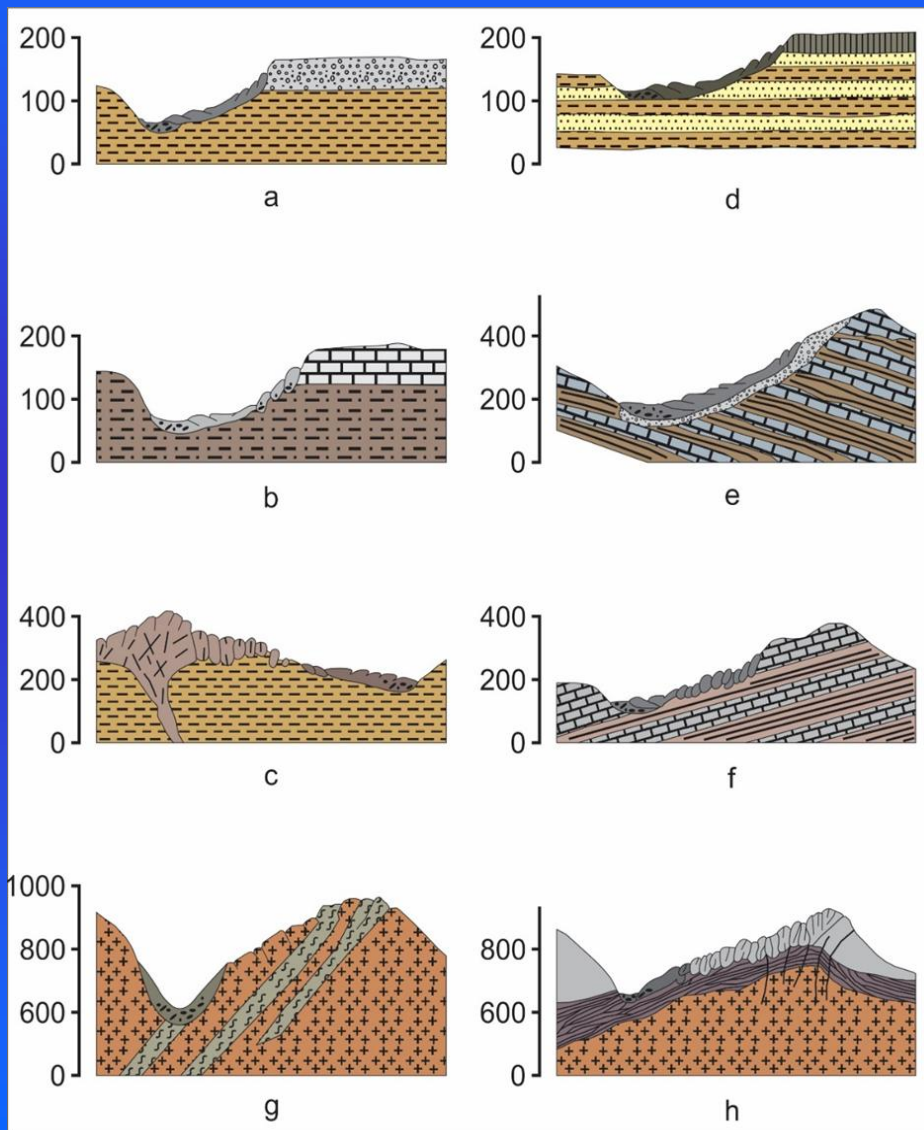
d – horizontálne striedanie pieskov,
štrkov a ílov,

e – proti sklonu svahu uložené flyšoidné
vrstvy,

f – masívne vápence a pieskovce
uložené na plastickej vrstve,

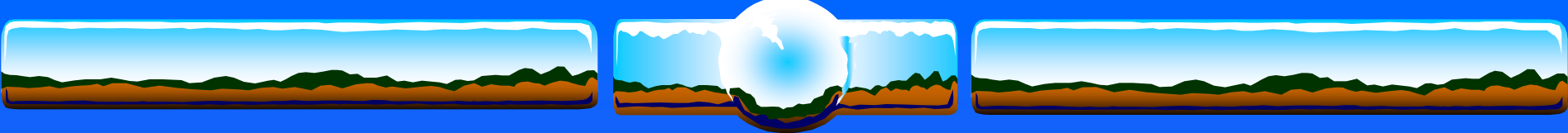
g – tektonicky porušené skalné horniny
vo vysokých pohoriach,

h – rigidné vápence a dolomity hronika,
ležiace na plastických členoch fatrika





Ukážka z mapy svahových porúch Vtáčnika v M 1:10 000 (Malgot a kol., 1983)



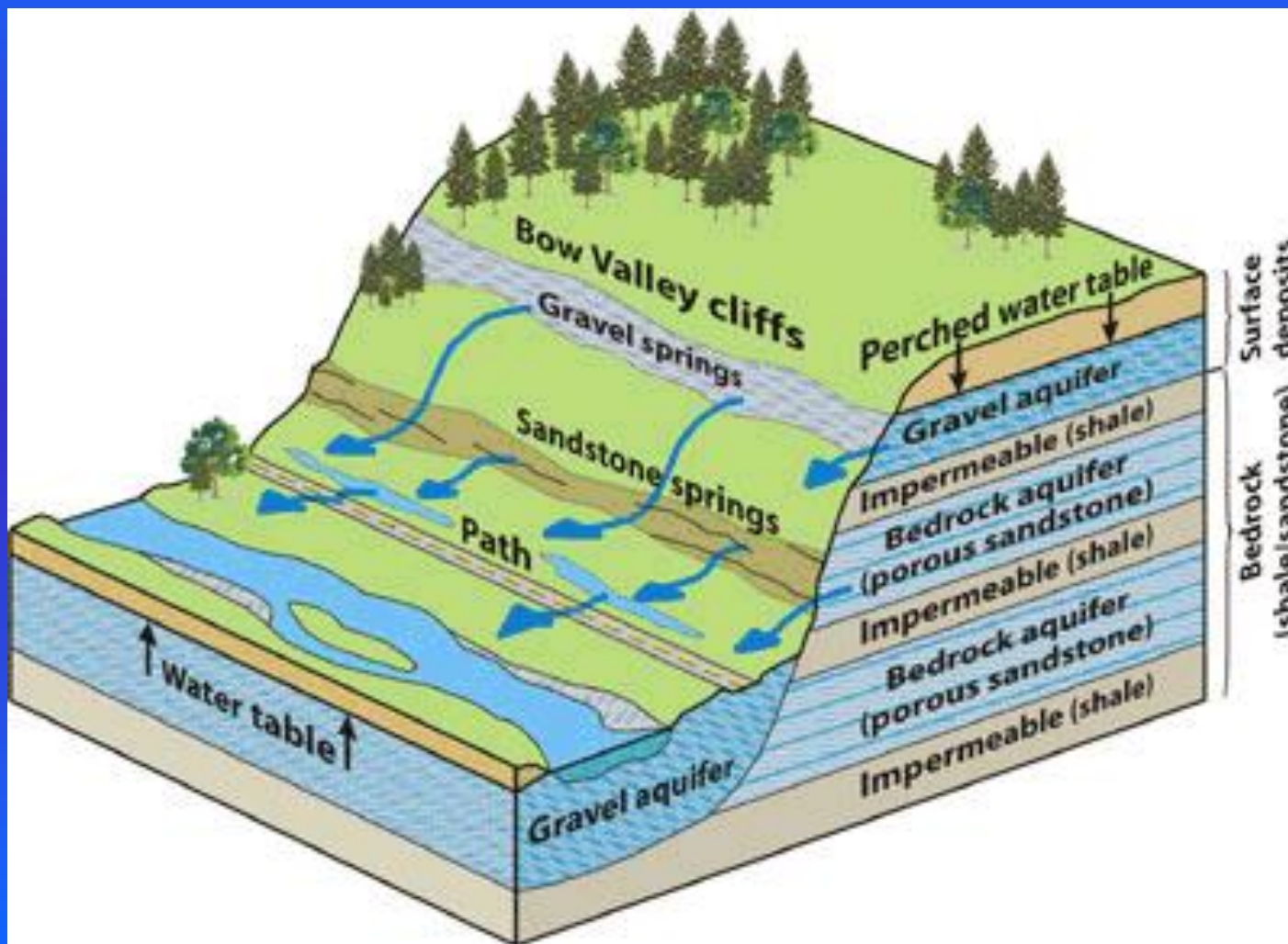
Geomorfologické pomery

Neplatí predstava, že čím strmší svah, tým väčšia pravdepodobnosť vzniku svahového pohybu !

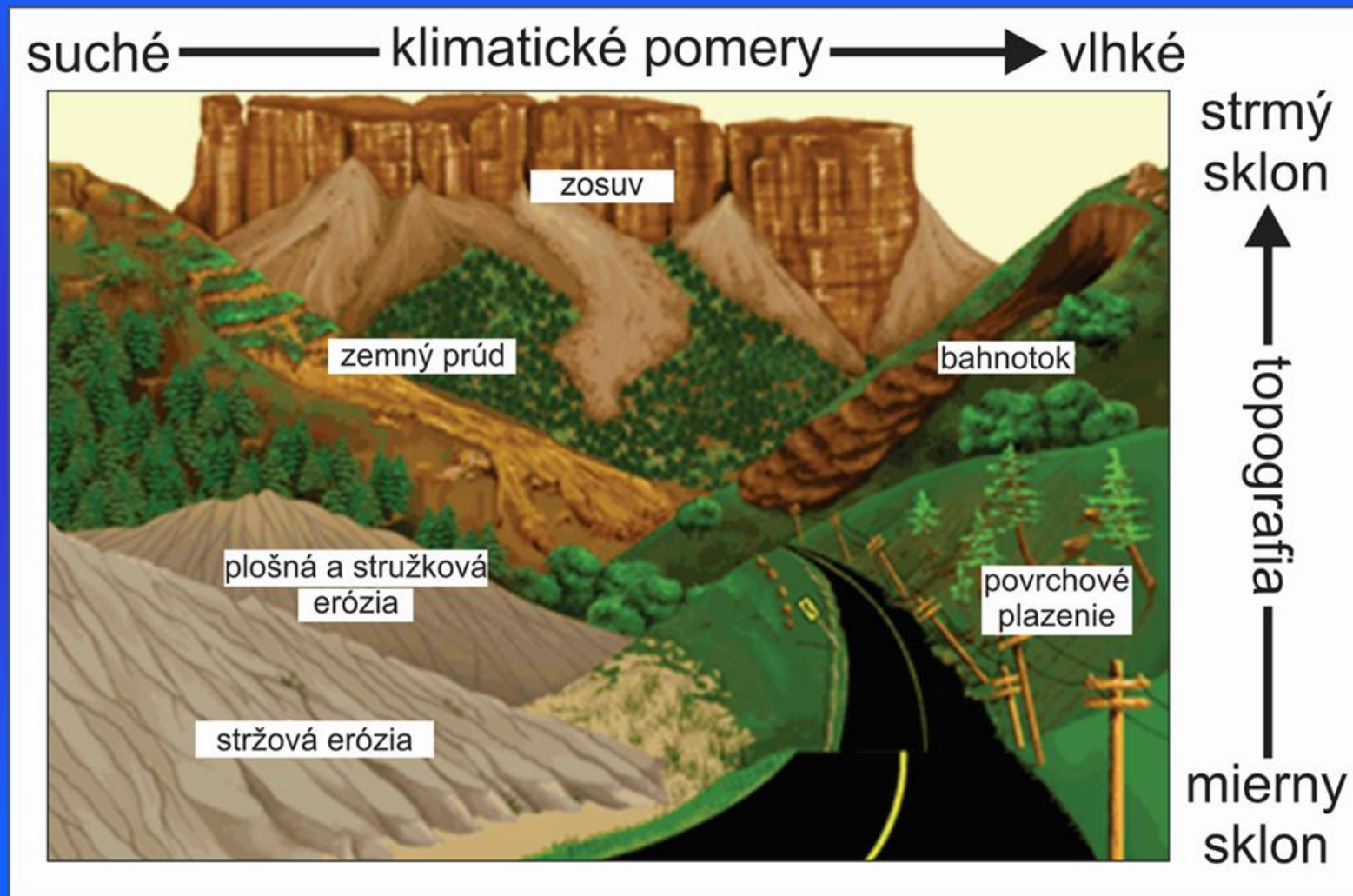
Sklon svahu	Výskyt zosuvov
0° až 1°	0,12 %
2° až 3°	1,51 %
3° až 7°	17,67 %
7° až 12°	39,05 %
12° až 17°	26,44 %
17° až 25°	13,62 %
25° až 35°	1,55 %
35° až 90°	0,04 %

Sklon svahov a výskyt zosuvov na území Slovenskej republiky (Kopecký a kol., 2008)

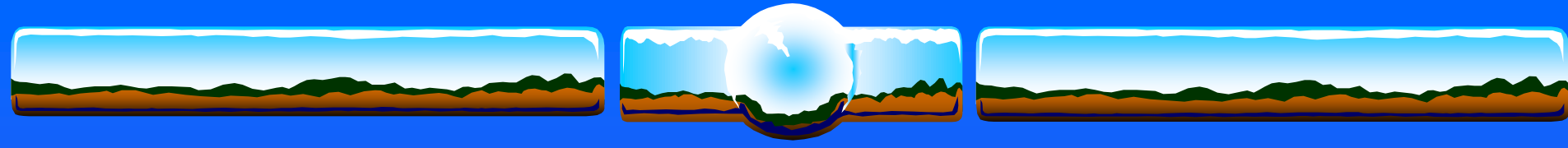
Hydrogeologické pomery

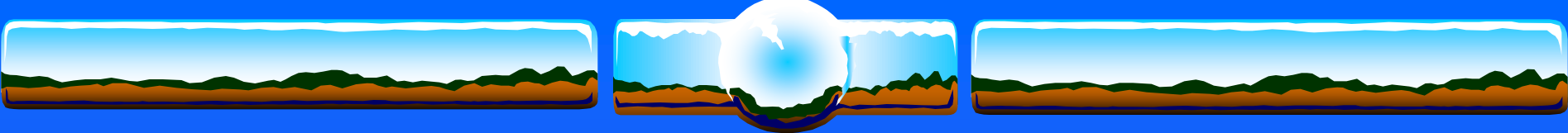


Klimatické pomery



Zdroj: Encyclopædia Britannica, 1999)

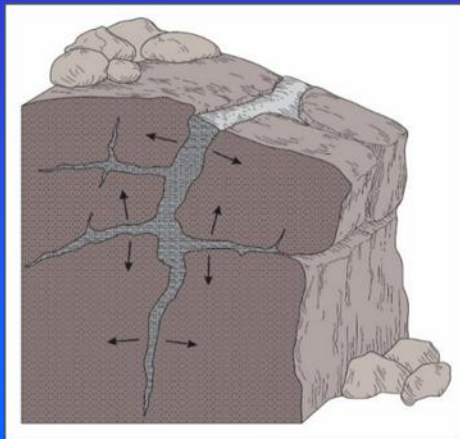


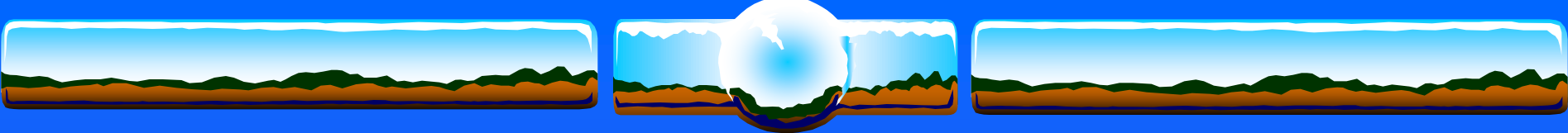


Faktory svahových pohybov

Faktory svahových pohybov možno definovať ako prírodné alebo antropogénne procesy, ktoré vyvolávajú zmeny v prírodnom prostredí znižujúce stabilitu svahu a porušujúce jeho rovnováhu.

- **permanentné (dlhodobé) faktory** pôsobiace pozvoľne, ale dlhodobo na zhoršenie podmienok stability (zmeny výšky alebo sklonu svahu v dôsledku erózie, denudácie, akumulácie a pod., zníženie pevnosti hornín v dôsledku zvetrávania, sufózie, a pod.)
- **epizodické faktory**, ktoré pôsobia relatívne rýchlo a krátkodobo.





Faktory svahových pohybov –pokr.

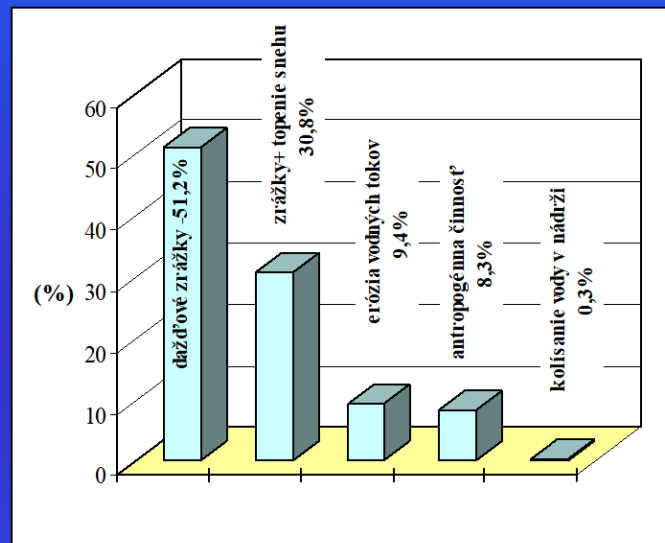
Epizodické faktory môžu byť prírodného alebo antropogénneho pôvodu a sú dvojakého charakteru:

- **periodické**, ktoré pôsobia opakovane s kolísajúcou intenzitou, napr. seizmické otrasy, kolísanie vody vo vodných nádržiach alebo vodných tokoch, kolísanie hladiny podzemnej vody, zmena obsahu vody v zeminách, zrážkové a teplotné anomálie a pod.
- **neperiodické (jednorazové)**, ktoré sú reprezentované najmä nevhodnými zásahmi človeka do rovnováhy svahu, napr. zaťaženie hornej časti svahu (násyp, stavba a pod.) alebo podrezanie svahu (odrez, zárez).



Najdôležitejšie faktory spôsobujúce vznik svahových pohybov na našom území sú:

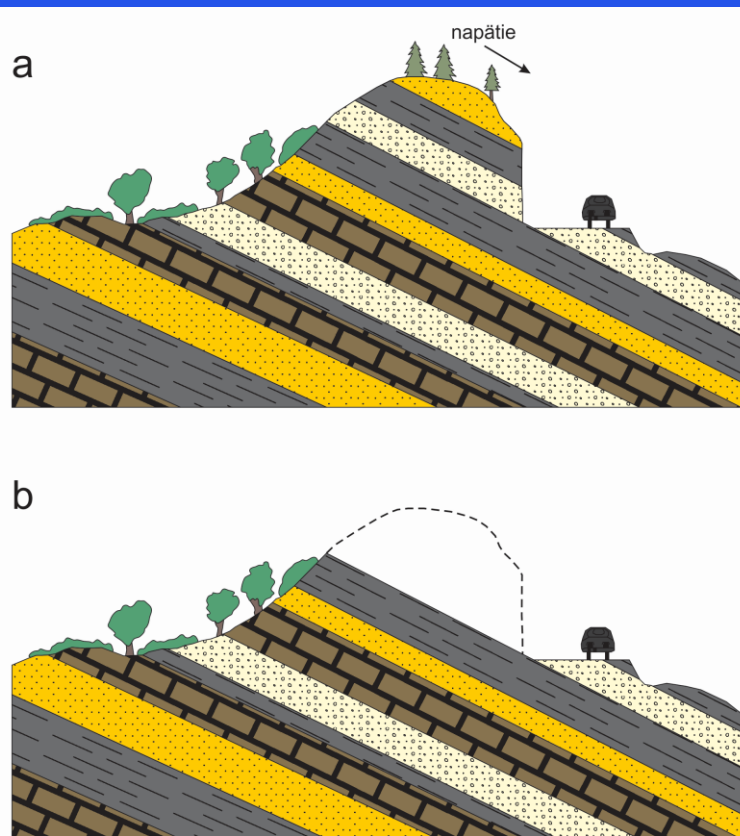
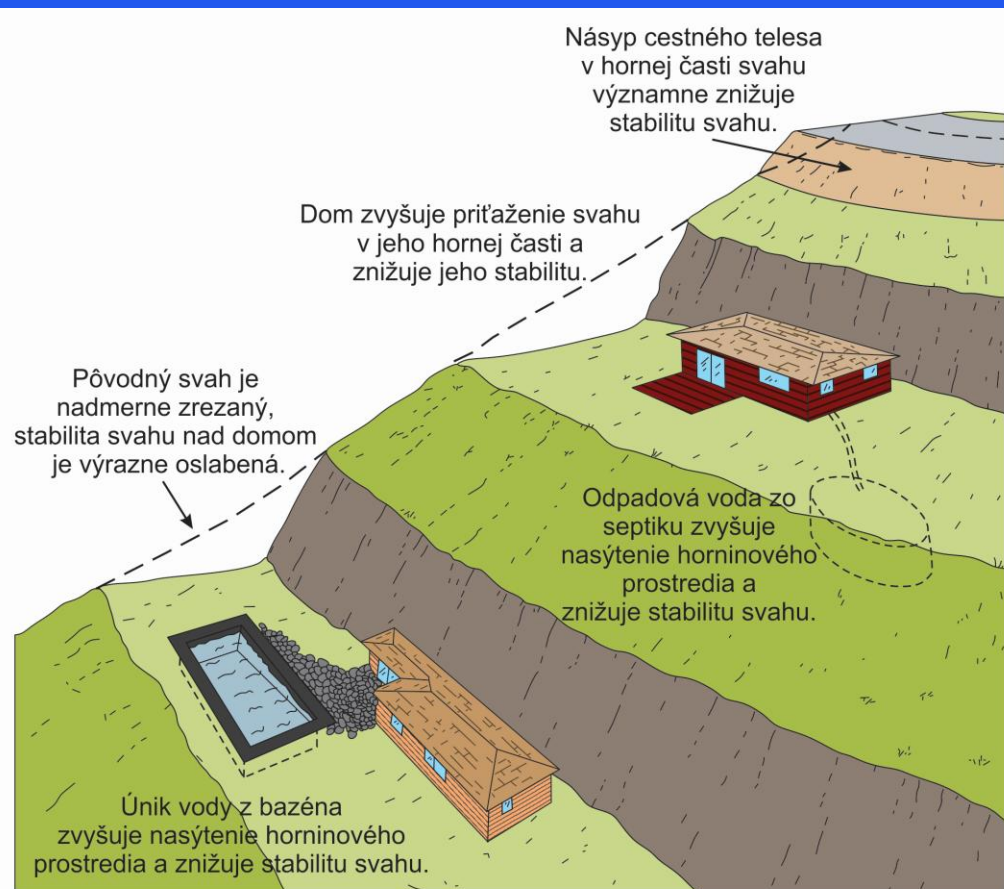
- zmena výšky a sklonu svahu
- priťaženie svahu
- seizmické otrasy
- zvetrávanie hornín
- zrážkové a teplotné anomálie
- zmeny vo vegetačnom poraste svahu



Zdroj: Kopecký, 2004

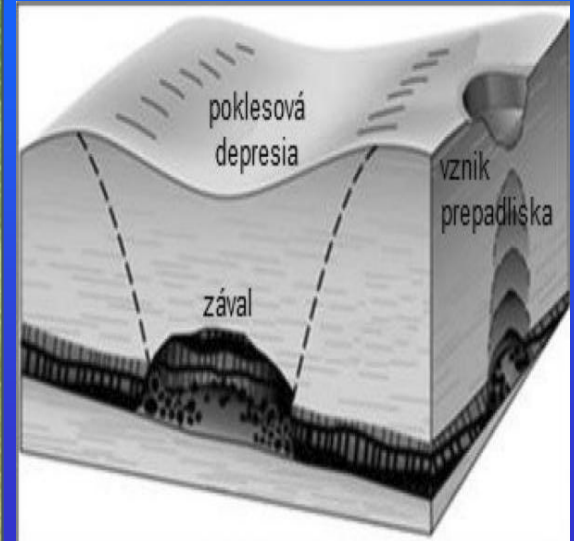
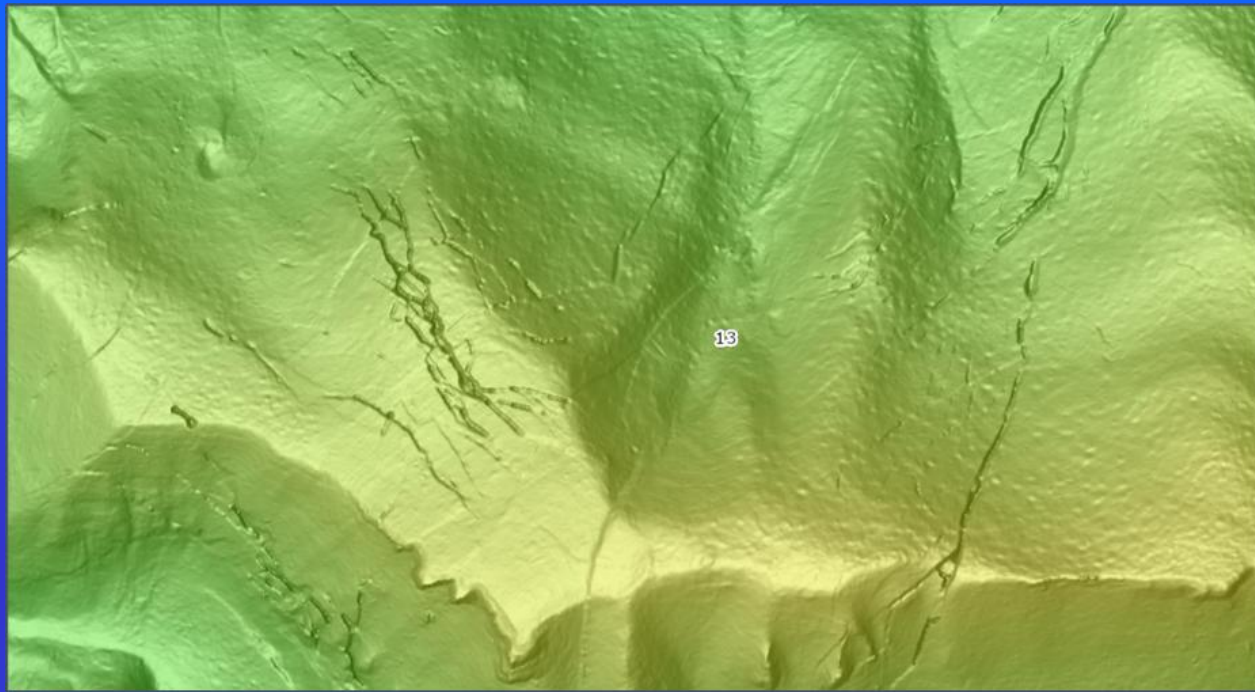
Faktor, ktorý sa v okamihu vzniku svahového pohybu uplatnil najvýraznejšie, sa nazýva **príčinou svahového pohybu**.

Antropogénne príčiny vzniku svahových deformácií



Príklady antropogénnych príčin vzniku svahových deformácií





Zdroj: geosurvey.state.co.us

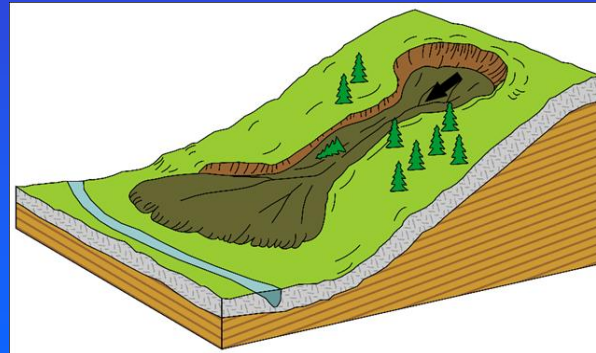
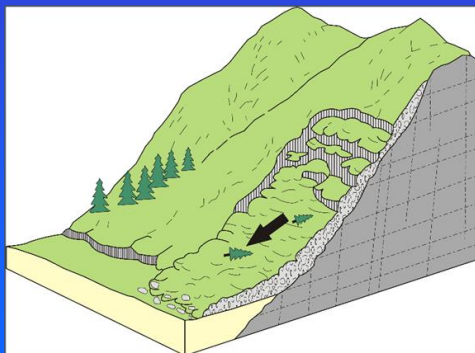
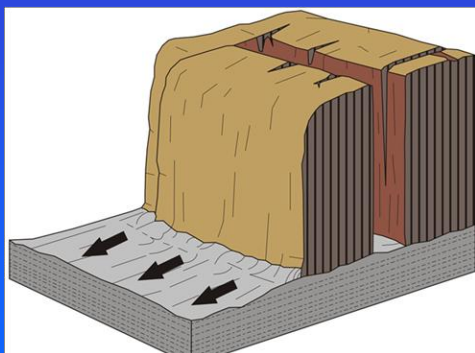
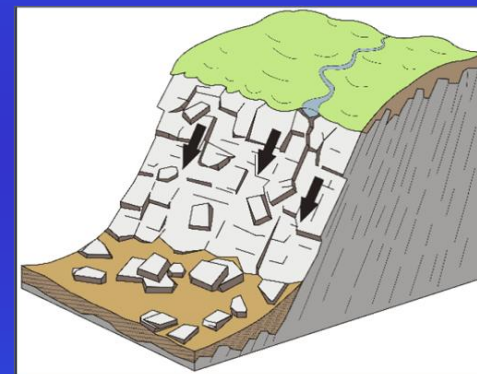
Prejavom poddolovania pri ťažbe
uhlia sú hlboké trhliny
porušujúce svahy pohoria
Vtáčnik východne od obce Cigel'

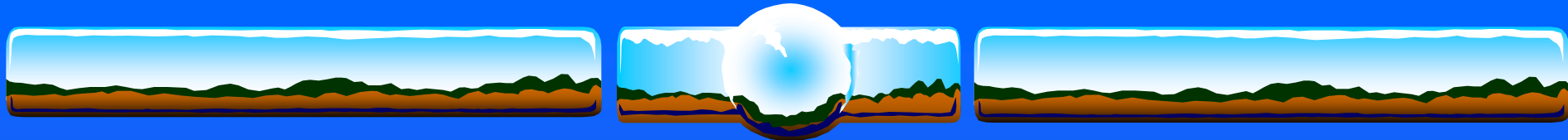


Klasifikácia svahových pohybov

Na Slovensku je najviac používaná klasifikácia podľa Nemčoka, Pašeka a Rybára (1974), ktorá rozdeľuje svahové pohyby na základe rýchlosti pohybu a mechanizmu pohybu na štyri skupiny:

- **plazenie**
- **zosúvanie**
- **stekanie**
- **rútenie**





SVAHOVÝ POHYB	PRÍKLADY VÝSLEDNEJ SVAHOVEJ DEFORMÁCIE
PLAZENIE	rozvoľnenie svahu roztrhanie horských hrebeňov blokové polia blokové rozpadliny zliezanie sutín zliezanie svahových hlien splazy
ZOSÚVANIE	zosuvy rotačné zosuvy planárne zosuvy rotačno-planárne laterálne posuvy skalné zosuvy
STEKANIE	zemné prúdy bahnité prúdy kamenité prúdy hlinito-kamenité prúdy mury
RÚTENIE	zosypy opadové kužele osypy kamenné moria skalné zrútenie odvalové zrútenie

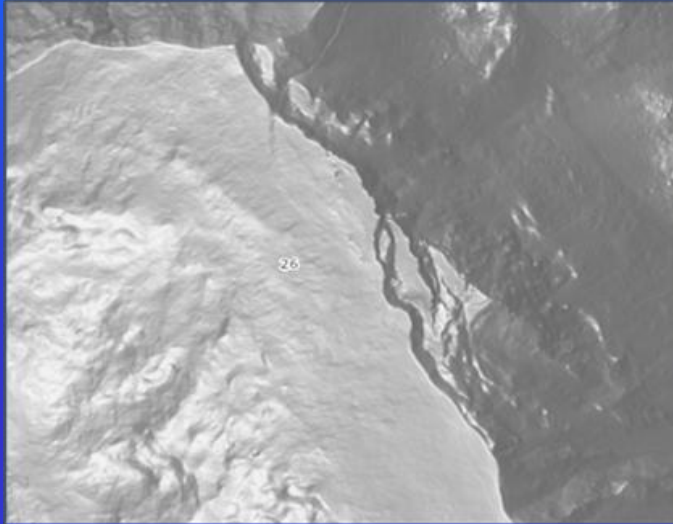


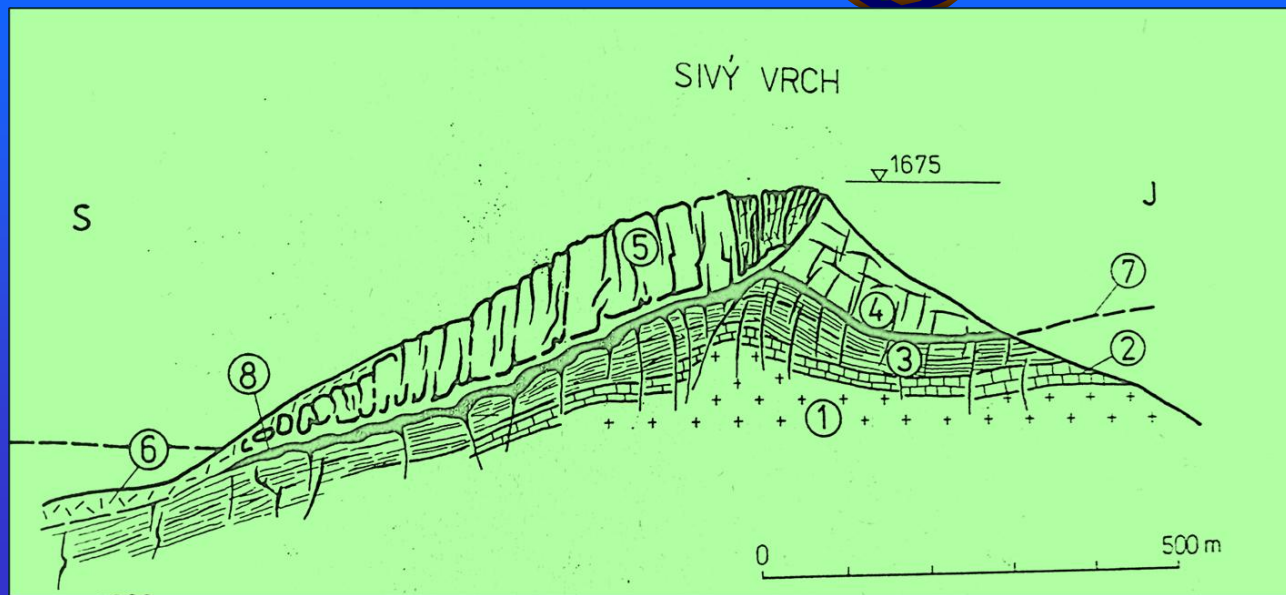
Plazenie

Plazenie je pomalý, dlhodobý, spravidla nezrýchľujúci sa pohyb horninových hmôt na svahu, pričom šmyková plocha je vo väčšine prípadov nezreteľná.

- Rýchlosť plazenia môže byť **mm za deň až cm za rok**.
- Plazenie delíme na **podpovrchové (hlbinné) a povrchové**.
- Výsledné formy podpovrchového plazenia sú vo väčšine prípadov málo výrazné: **rozvol'nenie svahu, roztrhanie horských masívov, dvojité hrebene, hlbinné ohýbanie vrstiev, gravitačné vrásky, údolné antiklinály a iné**. Výnimku tvoria len tvrdé komplexy hornín ležiace na mäkkom podloží, ktoré sa plazením rozlámu na morfológicky výrazné **blokové polia alebo blokové rozpadliny**.
- Výsledkom povrchového plazenia je **zliezanie sutín, zliezanie svahových hĺn, splazy alebo hákovanie vrstiev**.

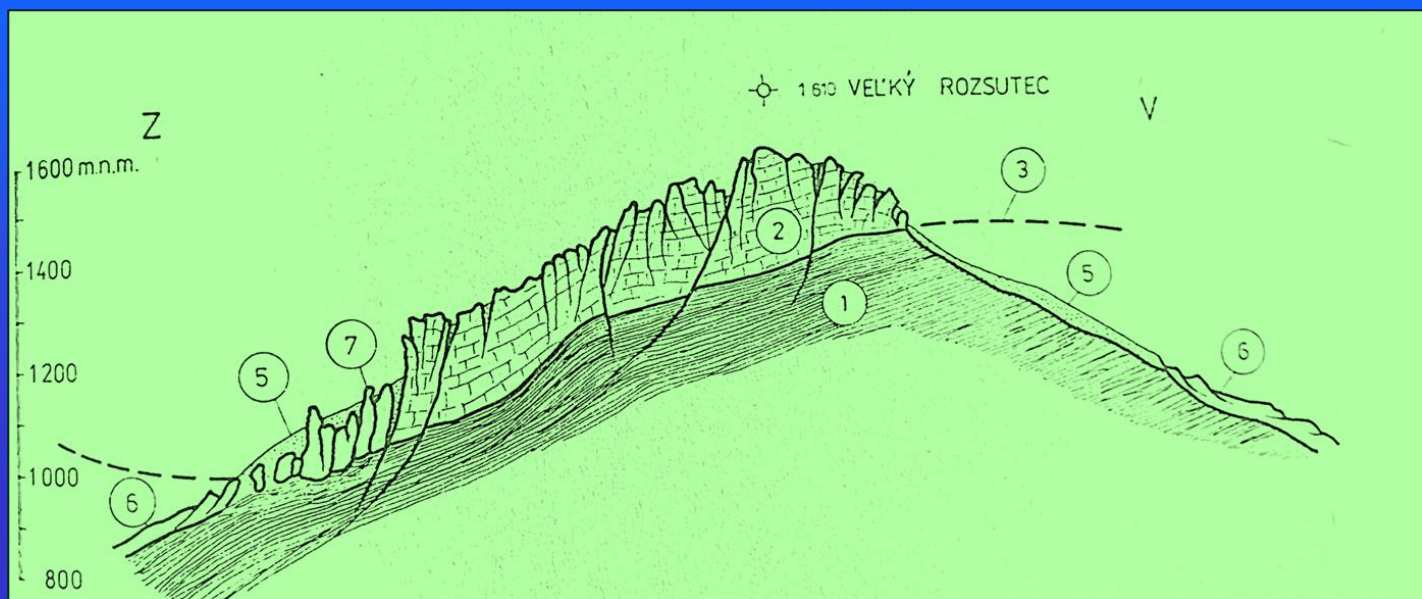
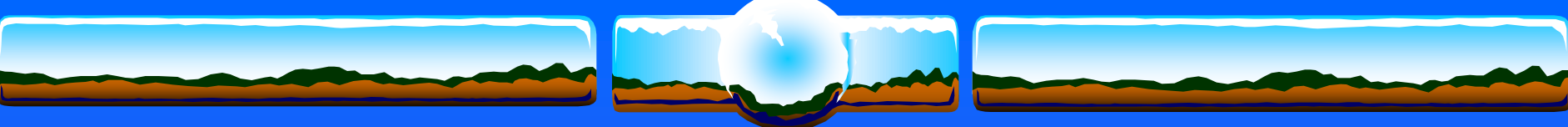
Hlbinné plazenie





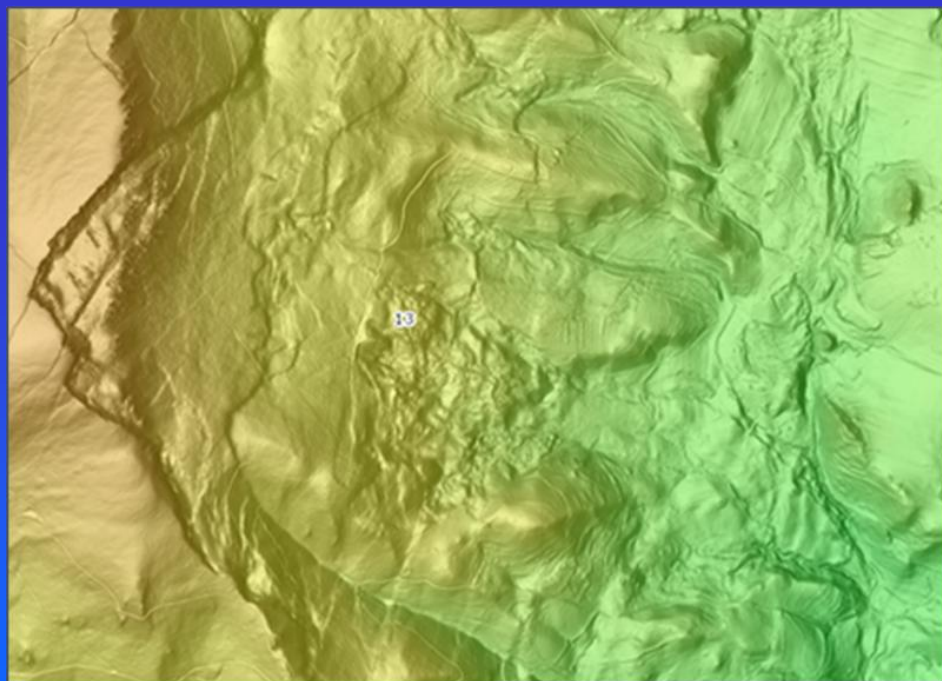
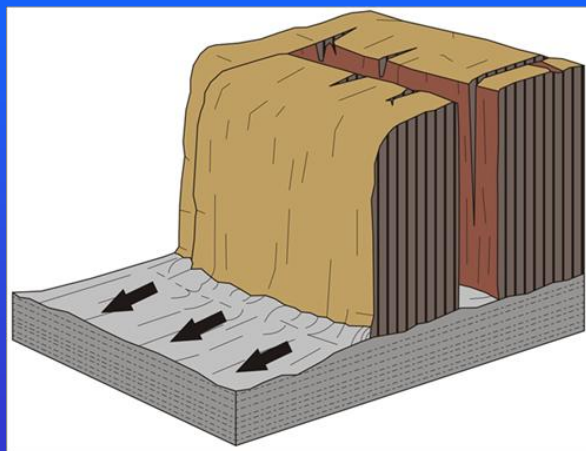
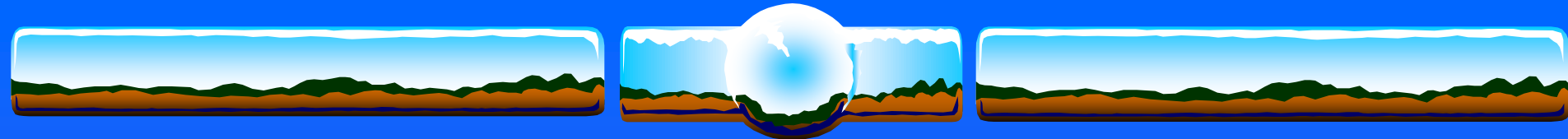
Zdroj: Nemčok, 1982)



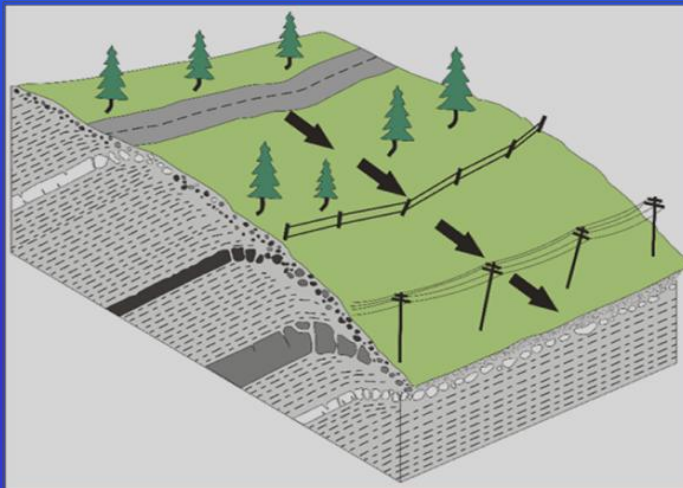
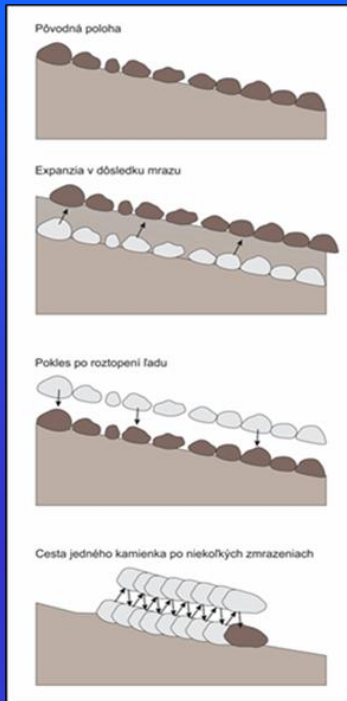


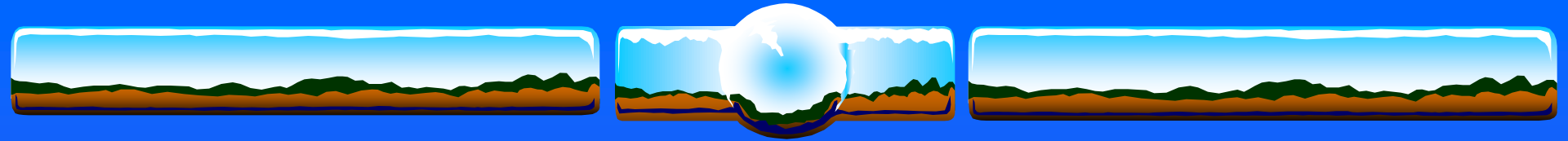
Zdroj: Nemčok, 1982)



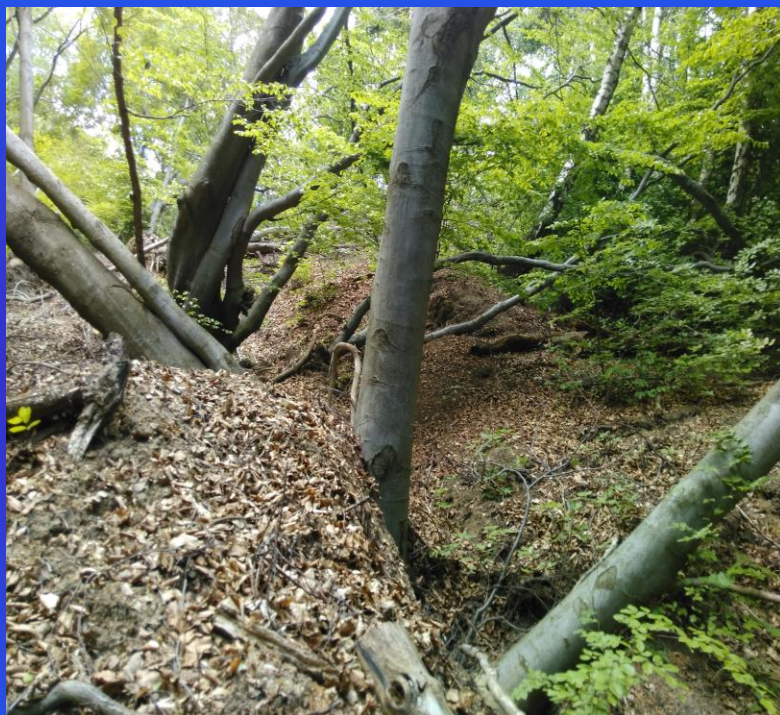


Povrchové plazenie





Zosúvanie



„Opitý les“

Plazenie



Zosúvanie

- **Zosúvanie** je relatívne rýchly klzavý pohyb horninových hmôt na svahu pozdĺž jednej alebo viacerých šmykových plôch, ktoré oddeľujú pohybujúce sa hmoty od podkladu.
- Rýchlosť zosúvania býva v **m až km za hodinu**.
- Výslednou formou zosuvného pohybu je svahová deformácia označovaná ako **zosuv**.

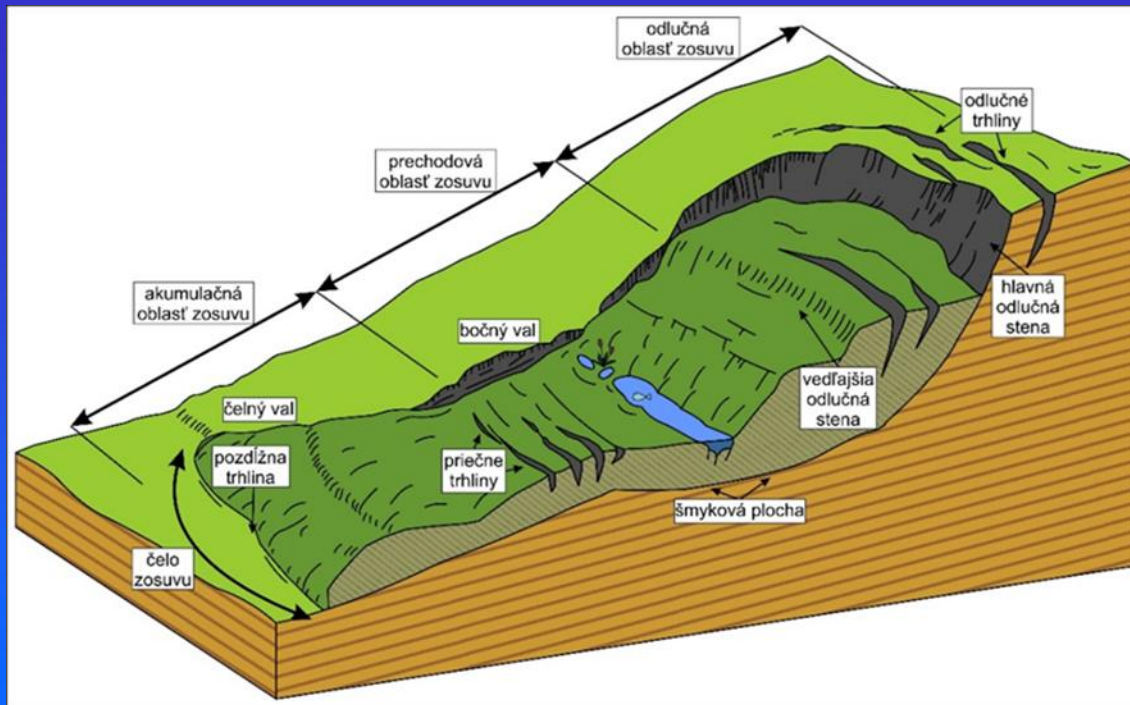


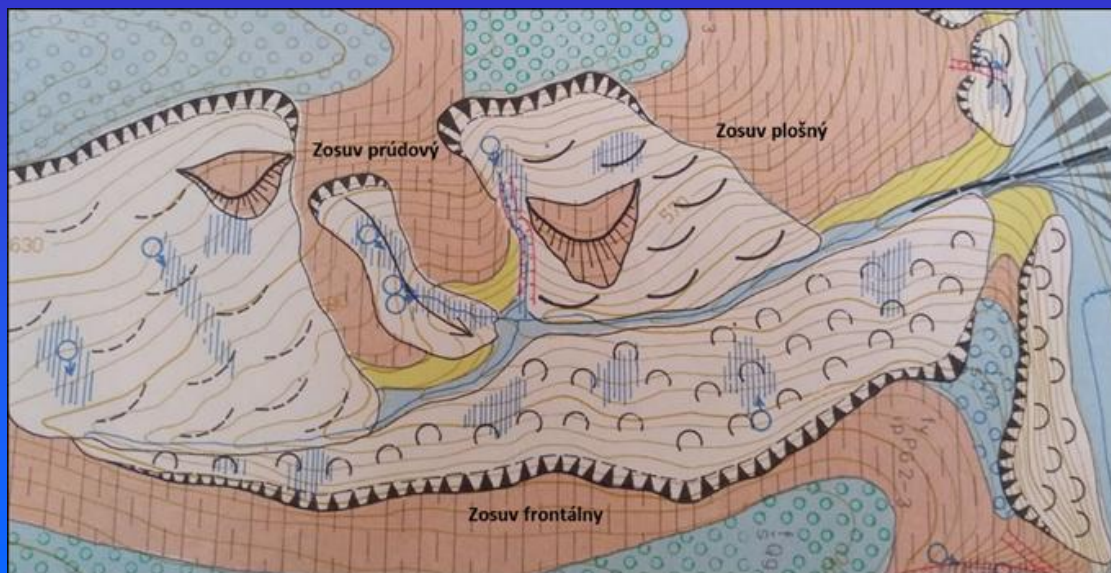
Foto: P. Ondrejka

Delenie zosuvov

Zosuvy najčastejšie delíme podľa tvaru, stupňa aktivity a podľa tvaru šmykovej plochy.

Podľa tvaru delíme zosuvy na:

- **plošné** – ich šírka sa približne rovná ich dĺžke,
- **prúdové** - ich dĺžka v smere spádu svahu niekoľkonásobne prevyšuje ich šírku,
- **frontálne** - ich šírka niekoľkonásobne prevyšuje ich dĺžku.



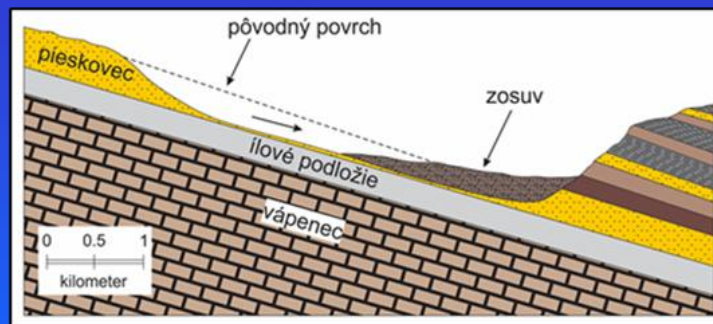
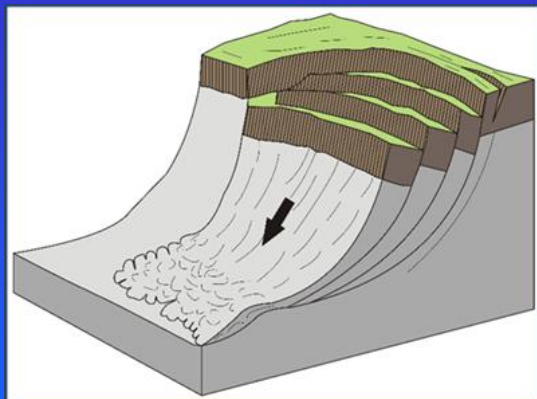
Podľa stupňa aktivity delíme zosuvy na:

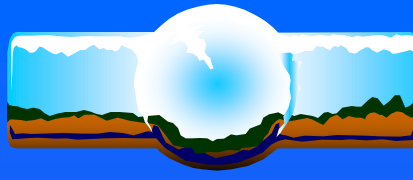
- **aktívne** – zosuvy, ktoré sa v súčasnosti pohybujú a majú zreteľné prejavy na povrchu
- **potenciálne** – zosuvy, ktorých pohyb je dočasne upokojený, ale príčiny ich vzniku sa môžu za určitých podmienok obnoviť (napr. pri dlhodobých zrážkach, odstránení vegetácie, podrezaní čela, prítiažení odlučnej oblasti a pod.),
- **stabilizované** – zosuvy, ktorých prirodzené príčiny vzniku zanikli, ale môžu byť aktivizované neuváženým umelým zásahom človeka (napr. podrezaním svahu a pod).

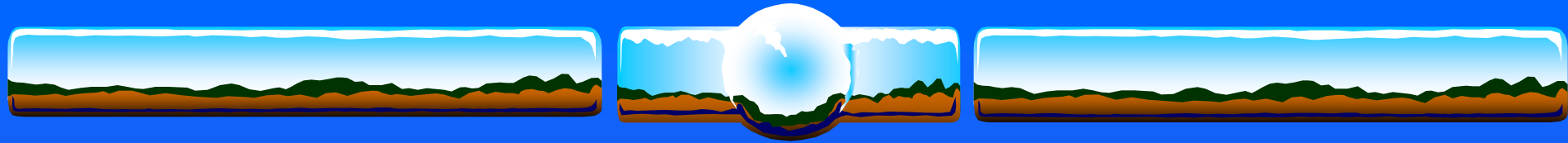


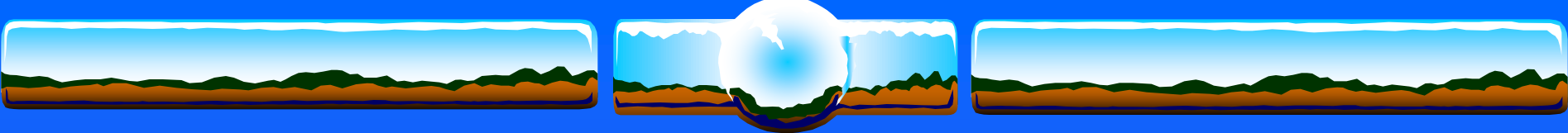
Podľa tvaru šmykovej plochy delíme zosuvy na:

- **rotačné** - zosuvy s valcovou šmykovou plochou,
- **planárne** - zosuvy s rovinnou šmykovou plochou,
- **rotačno-planárne** – zosuvy so zloženou šmykovou plochou.





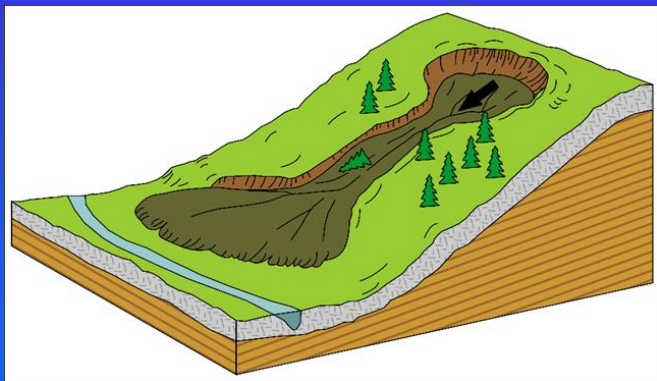


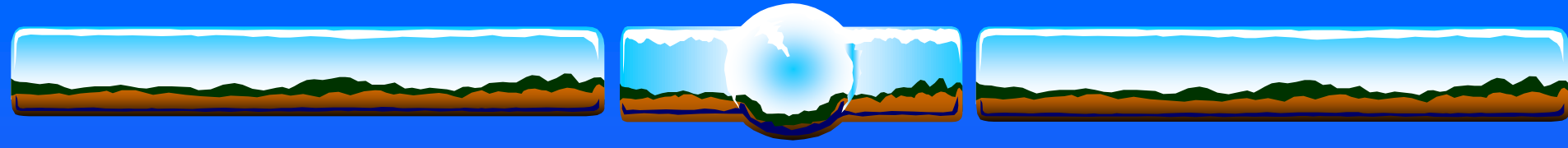


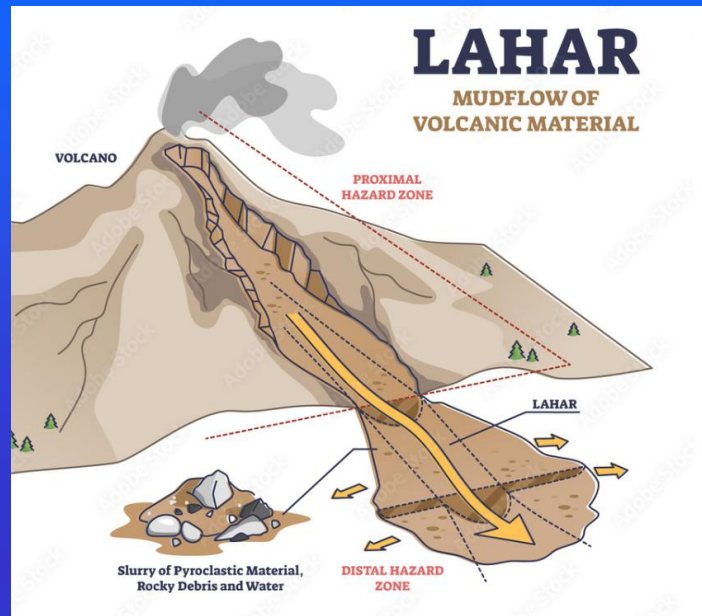
Stekanie

Stekanie je rýchly gravitačný pohyb horninových mas po svahu vo viskóznom stave. Stekanie dosahuje rýchlosť **metrov za minútu**. Stekajúce hmoty sú ostro oddelené od neporušeného podložia a na rozdiel od zosuvov bývajú premiestnené na pomerne veľké vzdialenosti.

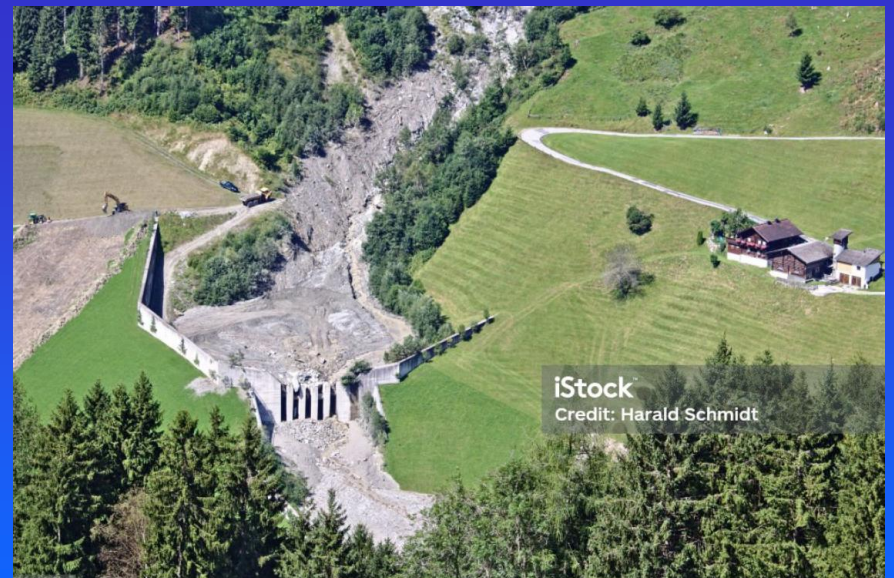
Výslednou formou stekania je svahová deformácia označovaná ako **prúd**. Podľa zloženia rozoznávame **zemné prúdy**, **hlinité a bahnité prívalové prúdy**, **kamenité prúdy**, **mury** a **hlinito-kamenité prúdy**.

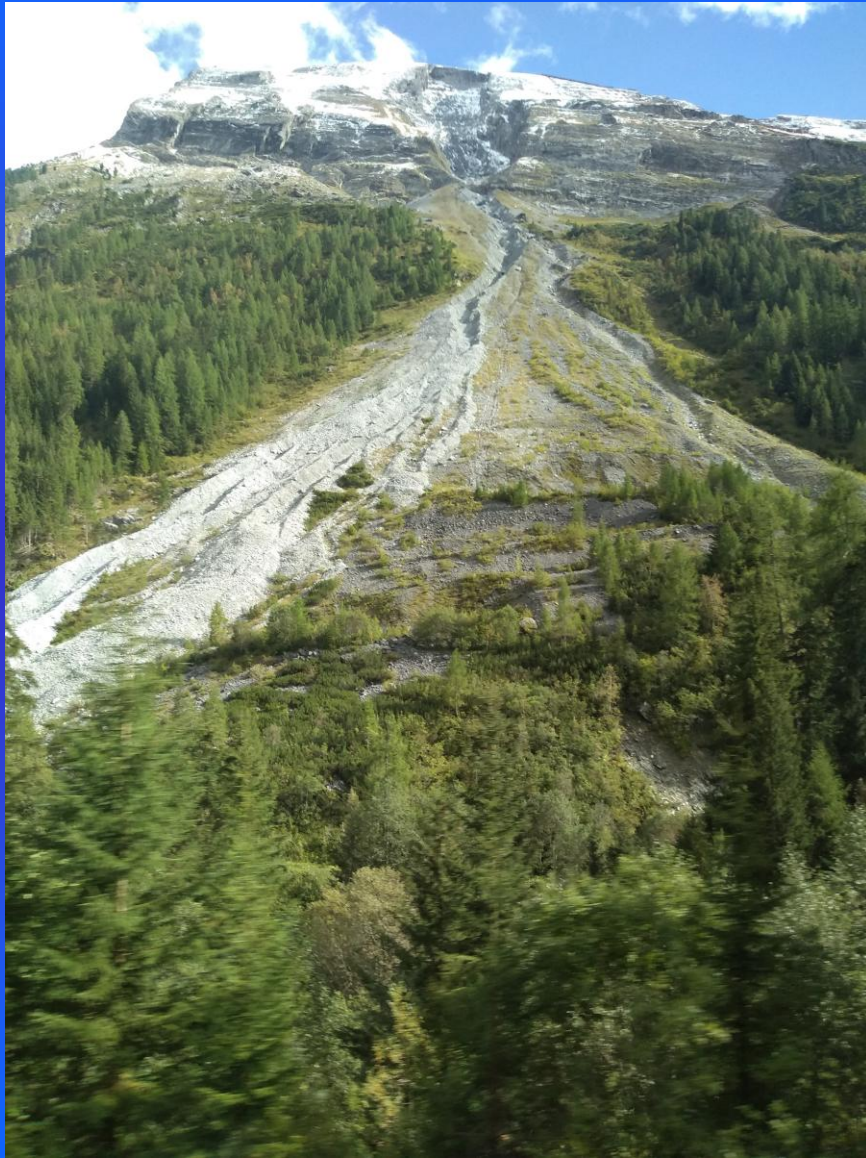
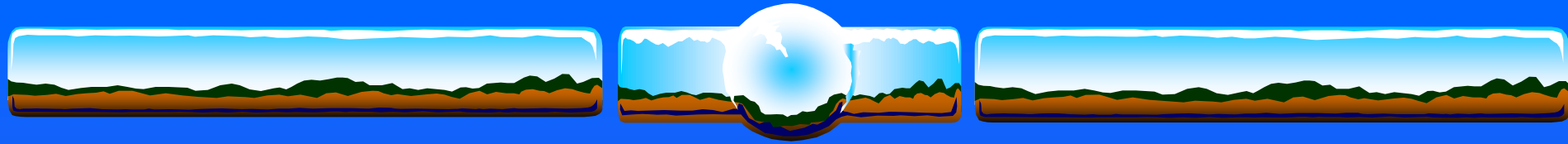






Zdroj: <https://www.worldatlas.com/natural-disasters>

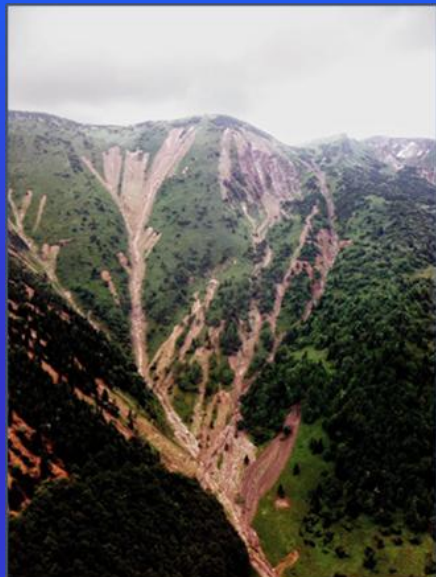


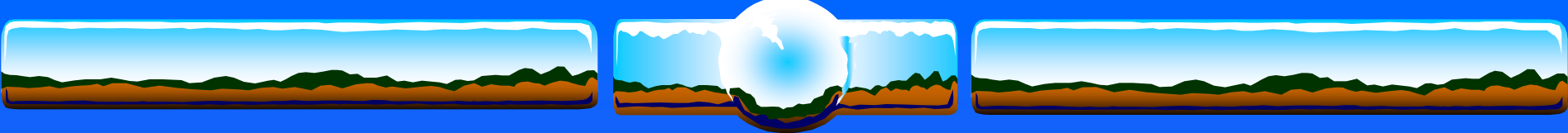


Mury



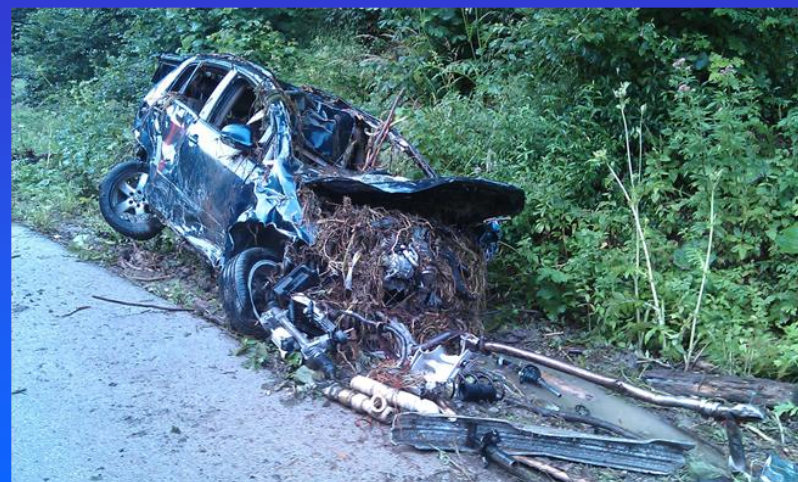
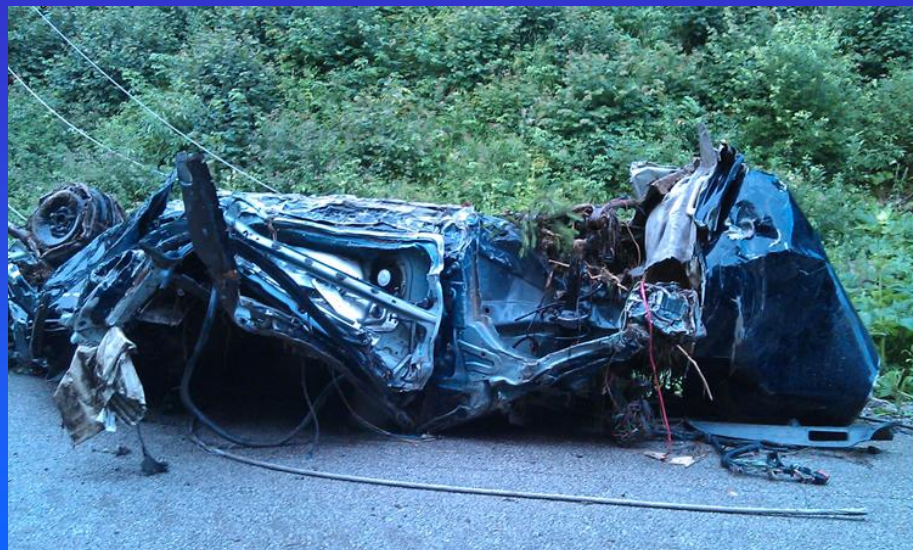
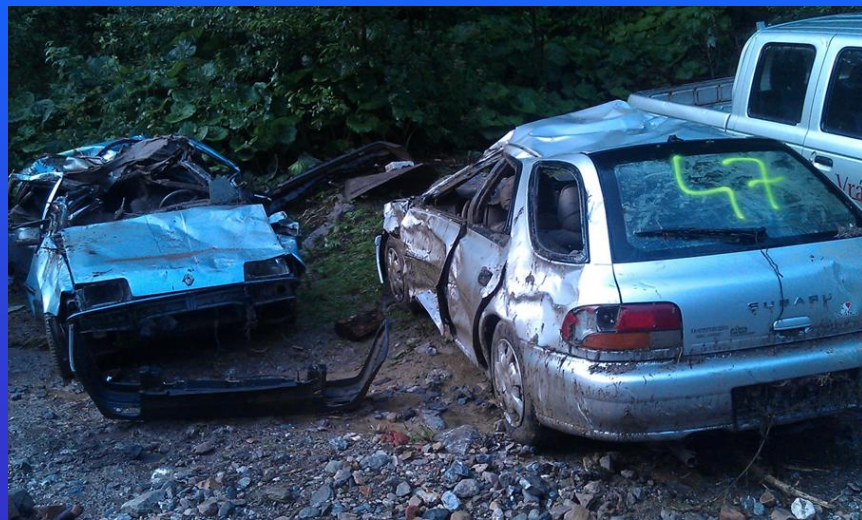
Vrátna dolina, 2014

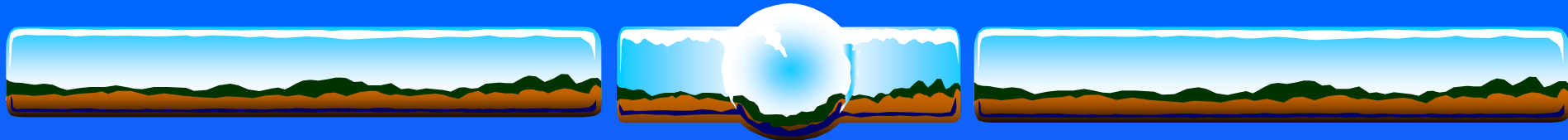




Hlinito-kamenité prúdy – mury – vo Vrátnej doline

- Hlinito-kamenité prúdy – mury – vo Vrátnej, spolu so sprievodnými zosuvmi, vznikli v pondelok 21. 7. 2014 medzi 15:00 a 18:00 h v dôsledku zrážkových anomálií (podľa SHMÚ na stanici Vrátna dosiahol zrážkový úhrn 67 mm za 3 h).
- V deluviálnych sedimentoch sa pod hrebeňom Stien a Hromového zhruba vo výške 1600 až 1500 m n. m. aktivovali hlinito-kamenité prúdy hrúbky 1 až 2 m.
- Svahové pohyby po planárnej šmykovej ploche tu boli podmienené priaznivým sklonom vrstevnatosti/bridličnatosti. V odlučných častiach týchto zosuvov neveľkej hrúbky sa odtrhli pomerne malé, ale početné „platne“ zosuvného materiálu (každá z nich dosahovala rozmery niekoľko 100 m²), ktoré sa spravidla pohybovali rýchlosťou niekoľko **metrov za sekundu** preferenčne lavínovými žľabmi.
- Približne 800 m od dolnej stanice lanovky Vrátna bola hrúbka valiacej sa masy voda–kamene–hlina–stromy zameraná na nepoškodených stromoch. Hrúbka prúdu tu dosiahla až 2 m.
- **Celková kubatúra premiestneného materiálu sa odhaduje na minimálne 100 000 m³.**





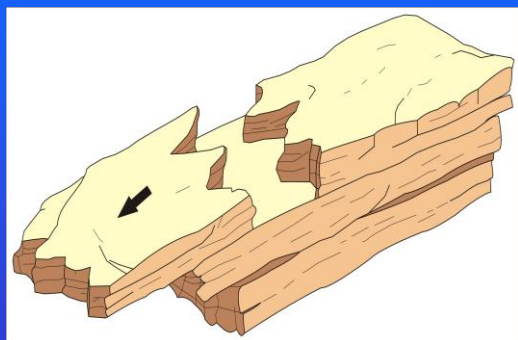
Rútenie

Rútenie je veľmi rýchly (**metre za sekundu**) gravitačný pohyb horninových mas na strmých svahoch, pri ktorom sa časť materiálu sklzáne alebo zosype po strmo uklonených nepravidelných šmykových plochách a časť padá voľným pádom.

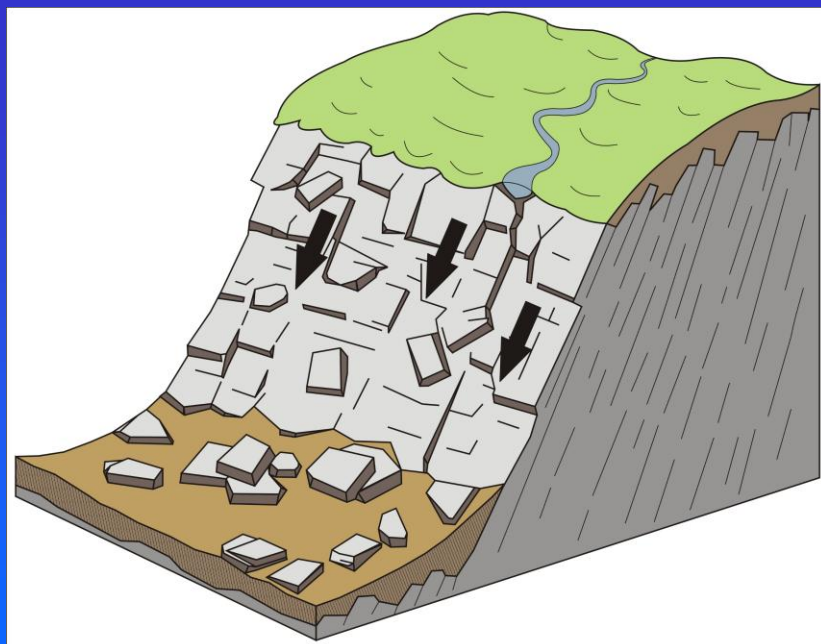
Svahový pohyb môže mať charakter:

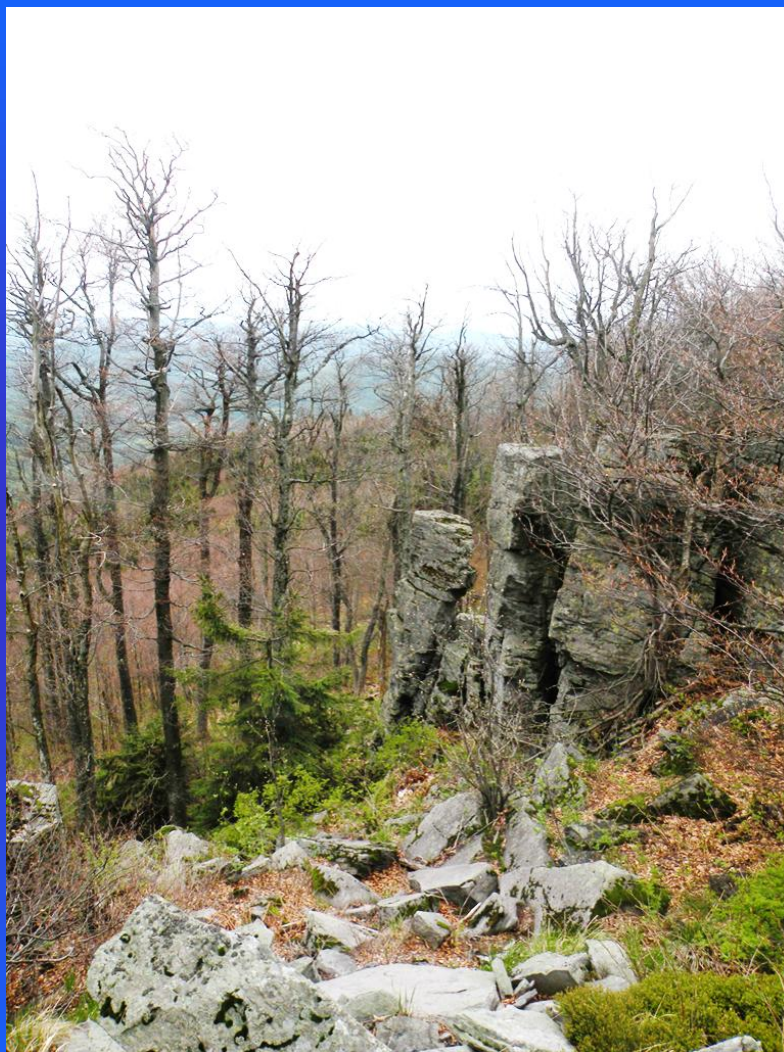
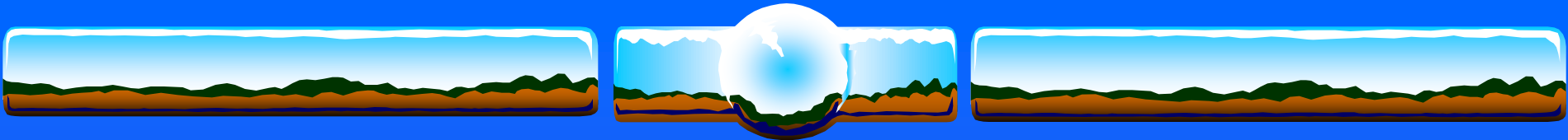
- **zosypávanía** – premiestňovanie drobných úlomkov hornín gúľaním a váľaním po svahu,
- **opadávanía úlomkov** – premiestňovanie úlomkov hornín voľným pádom,
- **odvalového rútenia** – náhle premiestnenie skalných stien prevažne voľným pádom,
- **planárneho rútenia** – náhle premiestnenie skalných stien klzaním po predurčenej (napr. vrstevnej) ploche a následným voľným pádom.

Výslednou formou svahových deformácií sú **drobenie, zosypy, opadové kužele, sutinové kužele, osypy, kamenné moria, skalné zrútenia, odvaly** a pod.



Opadávanie úlomkov





Preklápanie skalných veží

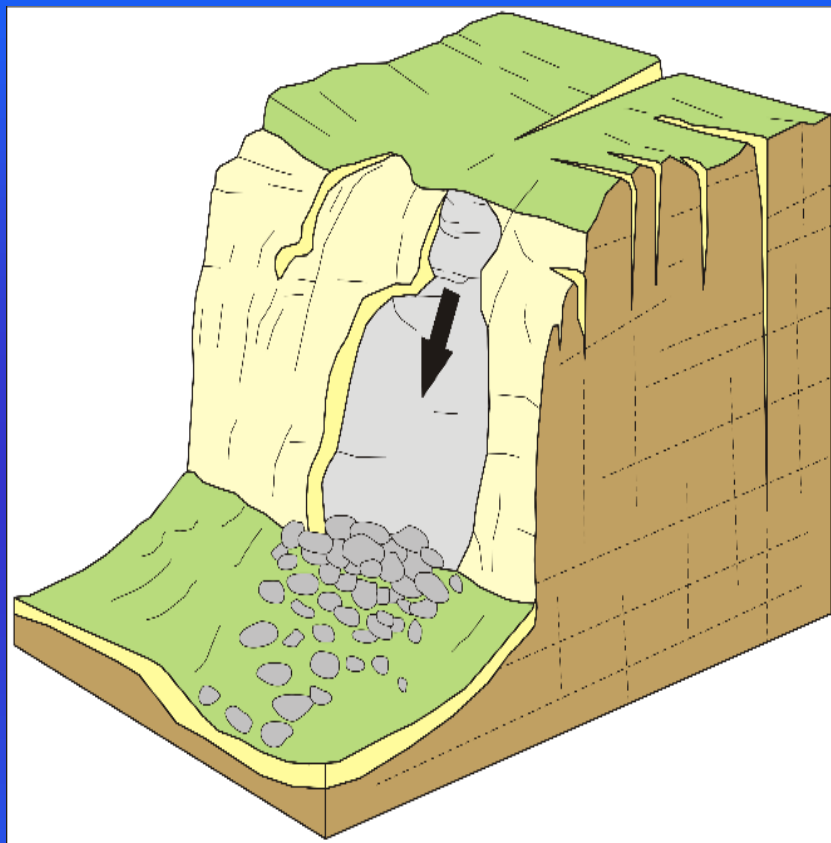
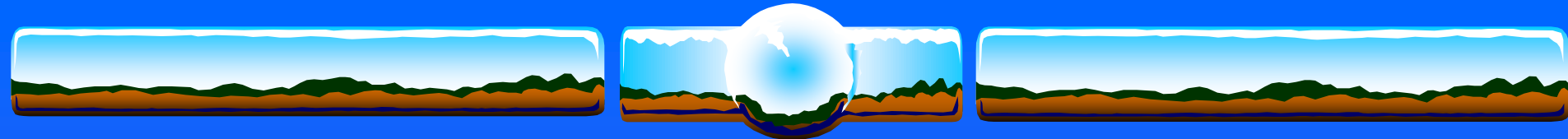
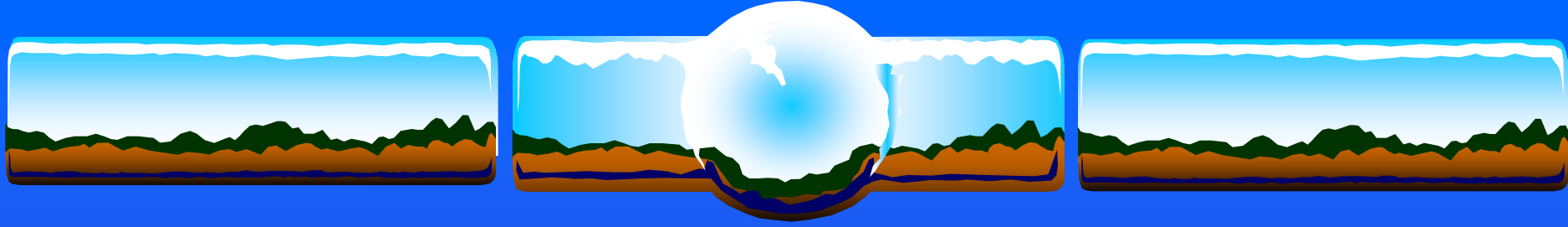


Schéma odvalového rútenia (Hamblin, 1991)



Skalné zrútenia

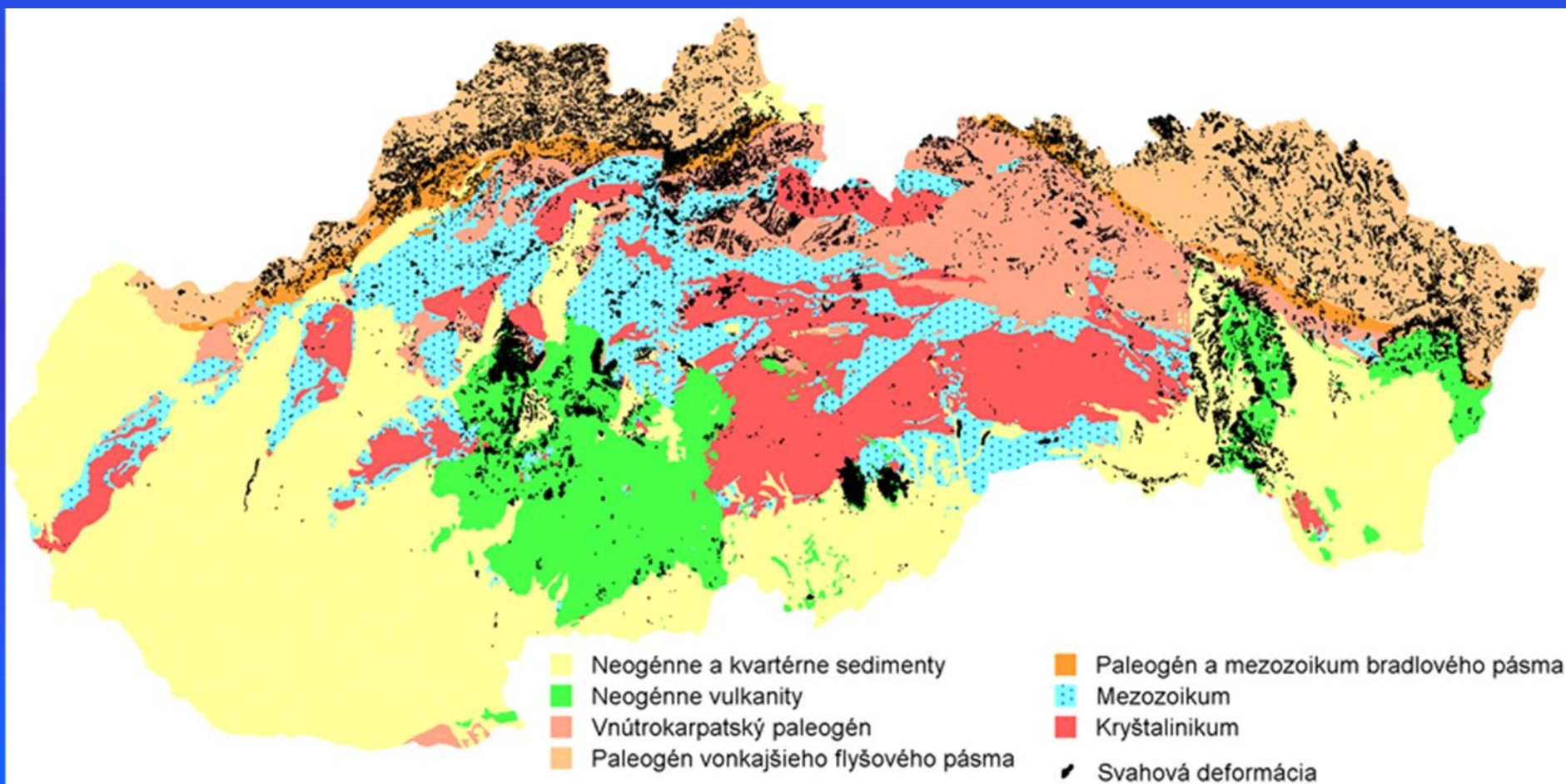


Zosuvy na Slovensku

Atlas máp stability svahov SR:

- **21 190** svahových deformácií
- porušujú územie s rozlohou **257,5 tis. ha**
- **5,25 %** rozlohy Slovenska
- zosuvy - **19 104**
- **90,2 %** všetkých registrovaných svahových deformácií

Schematická geologická mapa Slovenska s rozložením zaregistrovaných svahových deformácií



SLOVENSKÁ REPUBLIKA

Náchylnosť územia na svahové deformácie

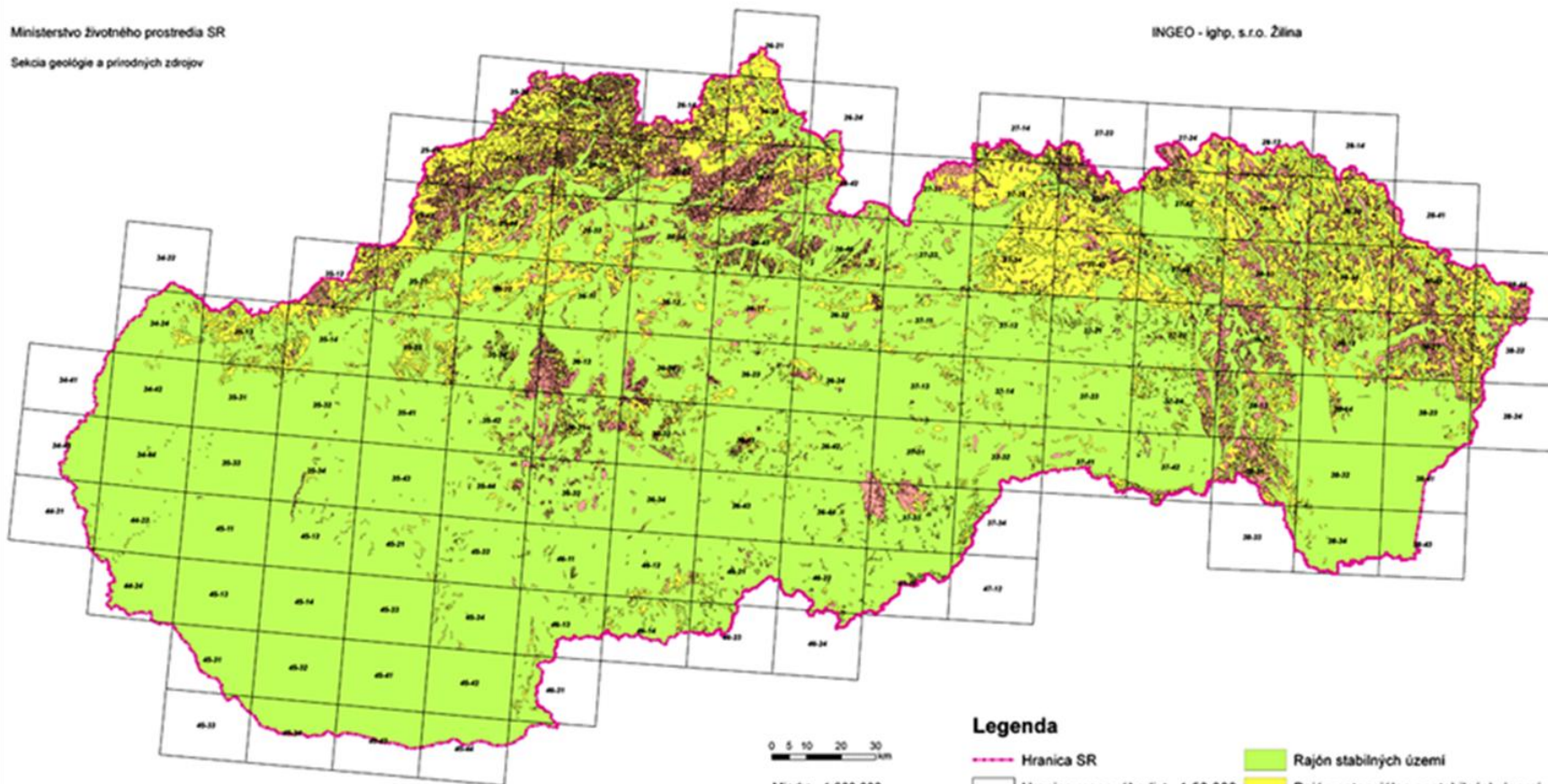
Zostavili: J. Šimeková, T. Marínčeková

ATLAS MÁP STABILITY SVAHOV SR v M 1: 50 000

Číslo úlohy: 972142

INGEO - ighp, s.r.o. Žilina

Ministerstvo životného prostredia SR
Sekcia geológie a prírodných zdrojov

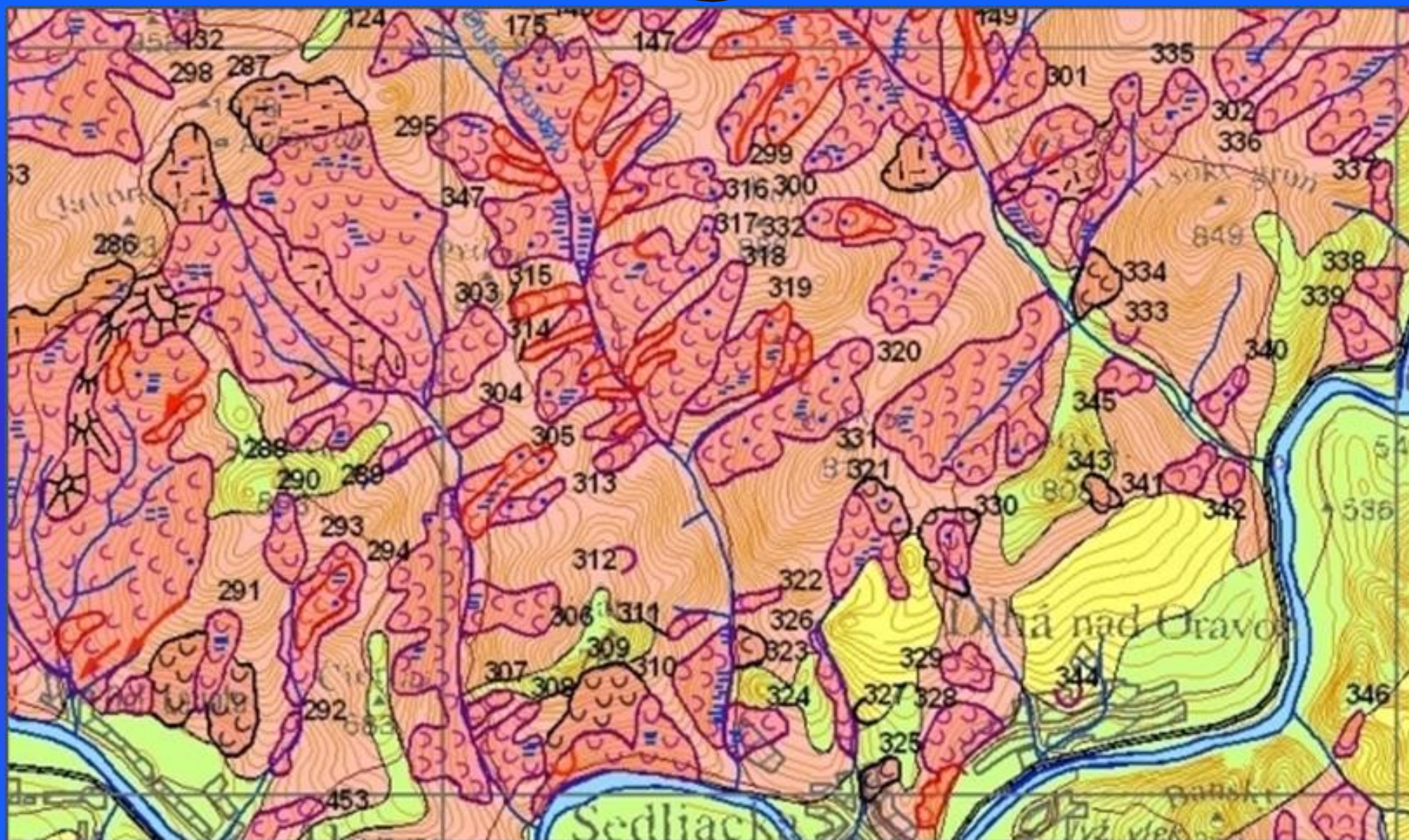


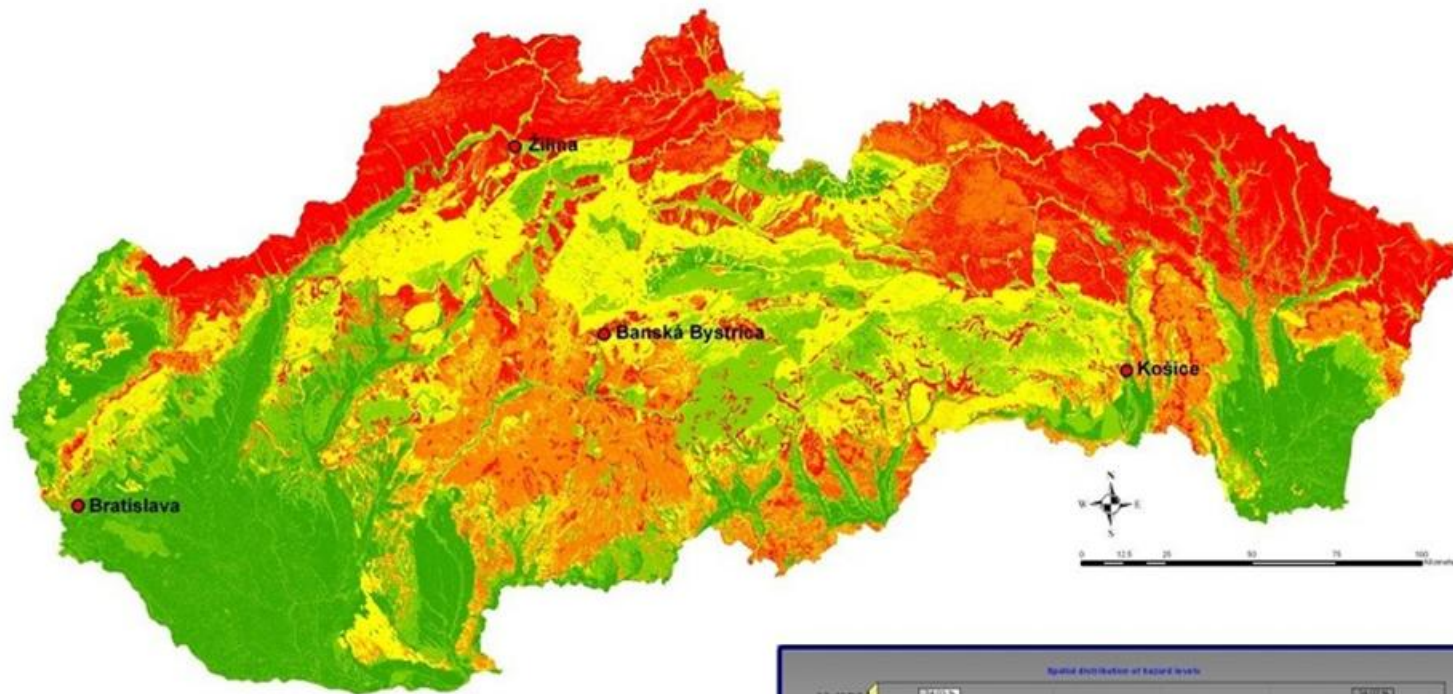
Legenda

- Hranica SR
- Hranica mapového listu 1:50 000
- Rajón stabilných území
- Rajón potenciálne nestabilných území
- Rajón nestabilných území

0 5 10 20 30
km

Mierka 1:600 000

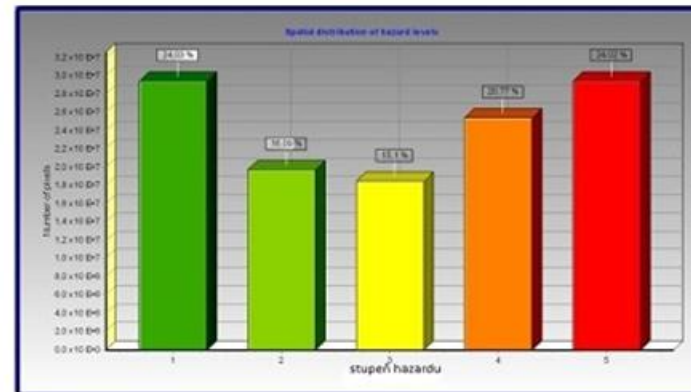




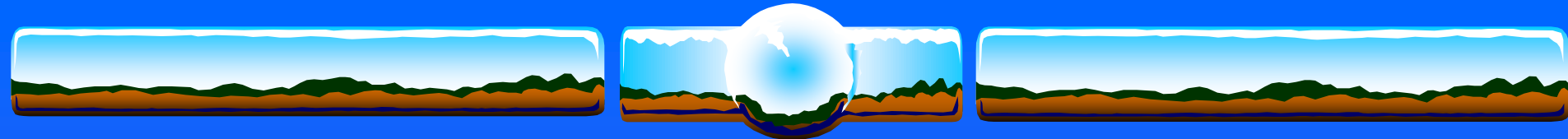
LEGENDA

stupeň hazardu:

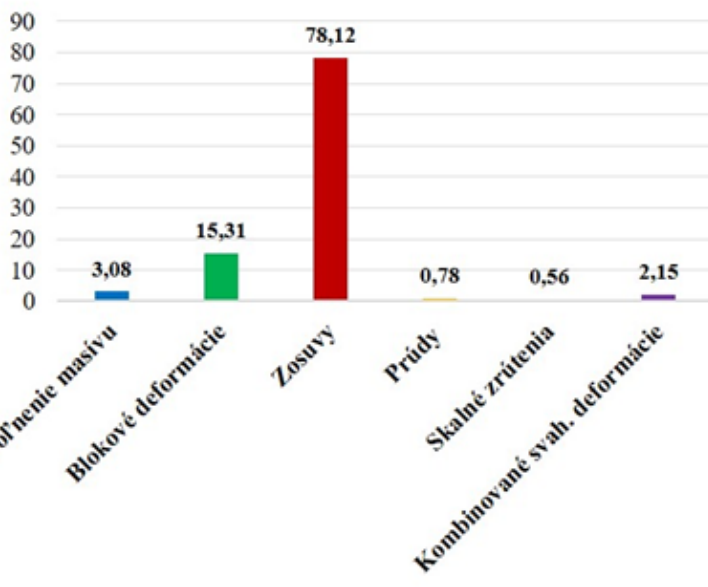
- 1 - veľmi nízky
- 2 - nízky
- 3 - stredný
- 4 - vysoký
- 5 - veľmi vysoký



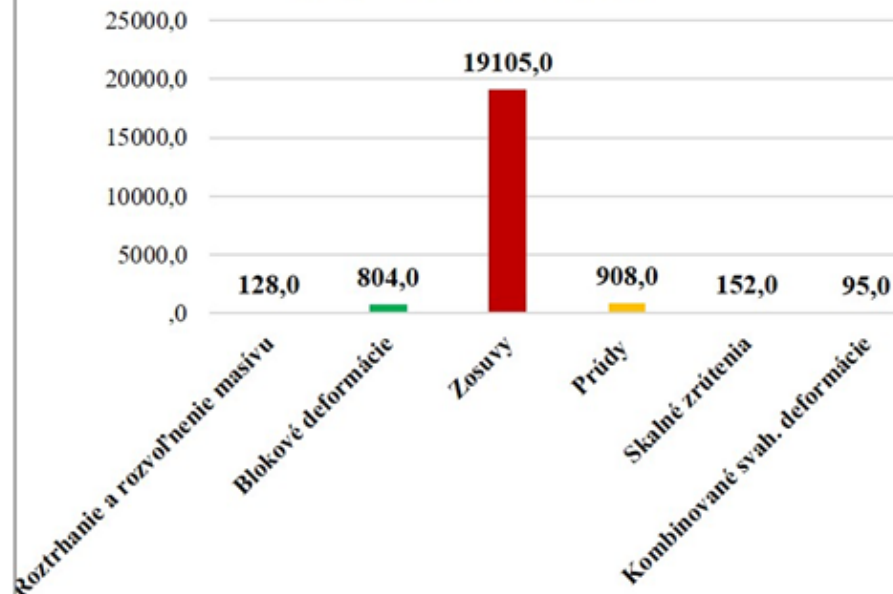
Mapa zosuvného hazardu Slovenskej republiky (Bednarik, Liščák, 2010)

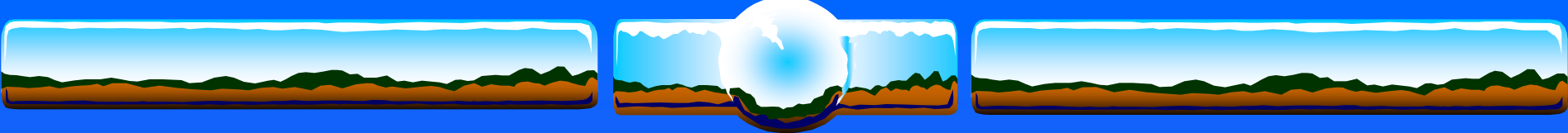


Plošný rozsah vyčlenených typov svahových deformácií v rámci SR (% z celkovej plochy svahových deformácií)



Početné zastúpenie vyčlenených typov svahových deformácií v rámci SR



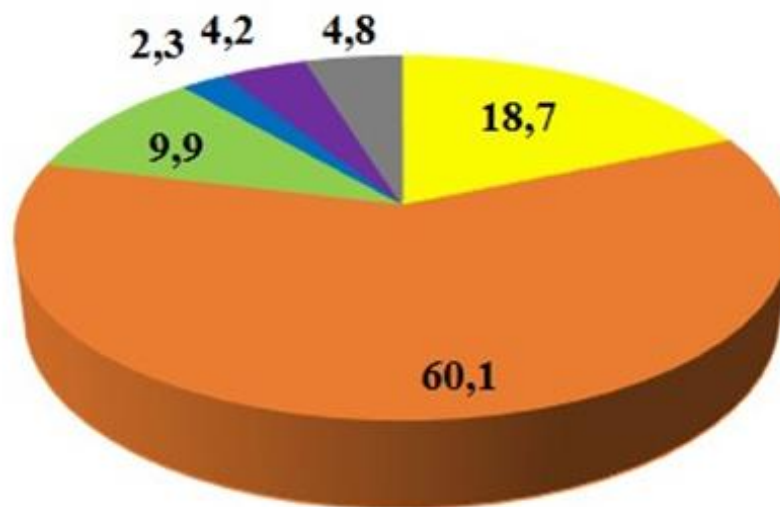


Typy zosuvov a geologické jednotky

- Z hľadiska hodnotenia stupňa aktivity svahových deformácií je:
 - potenciálnych - 63 %
 - stabilizovaných - 24,9 %
 - aktívnych - 11,6 %
 - kombinovaných - 0,5 %.
- Aktívne formy sú typické najmä pre zosuvy (94,9 %) a prúdy (3,5 %), podobne aj pre potenciálne formy sú typické zosuvy (92,8 %) a prúdy (6 %). Stabilizované formy sú charakteristické pre svahové deformácie zo skupiny svahových pohybov typu plazenia, rútenia a zosúvania.
- Výskyt svahových deformácií v geologických útvaroch je viazaný na:
 - súvrstvia paleogénu - 60,1 %,
 - neogénu - 18,7 %,
 - kriedy - 9,9 %,
 - paleozoika - 4,2 % a
 - triasu - 2,3 %.

Ostatných 4,8 % pripadá na ďalšie geologické útvary.

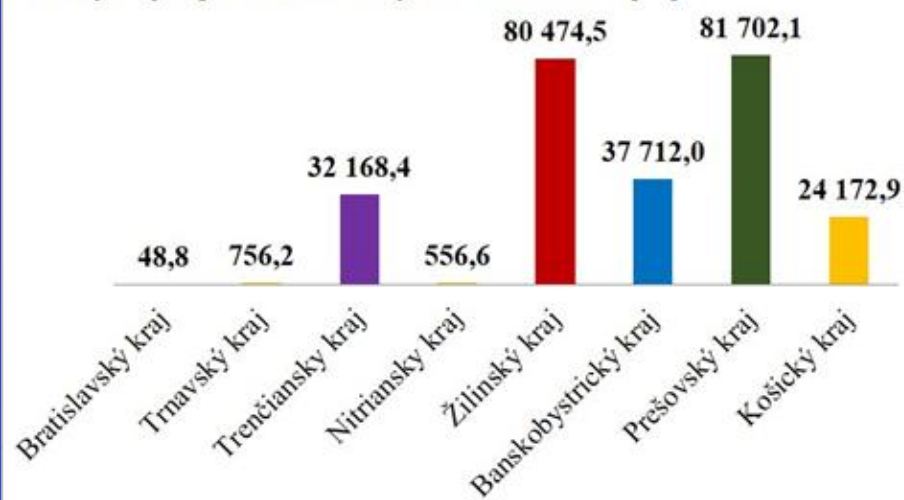
Zastúpenie svahových deformácií (%)
podľa príslušnosti predkvartérneho podložia svahovej deformácie
ku geologickému útvaru



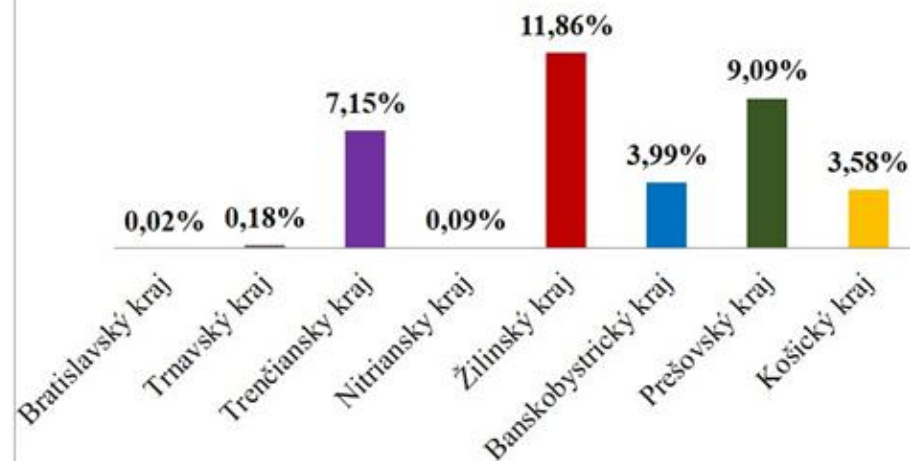
neogén paleogén krieda trias paleozoikum ostatné geologické útvary

Plošná porušenosť krajov SR svahovými deformáciami

Plochy krajov porušené svahovými deformáciami [ha]



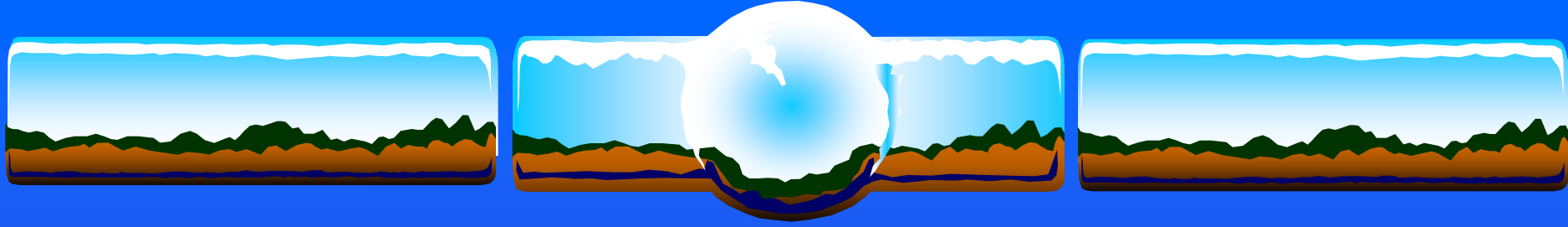
Percentuálna porušenosť krajov svahovými deformáciami



Kraj	Okres		Počet deformácií	Rozloha okresu [ha]	Rozloha porušeného územia [ha]				Porušenosť [%]
					celková	poľnoh. pôda	lesná pôda	iná plocha	
Banskobystrický	Banská Bystrica	BB	385	80 900	5781,6	2409,7	3128,6	243,3	7,15
	Banská Štiavnica	BS	109	27 800	1959,5	981,1	973,8	4,7	7,05
	Brezno	BR	196	126 500	3161,2	725,9	1579,9	855,5	2,50
	Detva	DT	69	47 500	347,1	316,1	18,8	12,2	0,73
	Krupina	KA	48	58 500	220,5	131,6	73,7	15,2	0,38
	Lučenec	LC	36	77 100	416,8	77,2	333,6	6,0	0,54
	Poltár	PT	45	50 500	120,1	86,7	29,2	4,3	0,24
	Revúca	RA	68	73 000	1509,5	421,9	1076,7	10,9	2,07
	Rimavská Sobota	RS	261	147 100	9617,5	4303,4	5261,8	52,3	6,54
	Veľký Krtíš	VK	133	84 900	995,0	530,8	452,0	12,2	1,17
	Zvolen	ZV	243	75 900	2289,0	1366,3	810,5	112,2	3,02
	Žarnovica	ZC	303	42 600	3512,9	1846,5	1609,5	57,0	8,25
	Žiar nad Hronom	ZH	433	53 200	7781,3	4277,5	3431,3	72,5	14,63
	Spolu 13 okresov		2329	945 500	37712	17474,7	18779,4	1458,3	3,99
Prešovský	Prešov	PO	450	93 400	8167,9	4891,7	3123,0	153,2	8,75
	Bardejov	BJ	774	93 700	10095,5	6176,5	3840,7	78,3	10,77
	Humenné	HE	528	75 400	8619,9	4069,7	4416,1	134,1	11,43
	Kežmarok	KK	294	84 000	3695,2	2005,5	1667,0	22,7	4,40
	Levoča	LE	99	35 700	937,3	555,0	360,0	22,3	2,63
	Medzilaborce	ML	218	42 700	4650,7	2010,6	2597,6	42,5	10,89
	Poprad	PP	444	112 300	2874,8	676,6	1636,1	562,1	2,56
	Sabinov	SB	284	48 400	2839,5	2008,3	801,9	29,3	5,87
	Snina	SV	914	80 500	12374,7	3604,0	8694,3	76,4	15,37
	Stará Ľubovňa	SL	837	62 400	7161,0	4865,3	2199,5	96,3	11,48
	Stropkov	SP	203	38 900	3061,1	1903,2	1092,0	65,9	7,87
	Svidník	SK	438	55 000	7382,5	4827,9	2391,1	163,5	13,42
	Vranov n. Topľou	VT	520	76 900	9842,0	5158,7	4486,1	197,2	12,80
	Spolu 13 okresov		6003	899 300	81702,1	42753,0	37305,4	1643,8	9,09
Košícký	Košice I.-IV.	KE	104	24 500	793,0	432,7	253,8	106,5	3,24
	Košice - okolie	KS	502	153 300	14591,2	9427,0	4929,2	235,0	9,52
	Gelnica	GL	46	58 400	317,4	192,4	122,4	2,7	0,54
	Michalovce	MI	68	101 900	1300,2	412,7	857,9	29,6	1,28
	Rožňava	RV	29	117 300	1517,9	473,0	1038,7	6,2	1,28
	Sobrance	SO	133	53 800	3024,4	384,2	2629,1	11,1	5,15
	Spišská N. Ves	SN	25	58 700	93,3	68,2	16,8	8,3	0,17
	Trebišov	TV	128	107 400	2535,5	1633,8	877,1	24,6	2,36
	Spolu 8 okresov		1035	675 300	24172,9	13024,0	10725,0	424,0	3,58

Ohrozenie objektov

Inžinierskogeologická oblasť	Aa - oblasť vysokých jadrových pohorí	Ab - oblasť jadrových stredohorí	Bc - oblasť flyšových hornatín	Bd - oblasť flyšových vrchovín	Ce - oblasť vulkanických hornatín	Cf - oblasť vulkanických vrchovín	Dg - oblasť vnútrohorských kotlín	Dh - oblasť vnútrokarpatských nížín	Celkom
Porušenie plôch, ohrozené objekty									
Plocha porušená svahovými deformáciami (ha)	17653,3	6088,5	289,1	70167,2	38566,1	13648,2	36347,5	7118,0	257591,2
Poľnohospod. pôda (ha)	2621,7	3147,4	170,6	38114,5	12331,5	5970,1	27232,9	5089,4	130289,9
Lesná plocha (ha)	11267,1	2832,5	118,5	31064,4	25882,3	7526,7	8321,4	1843,6	120243,2
Iné plochy (ha)	3764,6	108,7		988,3	351,3	152,4	793,3	185,0	7058,1
Diaľnice a cesty I tr. (m)	3697,0	300,0		26308,0	3830,0	2265,0	21995,0	1309,0	98816,0
Cesty II a III tr. (m)	7320,0	26584,0		235165,0	35592,0	14995,0	93674,0	24730,0	571408,0
Železnice (m)	3640,0	5667,0		7963,0	7895,0	315,0	13100,0	9850,0	67210,0
Pozemné stavby (ks)	401	1134		9646	2025	816	4436	713	27920,0
Ostatné stavby (ks)	21	19		212	47	14	135	28	600,0
Lokality s ohrozením viac ako 50 objektov (ks)	7	6		46	15	1	49	10	168,0
Produktovody nadzemné (m)	26630,0	31905,0		364565,0	95400,0	22490,0	238770,0	38510,0	1116056,0
Plynovody (m)	1435,0	2716,0		21224,0	13565,0	920,0	30600,0	4140,0	101180,0
Ropovody (m)					1300,0	250,0	480,0	1470,0	3500,0
Vodovody (m)	8100,0	11470,0		39905,0	45630,0	7560,0	96850,0	15670,0	290925,0



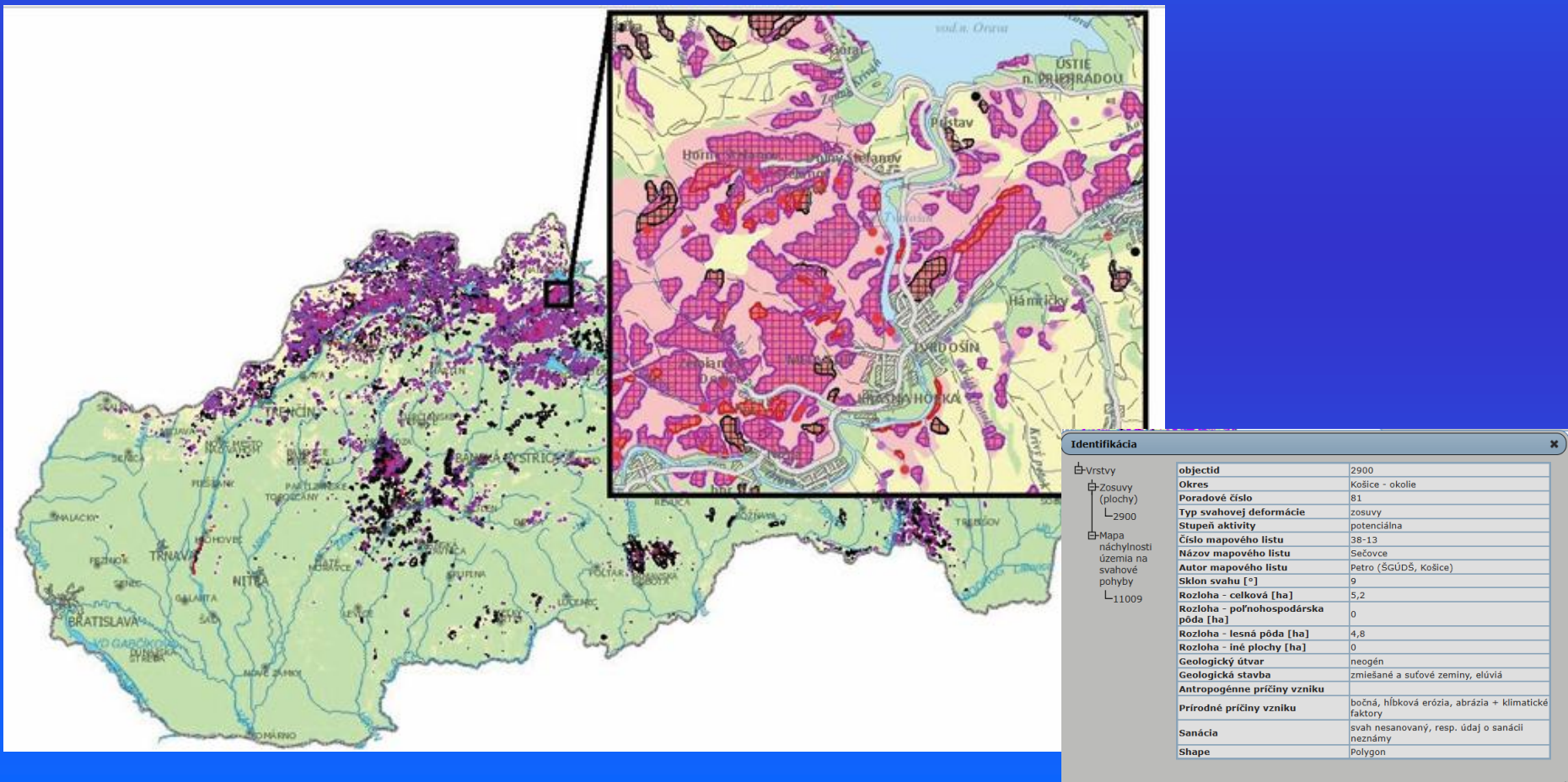
Zosuvy ohrozujú

- 98,8 km diaľnic a ciest I. triedy
- 571 km ciest II. a III. triedy
- 62 km železníc
- 11 km nadzemných vedení
- 3,5 km ropovodov
- 101 km plynovodov
- 291 km vodovodov
- takmer 30 000 pozemných stavieb

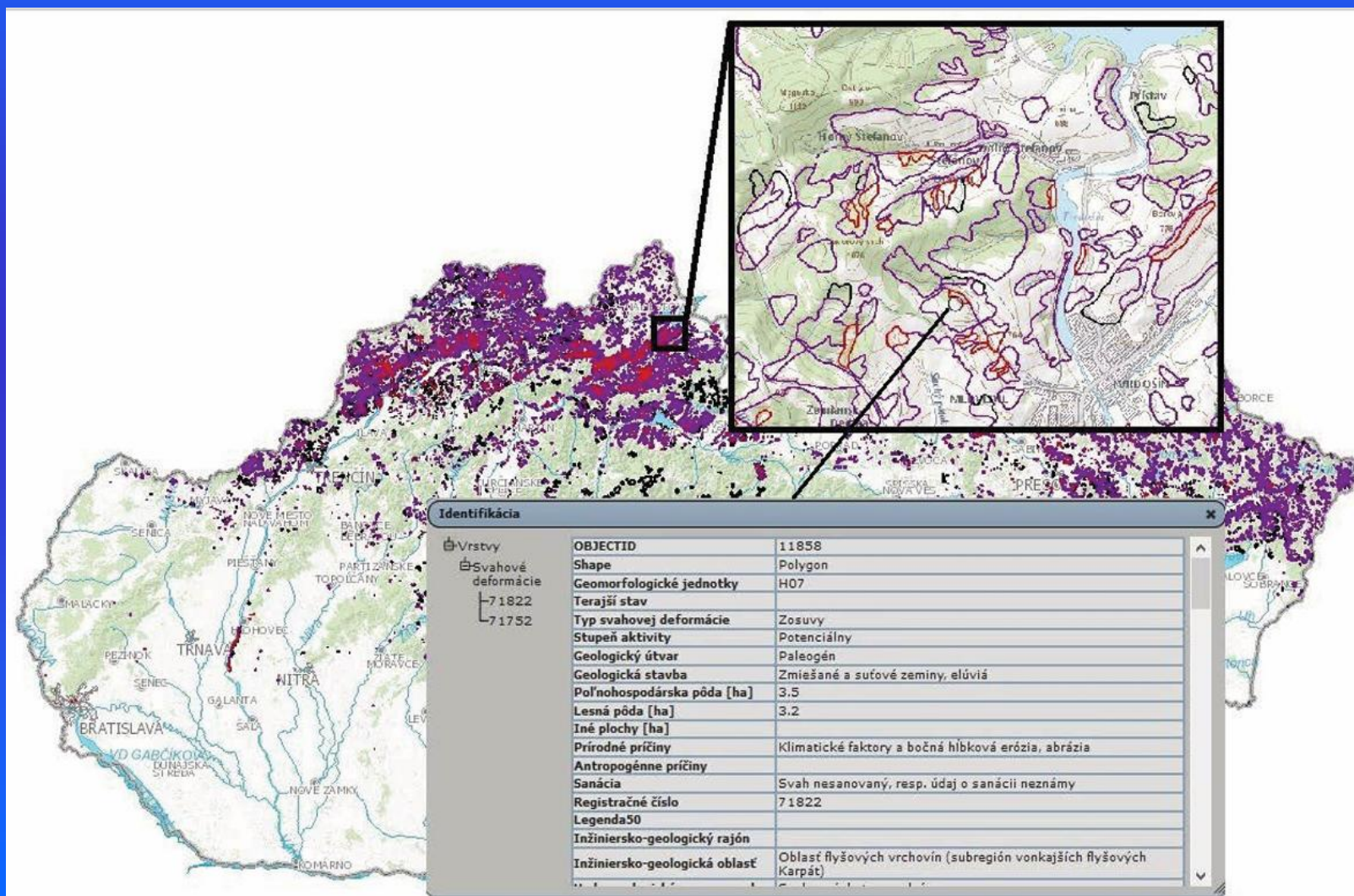


Odkiaľ možno získať informácie o svahových deformáciách?

➤ Atlas máp stability svahov SR v mierke 1: 50 000 - <https://app.geology.sk/atlassd/>

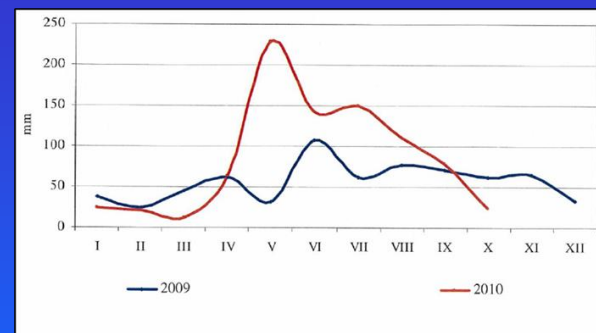
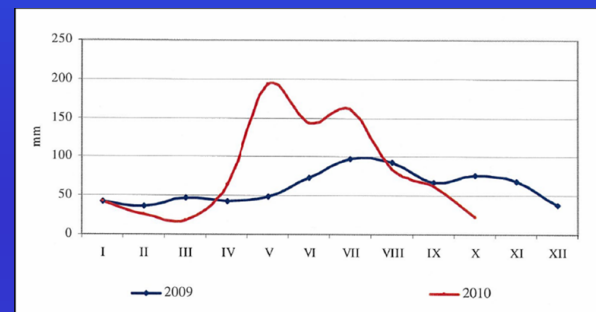


➤ Register svahových deformácií - <https://app.geology.sk/geofond/zosuvy/>

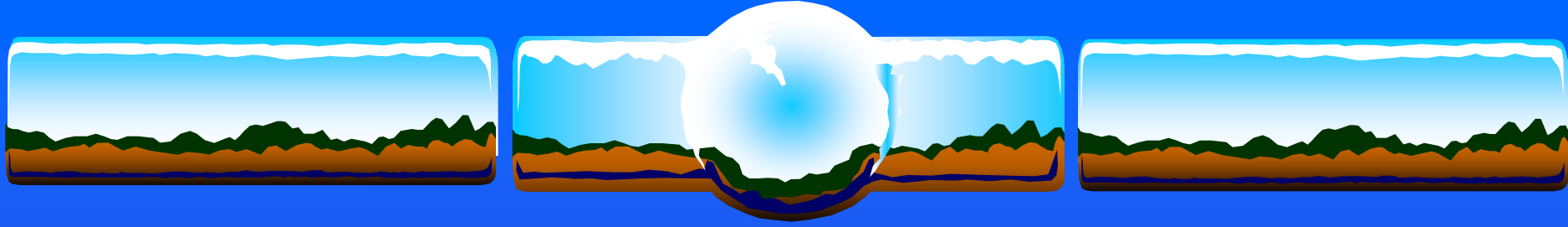


Rok 2010 – Rok zosuvov na Slovensku

- ❖ **577** nových, príp. reaktivizovaných zosuvov o ploche cca 293 ha
- ❖ dlhotrvajúce dažde počas mája a začiatkom júna, (denné úhrny zrážok pohybovali od 25 do 50 mm na celom území Slovenska, no na severe a východe krajiny dosahovali ojedinele až do **80 mm**)
- ❖ najviac postihnutými oblast'ami boli okresy Prešovského a Košického kraja: Prešov, Stará Ľubovňa, Stropkov, Kežmarok, Bardejov, Svidník, Košice – okolie, Košice – mesto, Michalovce, Trebišov, Rožňava, Spišská Nová Ves a Michalovce



Grafické znázornenie mesačných úhrnov zrážok (mm) pre stanicu Prešov a Chmiňany



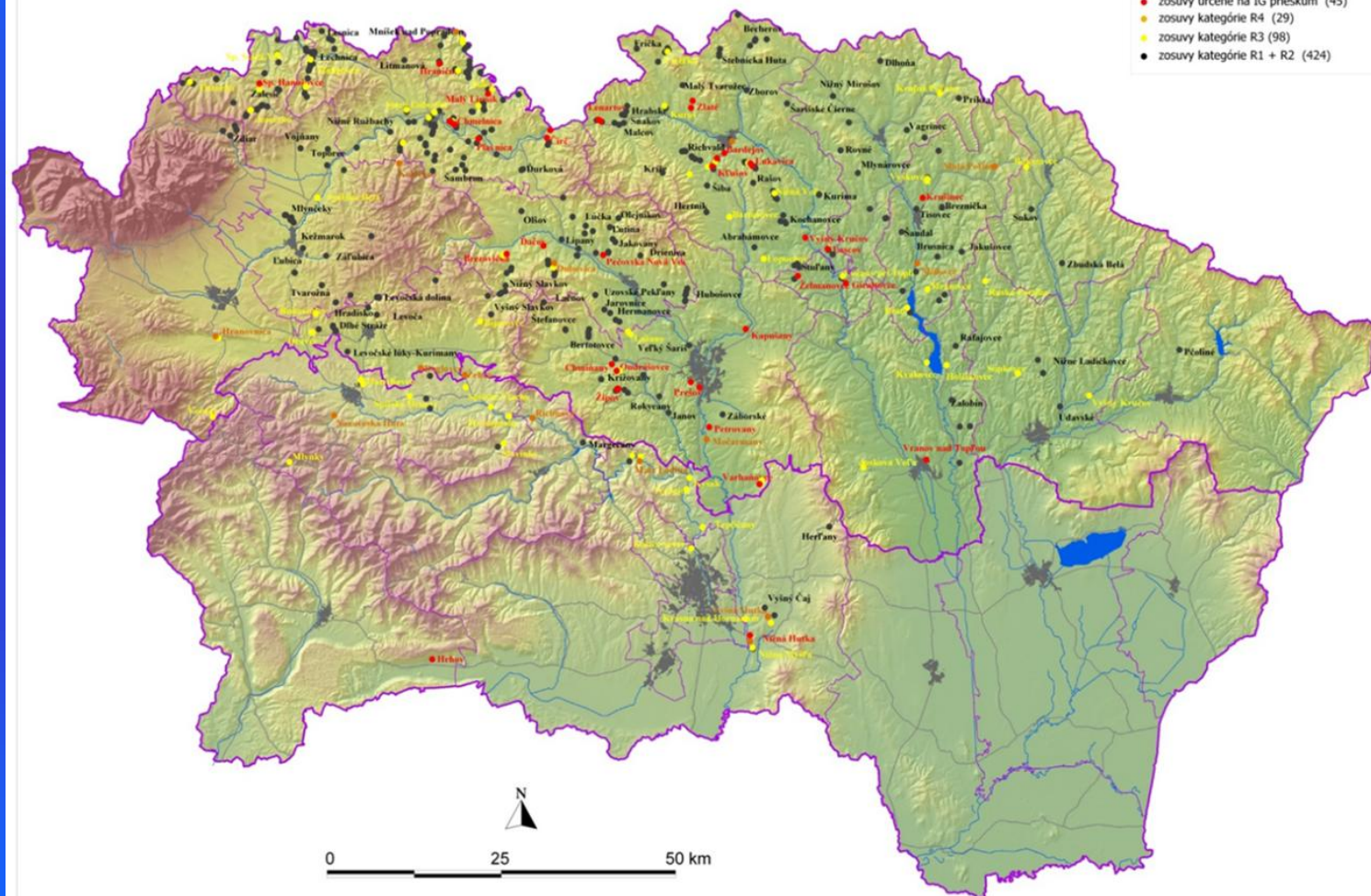
Havarijné zosuvy 2010

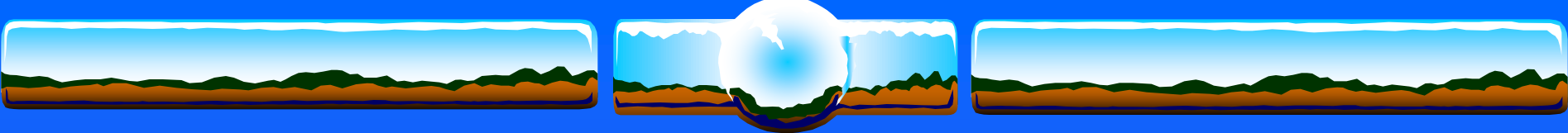
- silno poškodených 136 rodinných domov
- 38 zbúraných a 11 nútene opustených
- v stave ohrozenia bolo cca 400 pozemných stavieb
- porušených bolo 4 232 m úsekov ciest
- ohrozených 17 846 m úsekov ciest a 364 m úsekov železníc



Zosuvy aktivované v r. 2010 v Košickom a Prešovskom kraji stav mapového spracovania zaregistrovaných zosuvov k 29.10.2010 (551 zosuvov)

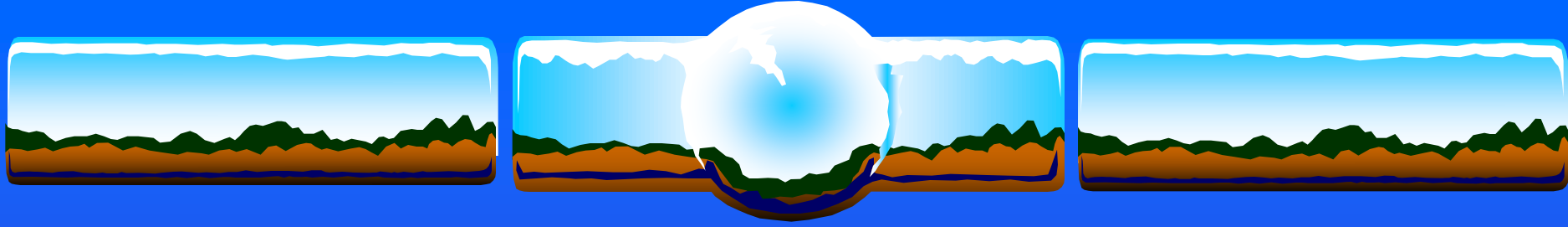
- zosuvy určené na IG prieskum (45)
- zosuvy kategórie R4 (29)
- zosuvy kategórie R3 (98)
- zosuvy kategórie R1 + R2 (424)





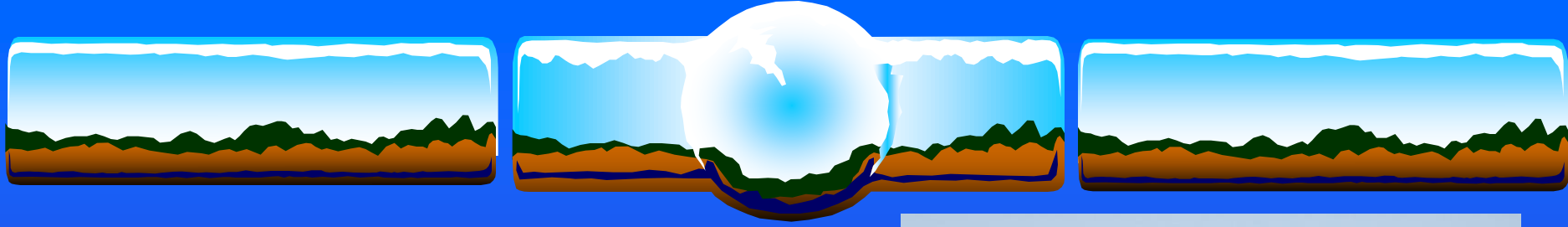
Čo bolo treba okamžite urobiť?

- **Registráciu nových svahových deformácií** - zabezpečovalo Ministerstvo životného prostredia SR prostredníctvom odborníkov zo Štátneho geologického ústavu D. Štúra (od júna 2010).
- **Spoluprácu** Ministerstva životného prostredia SR s Ministerstvom vnútra SR, ktoré vďaka svojim obvodným úradom spolupracujúcim s postihnutými obcami poskytovalo ministerstvu denné hlásenia o vzniknutých zosuvoch a mimoriadnych udalostiach.
- Geológovia tak mohli byť okamžite nasmerovaní do postihnutých obcí, kde okrem samotnej registrácie vzniknutých zosuvov mohli poskytovať obyvateľom cenné rady a odporúčania na svojpomocnú realizáciu **okamžitých protihavarijných opatrení**.
- **Pohotovosť a akcieschopnosť štátnej geologickej služby pomohli zmierniť následky svahových pohybov a znížiť škody na majetku, najmä na rodinných domoch**



Riešené geologické úlohy

- **Registrácia, zhodnotenie a protihavarijné opatrenia na novovzniknutých svahových deformáciách v roku 2010 v Prešovskom a Košickom kraji**
- **Nižná Myšľa – havarijný zosuv**
- **Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov vzniknutých v roku 2010**
- **Sanácia havarijných zosuvov**



Najhoršie havarijné zosuvy

- Nižná Myšľa
- Kapušany
- Prešov - zosuv na Horárskej ulici
 - zosuv Pod Wilec hôrkou
- Nižná a Vyšná Hutka
- Vyšný Čaj
- Varhaňovce
- Dačov
- Šenkvice
- Prievidza

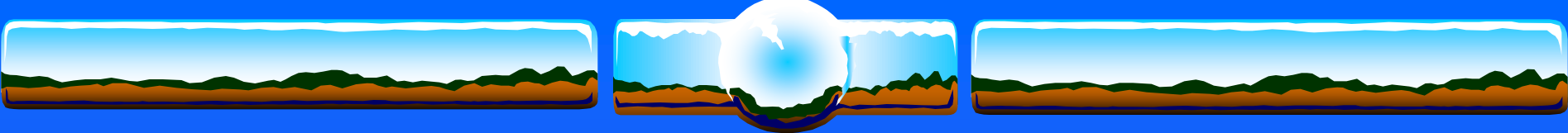




Okamžité protihavarijné opatrenia

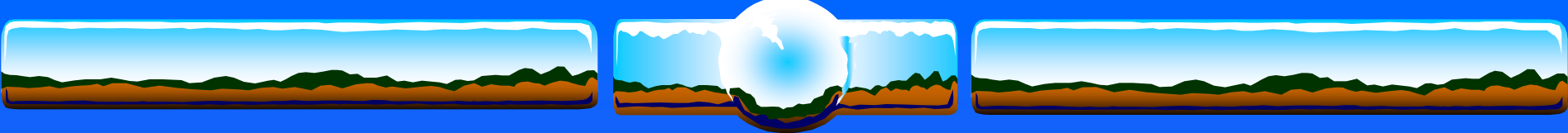
Okamžité protihavarijné opatrenia zahrňajú:

- **terénne úpravy** (napr. tesnenie otvorených trhlín ílom, príp. prekrytie trhlín nepriepustnou fóliou na zamedzenie vsakovania povrchových vôd),
- **znižovanie hladiny podzemnej vody** čerpaním vody zo studní,
- **odvodnenie** bezodtokových depresí,
- **podpovrchové odvodnenie drenážnymi rebrami**,
- **povrchové odvodnenie rigolmi**,
- **príťaženie päty zosuvného svahu** zaťažovacou lavicou a pod.



Sanačné práce

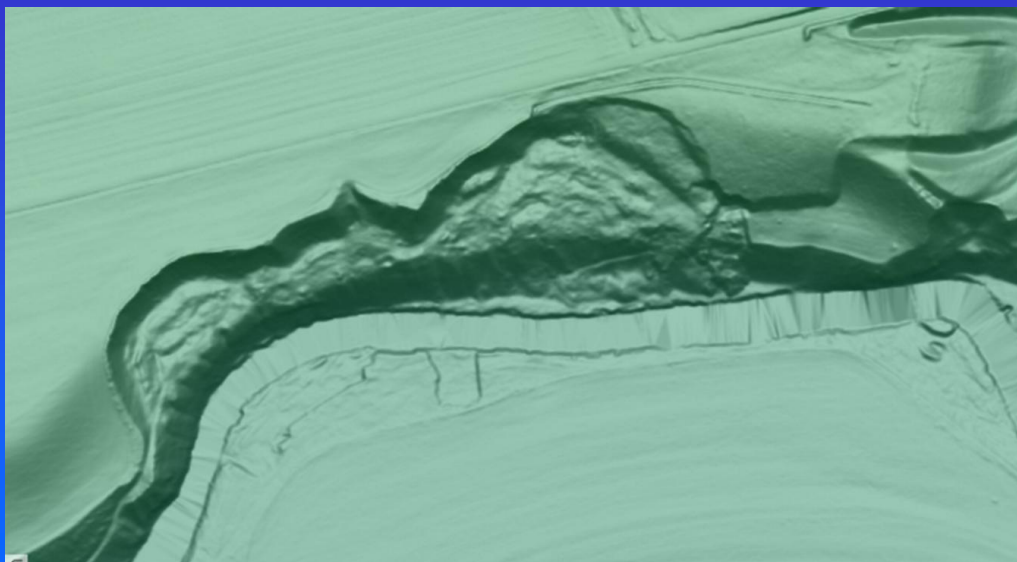
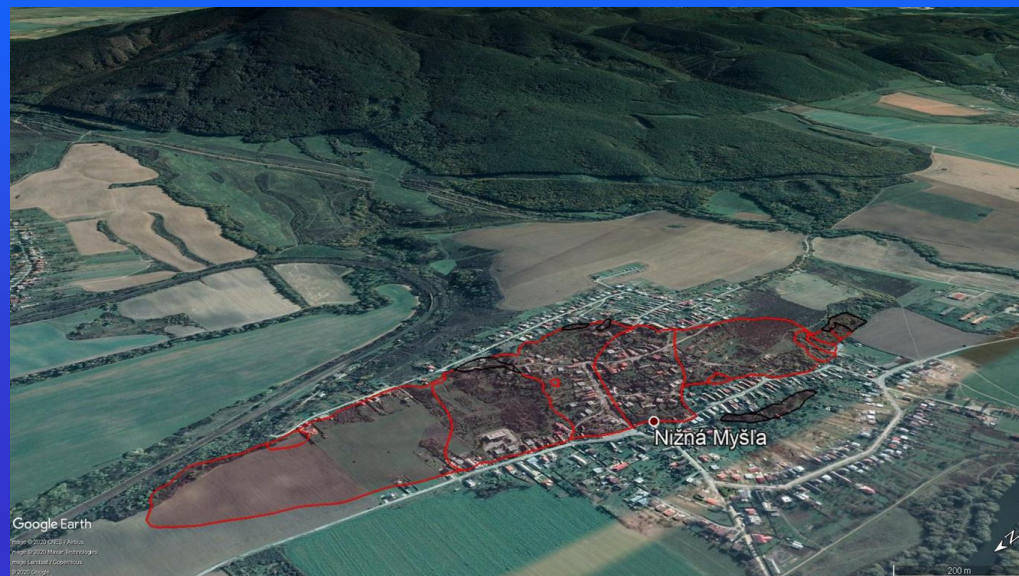
- **Definitívne sanačné opatrenia** sa realizujú po dôkladnej príprave s cieľom zabezpečiť trvalú stabilizáciu zosuvného územia.
- Zahŕňajú:
 - **úpravu tvaru svahu,**
 - **povrchové a hĺbkové odvodnenie zosuvného územia,**
 - **technické stabilizačné opatrenia – gabiónové múry, kotvené pilótové a mikropilótové steny, oporné múry a iné špeciálne sanačné prvky.**
- **Povrchové odvodnenie** územia sa zabezpečuje povrchovými odvodňovacími rigolmi a priekopami.
- **Hĺbkové odvodnenie** zosuvného územia sa zabezpečuje **subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi**, niekedy v kombinácii so vsakovacími vrtmi alebo štrkovými stenami.
- Za účelom odvodnenia a stabilizácie niektorých častí zosuvného svahu sa budujú aj **stabilizačno-drenážne rebrá.**
- Poslednú etapu sanačných prác tvorí rekultivácia porušeného územia a obnova porastu zatrávnením, príp. zalesnením s použitím vhodných druhov rastlín, krovín a stromov.

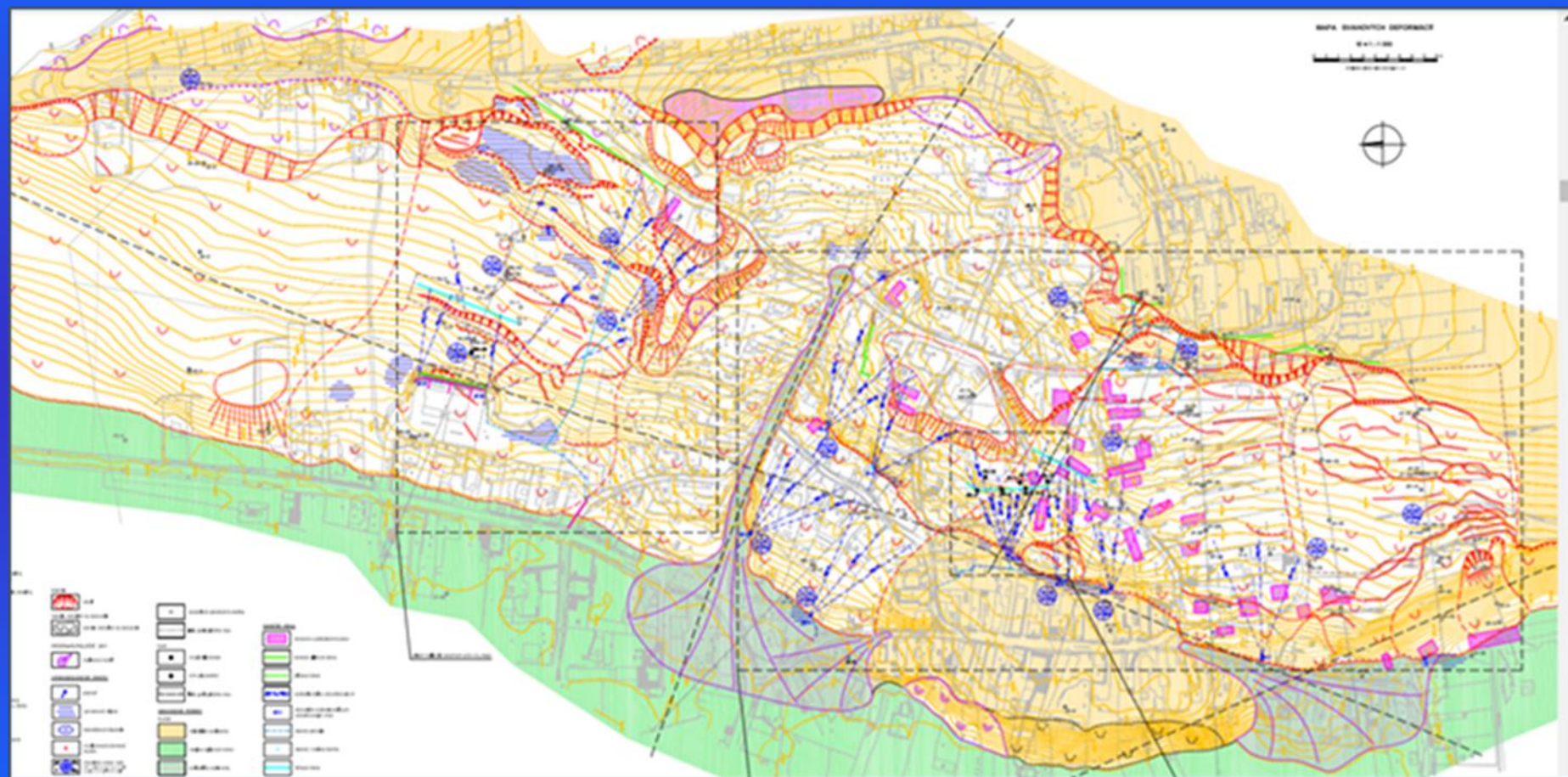


Zosuv Nižná Myšľa

- Dňa **4.6. 2010** v **nočných hodinách** došlo v tejto obci k vzniku katastrofálneho zosuvu s ničivými následkami, ktoré ohrozili životy obyvateľov a spôsobili závažné majetkové škody.
- Zosuv má rozmery cca 1500 x 500 m a stále nie je stabilizovaný.
- Poškodil **40 domov**, z ktorých **16** malo úplne narušenú statiku a stali sa neobývatelnými.
- Porušené boli tiež inžinierske siete – vodovod, plynovod, kanalizácia a elektrická sieť, čo spôsobilo vylúčenie obyvateľnosti vo viac ako 50 domoch.
- Evakuovaných bolo **144 osôb**.

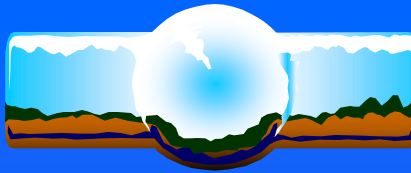
Zosuv Nižná Myšľa

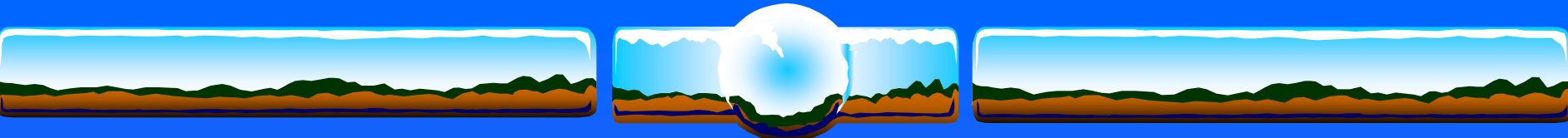


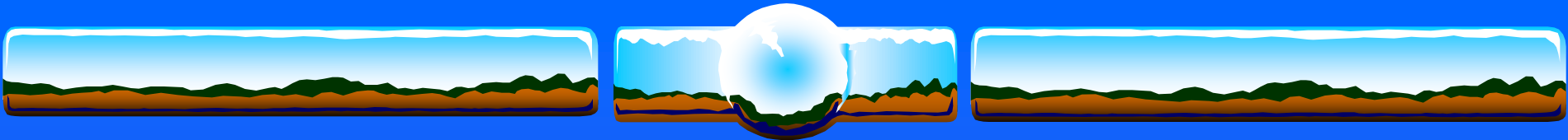


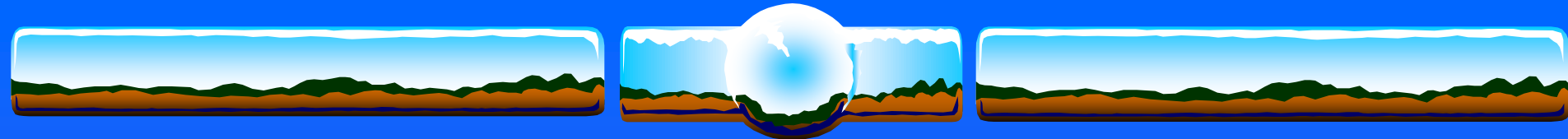
Zosuv Nižná Myšľa

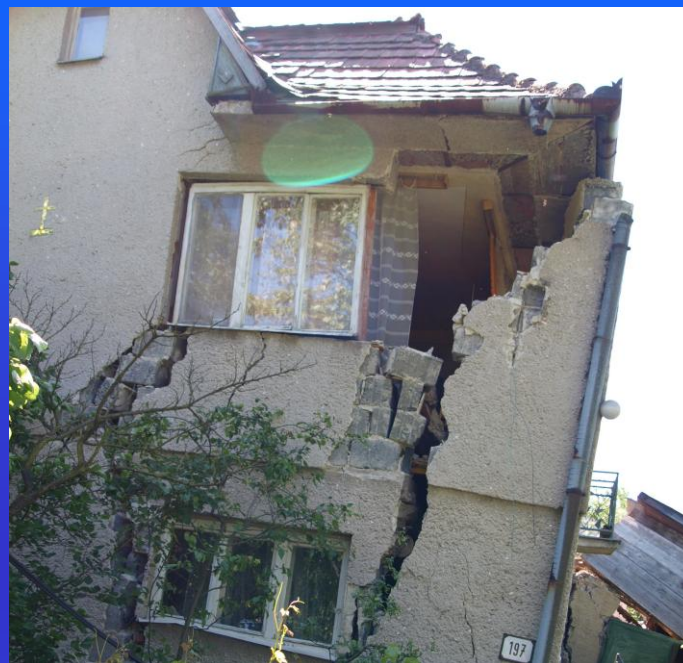


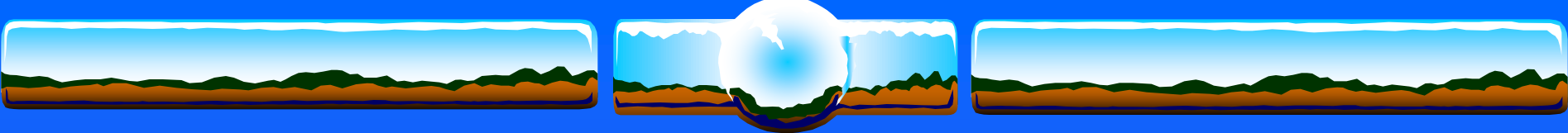










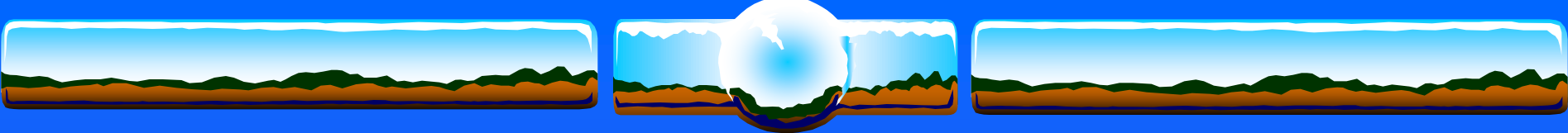


Dočasné kontajnerové domy



IG prieskum





Zosuv Nižná Myšľa – sanačné práce

Na zabezpečenie stability bolo nevyhnutné realizovať 3 etapy sanačných prác:

- desiatky 100 – 150 dlhých subhorizontálnych odvodňovacích vrtov (niekoľko vejárov rozmiestnených po celej obci),
- pilótové steny (časť z nich kotvených),
- zárubné múry,
- vybudovanie komplexného systému povrchového odvodnenia a obnova inžinierskych sietí.
- Pre potreby monitoringu bolo potrebné budovať monitorovaciu sieť.
- Náklady na uvedené práce boli vyčíslené na cca **5 mil. eur**.
- Skutočné náklady: **5 635 554 eur**

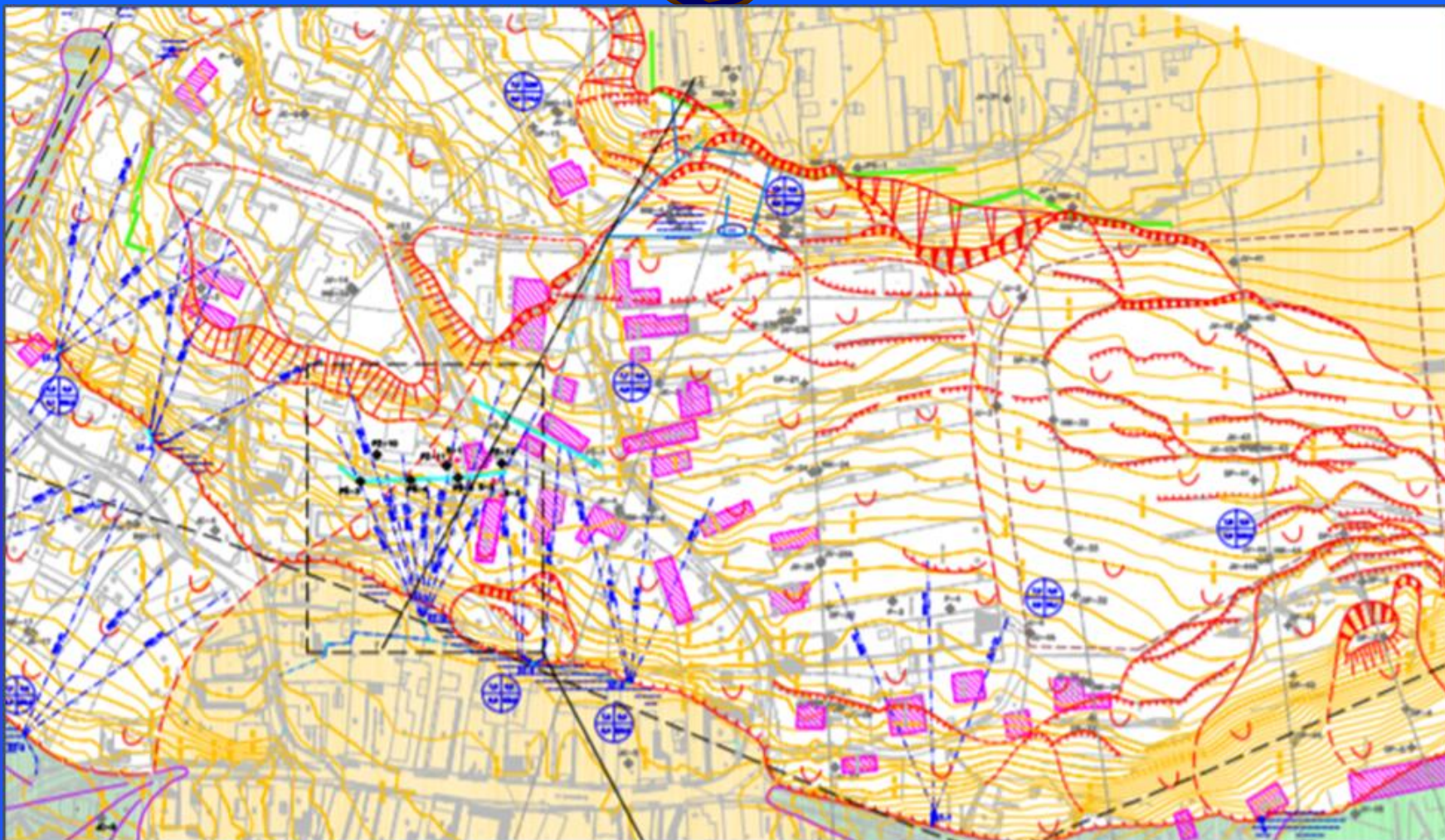
záchranné práce – 1 200 525,00 €

prieskum a protihavarijné opatrenia – 119 000,00 €

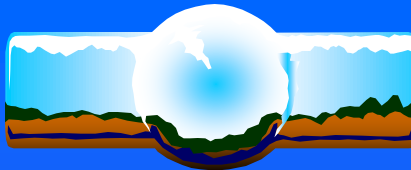
1. etapa sanácie – 2 613 639,00 €

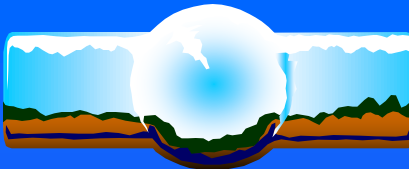
2. etapa sanácie – 1 239 471,00 €

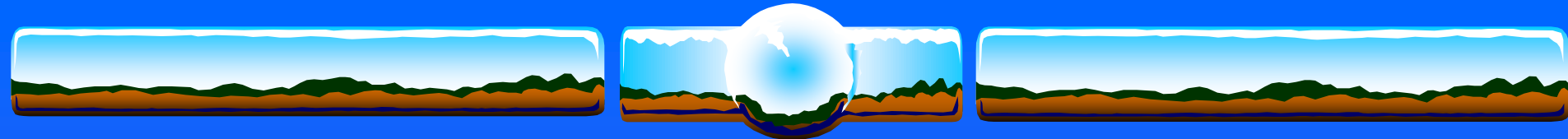
3. etapa sanácie – 462 919,00 €

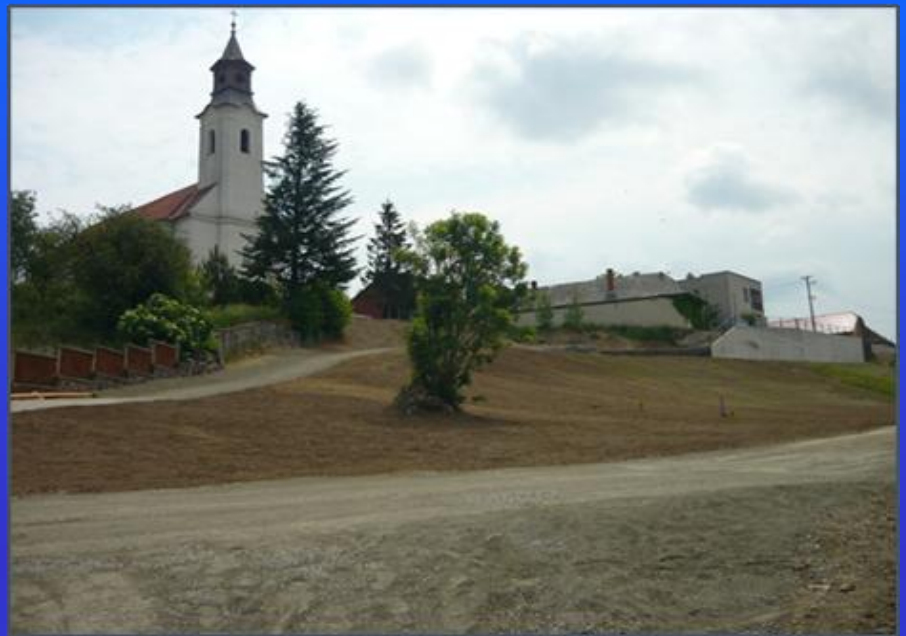


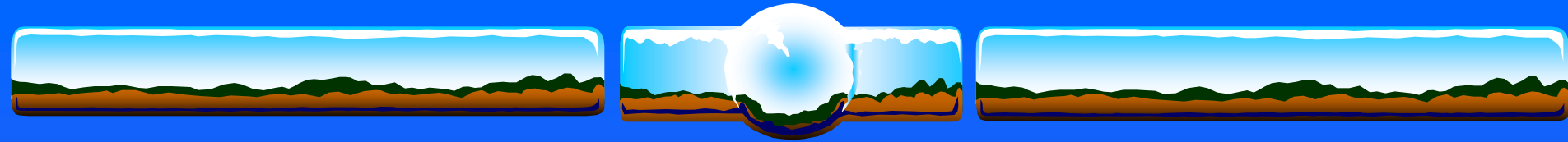
Z detailu mapy svahových deformácií je zrejmý počet porušených rodinných domov (ružová šrafa) a rozsah podpovrchového odvodnenia subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi (modré vejáre) (Zdroj: Sláma, Gomolčák, 2015)









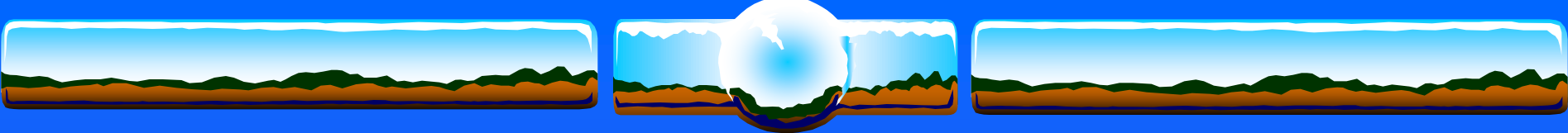


Prešov – Horárska ul.



Prešov – Horárska ul.





Prešov – Horárska ul. – odtrhová zóna v lese



Prešov – Horárska ul.



Prešov – Pod Wilec hôrkou



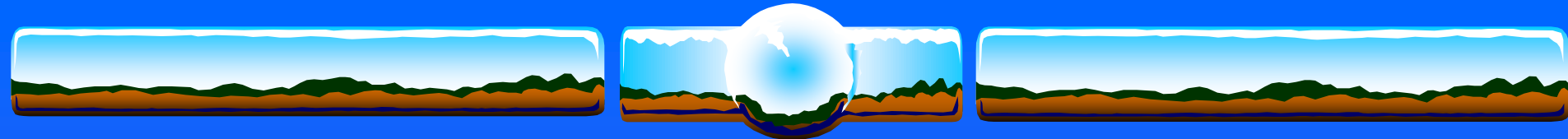
Prešov- Pod Wilec hôrkou – dom s porušenou statikou



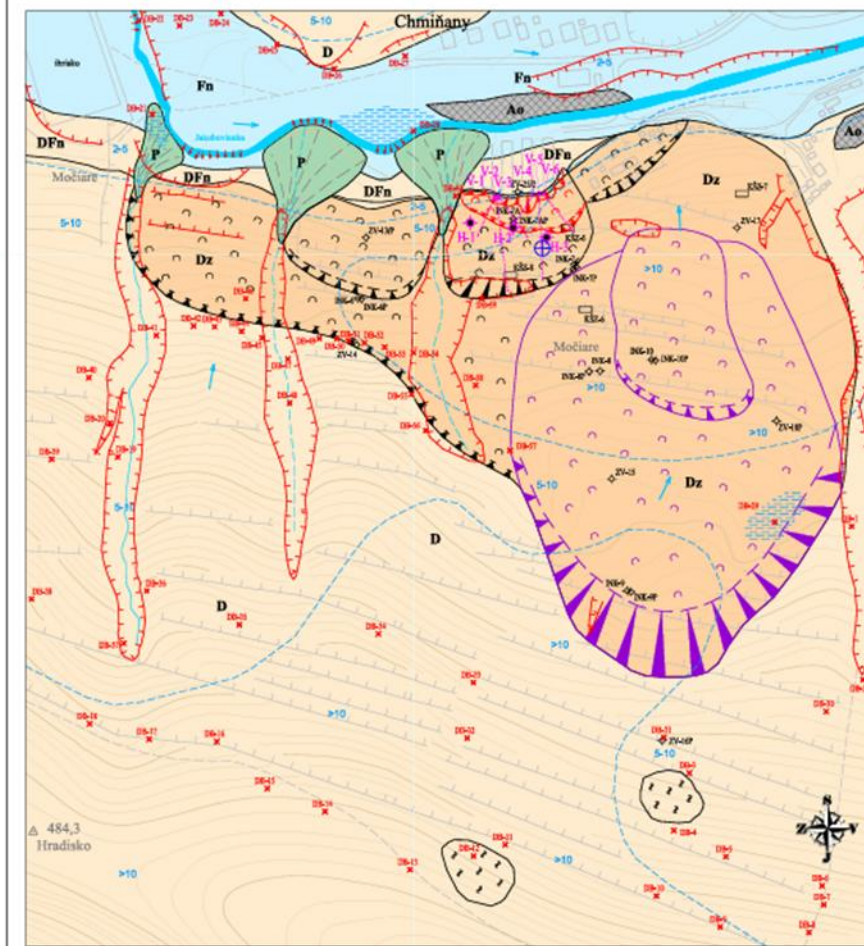


Zosuv Chmiňany – 2007





ÚČELOVÁ INŽINIERSKOGEOLOGICKÁ MAPA
M 1 : 2 000



VYSVETLIVKY:

Zoznam rájónov:

- F_n** – rájón náplavov nížinných tokov
- P** – rájón prokuválnych kužeľov a plášťov
- D** – rájón deluválnych sedimentov
- D_z** – rájón zosuvných odŕôv
- A_o** – rájón navážok odpadů
- DF_n** – rájón deluválnych sedimentov na náplavoch nížinných tokov

Erózia a náchýlnosť územia na zosúvanie

- bočná erózia potoka
- erózia ryhu (roklina)
- povrchové plazenie pokryvných útvarov
- smer zosúvania
- odŕňová hrana potenciálneho zosuvu
- odŕňová hrana aktívneho zosuvu
- odŕňová hrana stabilizovaného zosuvu

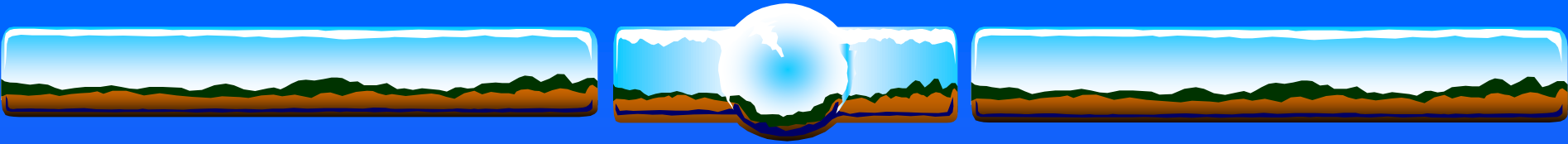
Hydrogeologické pomery

- izolinie hĺbok hladiny podzemnej vody
- hĺbka hladiny podzemnej vody
- smer prúdenia podzemnej vody
- agresivita podzemnej vody
- zamokrenie

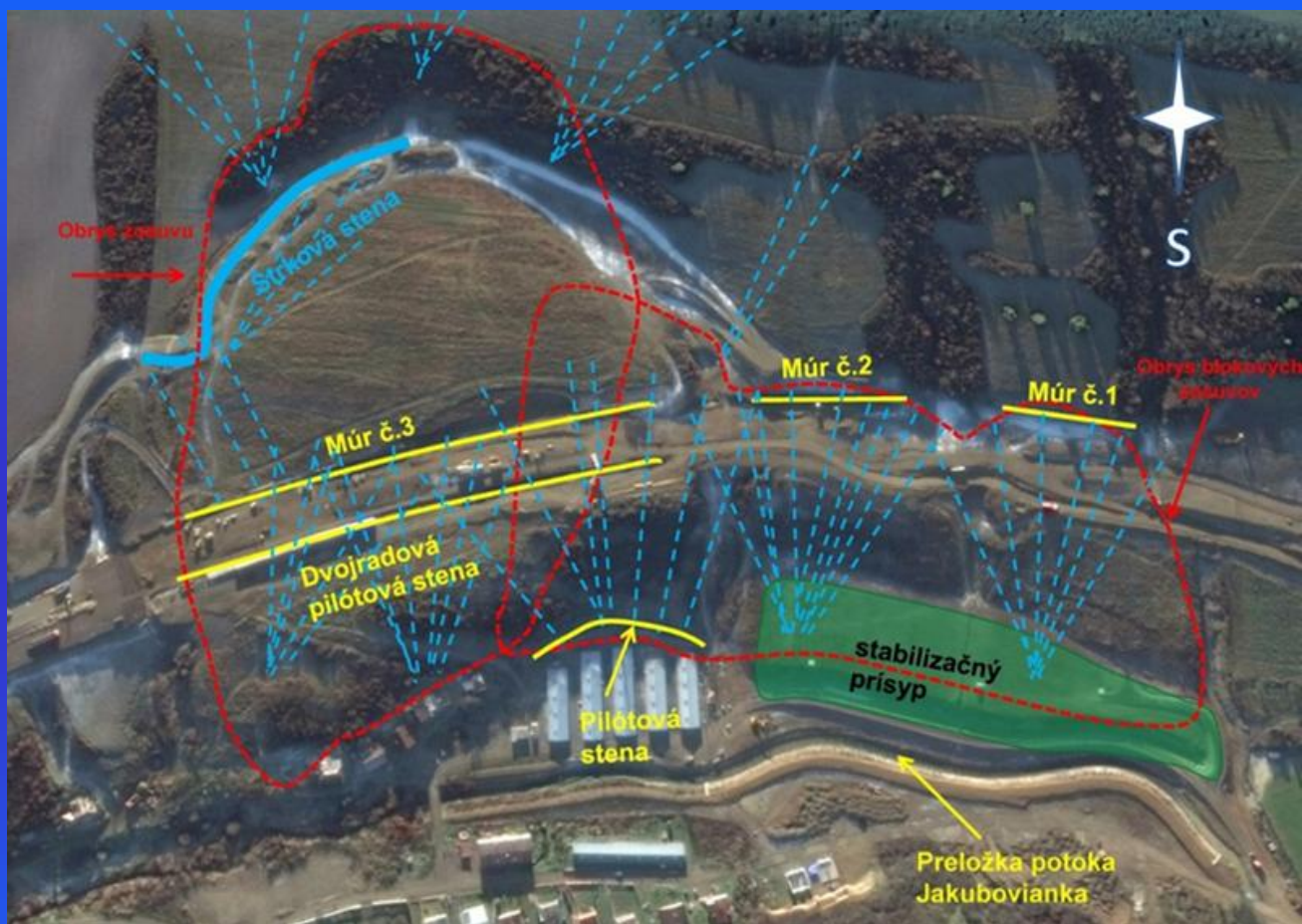
Dokumentačné značky

- D_z** – označenie inžinierskogeologického rájónu
- hranica inžinierskogeologického rájónu
- dokumentačný bod
- vrt, realizovaný v rámci dielky
- archimédov vrt
- horizontálny prieskumnosonárny vrt
- archimédovská kopaná sonda

Návrh dielky:	Chmiňany - ľavý breh točiny	
Číslo dielky:	Kontroloval:	Číslo pečišťa:
881/2009		8







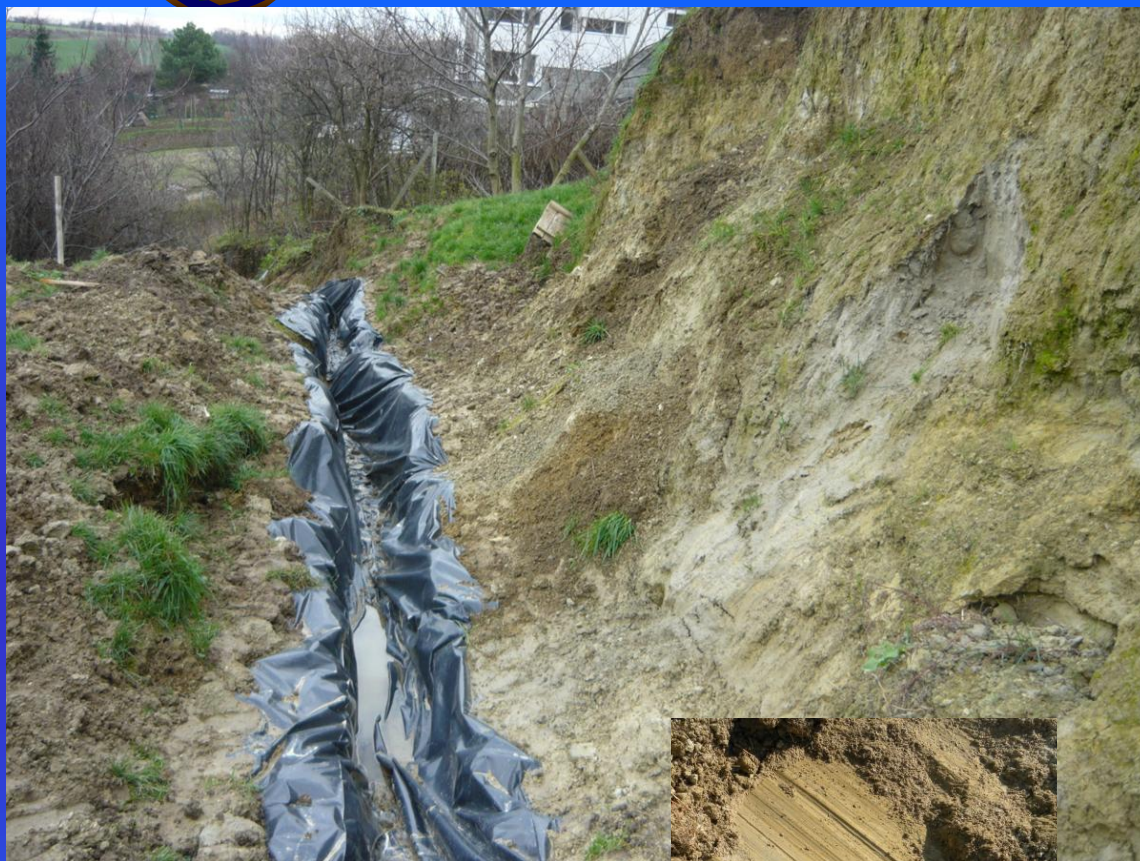
Situácia kombinácie sanačných opatrení na zosuve „Chmiňany“
 (modrou čiarou sú vyznačené vejáre subhorizontálnych
 odvodňovacích vrtov) (Kopecký, 2015)

Šenkvice – jún 2010

- Havarijný zosuv vznikol v roku 2010 v dôsledku nepriaznivých klimatických pomerov (zvýšené úhrny zrážok) a čiastočne aj v dôsledku antropogénnych príčin (nesprávne odvedenie zrážkových vôd a vypúšťanie splaškových vôd do svahu), čo spôsobilo podmáčanie svahu pod rodinnými domami.
- Zosuv mal výraznú odlučnú stenu s výškou niekoľkých metrov a ohrozoval stabilitu dvoch rodinných domov na Ružovej ulici.



Šmyková plocha zosuvu



Šenkvice – príprava na vodorovné vrty a budovanie kotveného gabionového múra



Zosuv v Šenkviciach po ukončení sanácie



Cena sanačných prác: cca 230 tis. eur

Krupina – február 2011

- Havarijný zosuv v Krupine v lokalite Nad Kotleom vznikol v dôsledku nepriaznivých klimatických pomerov – extrémnych zrážok v roku 2010.
- V roku 2011 sa tento zosuv znovu aktivizoval.
- Zosuv bezprostredne ohrozoval rodinný dom a ďalšie objekty.



Krupina – máj 2011 - drenážne rebro

- V roku 2011 boli v rámci okamžitých protihavarijných opatrení na porušenom svahu vybudované 2 drenážno-stabilizačné rebrá za účelom odvedenia povrchových a podzemných vôd mimo zosuvné územie.
- V roku 2012 boli vybudované ďalšie sanačné objekty -dva zárubné múry drôteno-kamen-ným gabiónovým systémom s celkovou dĺžkou 29,2 m a výškou 2 až 3 m.
- Povrchové vody sú zachytené a odvedené mimo zosuvné územie povrchovým rigolom.



Krupina – drenážno stabilizačné rebrá



Krupina – svah po úprave



Krupina – povrchové odvodnenie



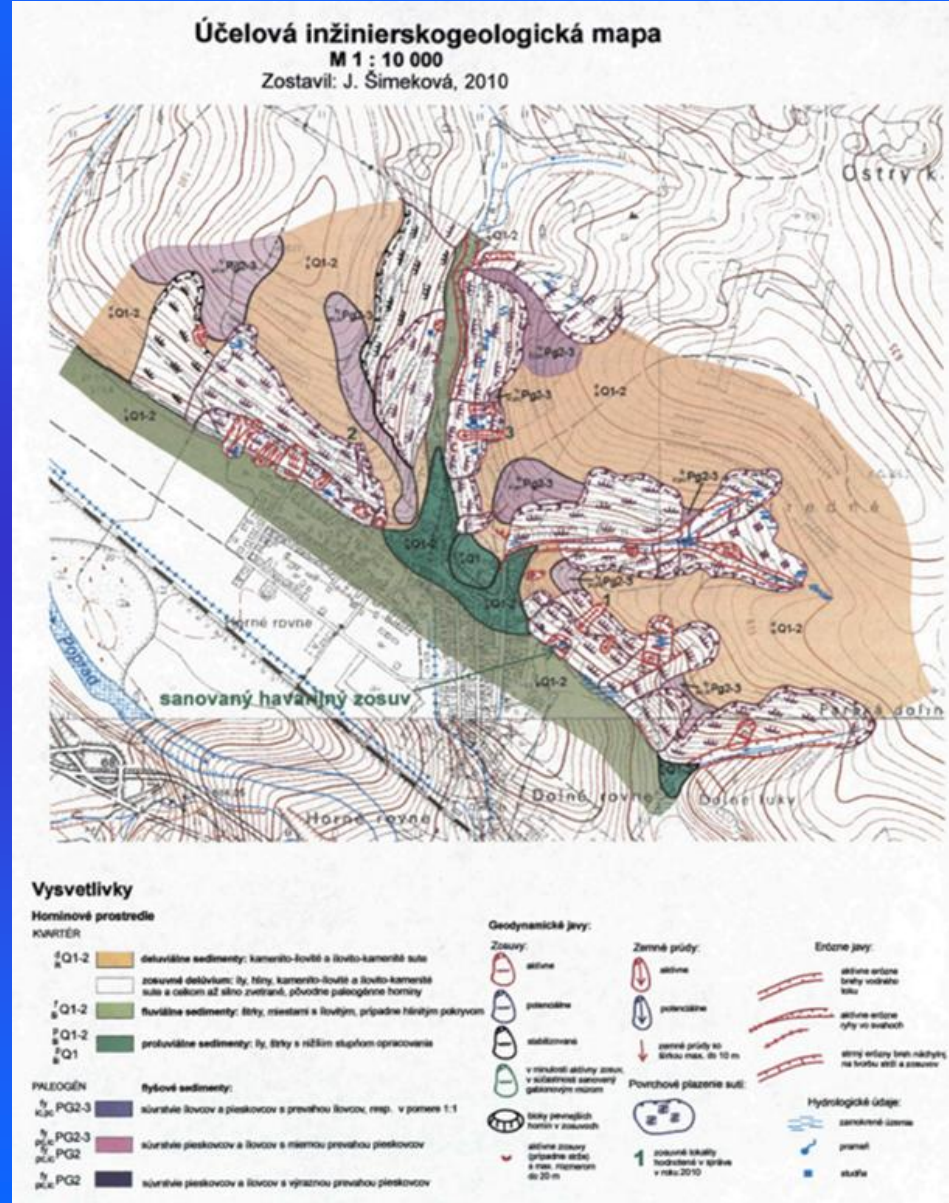
Krupina – svah pred sanáciou a po sanácii



Cena prieskumných a sanačných prác: cca 60 tis. eur

Chmeľnica

- Začiatkom júna 2010 vplyvom extrémne výdatných zrážok vzniklo v obci Chmeľnica 18 zosuvov a zemných prúdov.
- Jeden z najvážnejších zosuvov v tejto lokalite spôsobil zosunutie časti cintorína a predstavoval tak vážny problém spojený s nutnosťou exhumácie





Chmel'nica



Cena sanačných prác: 36tis. eur.



Kapušany – Pod hradom

- Havarijný zosuv v obci Kapušany v lokalite Pod hradom vznikol v dôsledku dlhodobých intenzívnych zrážok v roku 2010.
- V dôsledku rozsiahlej svahovej deformácie vznikli veľké majetkové škody – 20 rodinných domov bolo značne poškodených, z nich 7 sa muselo zbúrať.



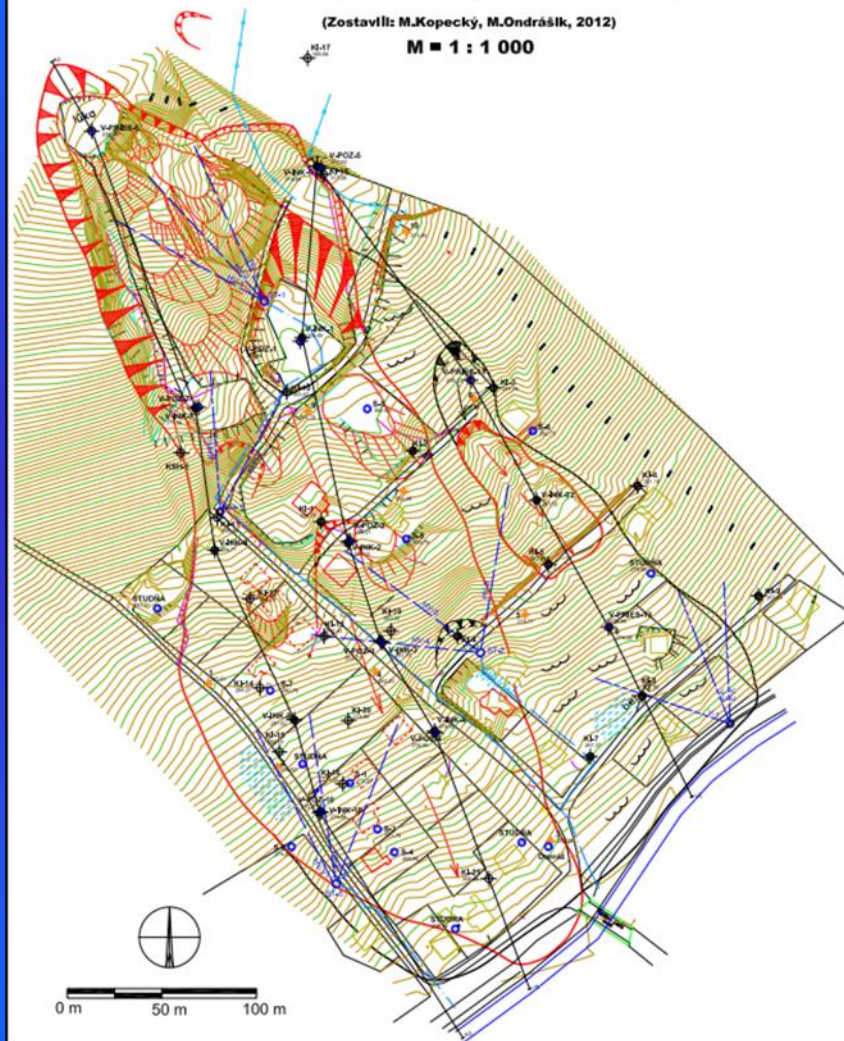
Kapušany jún 2010 – dnes už zbúraný dom



Mapa svahových deformácií

(Zostavili: M.Kopecký, M.Ondrášik, 2012)

M = 1 : 1 000



Vysvetlivky

I. Svahové deformácie



II. Hydrogeologické pomery



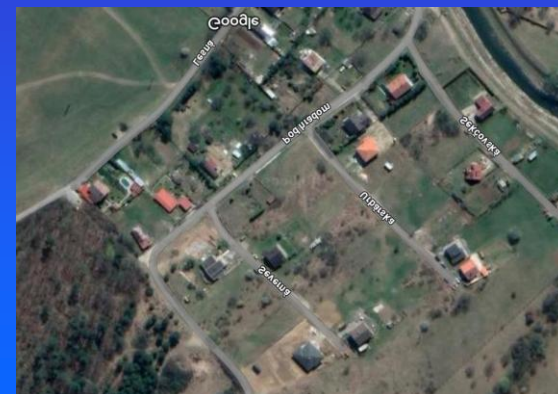
III. Prieskumné práce a prvky monitorovacej siete



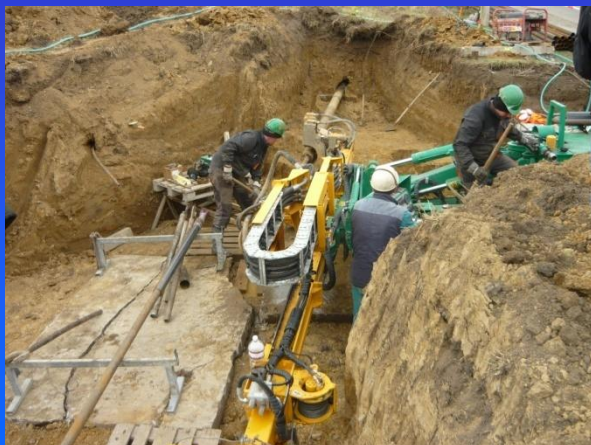
IV. Iné

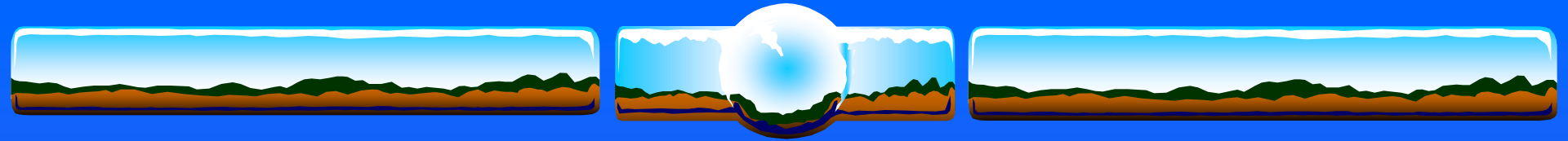


Zhotoviteľ: ENVIGO a.s. Križová 2 975 90 Banská Bystrica			
Objednávateľ: Obec Kapušany Hlavná 1048 052 12 Kapušany			
Úloha: SANÁCIA HAVARIEJNEHO ZOSUVU V OBCI KAPUŠANY - 1. ETAPA			
Mapa svahových deformácií			
Autka	M.Kopecký, M.Ondrášik	M.Kopecký	81
Stav	Na číslu	Stav	marec 2012
Geografická súprava	M.Kopecký	M.Kopecký	1 : 1 000



Kapušany

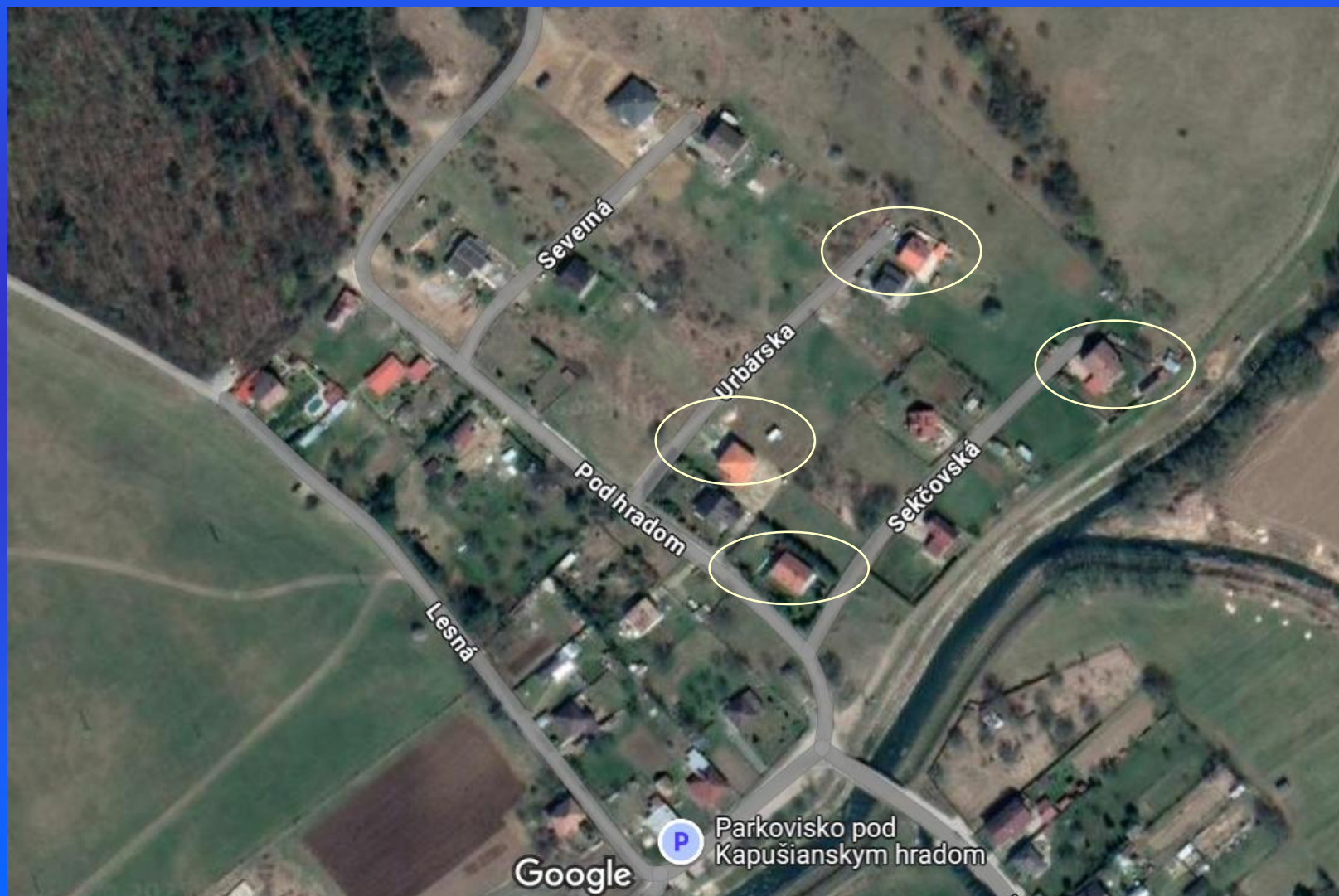




Sanačné práce

- realizácia subhorizontálnych odvodňovacích vrtov s celkovou dĺžkou min. 320 m,
- vybudovanie zbernej kanalizácie – rúrového vedenia s dĺžkou min. 170 m,
- vybudovanie zabezpečených (uzamykateľných) kontrolných šácht s vyústením subhorizontálnych vrtov pre umiestnenie prietokomerov na kontinuálne meranie prietoku z vyústenia subhorizontálnych vrtov (4 ks),
- vybudovanie drenážno-stabilizačných rebier s dĺžkou min. 36 m,
- vybudovanie odvodňovacieho rigolu z betónových žľaboviek s dĺžkou min. 100 m,
- vybudovanie nespevneného odvodňovacieho rigolu s hĺbkovým drenážnym prvkom, s dĺžkou min. 100 m (pri odvodňovacích rigoloch musí byť zabezpečené ich vybudovanie takým spôsobom, aby nedochádzalo k priesakom odvádzaných vôd do telesa zosuvu (sklon, utesnenie)),
- úprava povrchu terénu - svahovanie s plochou min. 900 m²,
- zatrávnenie min. 400 m², likvidácia pracoviska a dočasných objektov.
- Cena sanačných prác: 680 tis. eur.

Nové domy v zosuvnom území !!!



Vinohrady nad Váhom – 2010 - 2011

- Počas rokov 2010 – 2011 v dôsledku zvýšených zrážok a čiastočne z antropogénnych príčin (podmáčanie územia zo susedného radu rodinných domov bez kanalizácie, pritlačenie hrany svahu navážkami) došlo v obci Vinohrady nad Váhom k aktivizácii rozsiahleho potenciálneho zosuvného územia na kontakte svahov Nitrianskej pahorkatiny s aluviálnou nivou Váhu.
- Zosuv porušil základy jedného rodinného domu a v širšom okolí zosuvného územia bola silne poškodená komunikácia.



Cena sanácie: cca 100 tis. eur

Vinohrady nad Váhom – 2010 - 2011

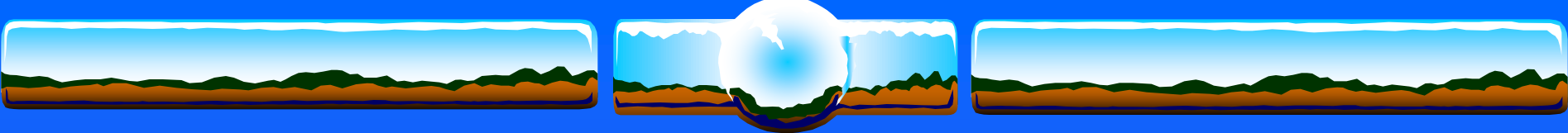


Zosuv Banka - 2014

- Bezprostrednou príčinou vzniku havarijného zosuvu bolo extrémne nahromadenie podzemnej vody vo svahu, čo viedlo k výraznému zníženiu šmykovej pevnosti zemín a k zmene konzistencie sprašových sedimentov.
- Odlučná stena aktívneho zosuvu bola vysoká 3 – 4 m.
- Zosuv za krátky čas dosiahol dĺžku 57 m, šírku v transportačnej časti 12 až 15 m a v čele zosuvu približne 15 až 35 m.
- Zosuv prehradil miestnu komunikáciu do chatovej oblasti, úplne zamedzil prístup k chatám a hotelom v okolí a ohrozil štátnu cestu č. 507 Piešťany – Hlohovec.







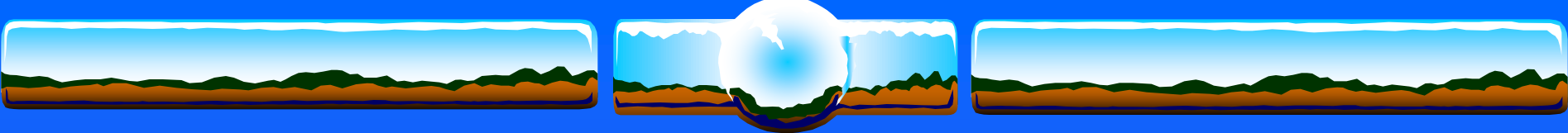
Sanácia zosuvu

Cieľom sanácie bola stabilizácia zosuvu, spriechodnenie komunikácie a eliminácia ohrozenia frekventovanej štátnej cesty.

Bezprostredne po realizácii inžinierskogeologického prieskumu sa pristúpilo k sanácii porušeného územia, v rámci ktorej boli vybudované nasledujúce sanačné prvky:

- tri drenážno-stabilizačné rebrá o celkovej dĺžke 61,7 m a hĺbke 1,2 – 2 m,
- mikropilótové pole pozostávajúce z 11 ks mikropilót so spriahnutými hlavami o celkovej dĺžke 77 m,
- dva gabiónové múry o celkovej dĺžke 43 m a výške 2 m,
- násypy a zásypy z lomového kameňa,
- rozsiahle úpravy svahov.

Cena sanácie: cca 50 tis. eur



Sanovaný svah



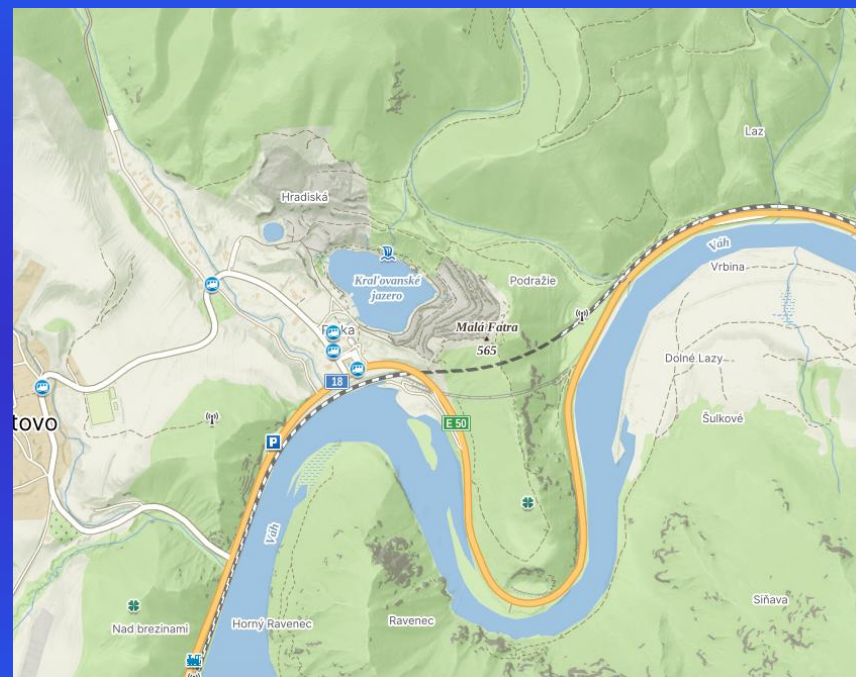


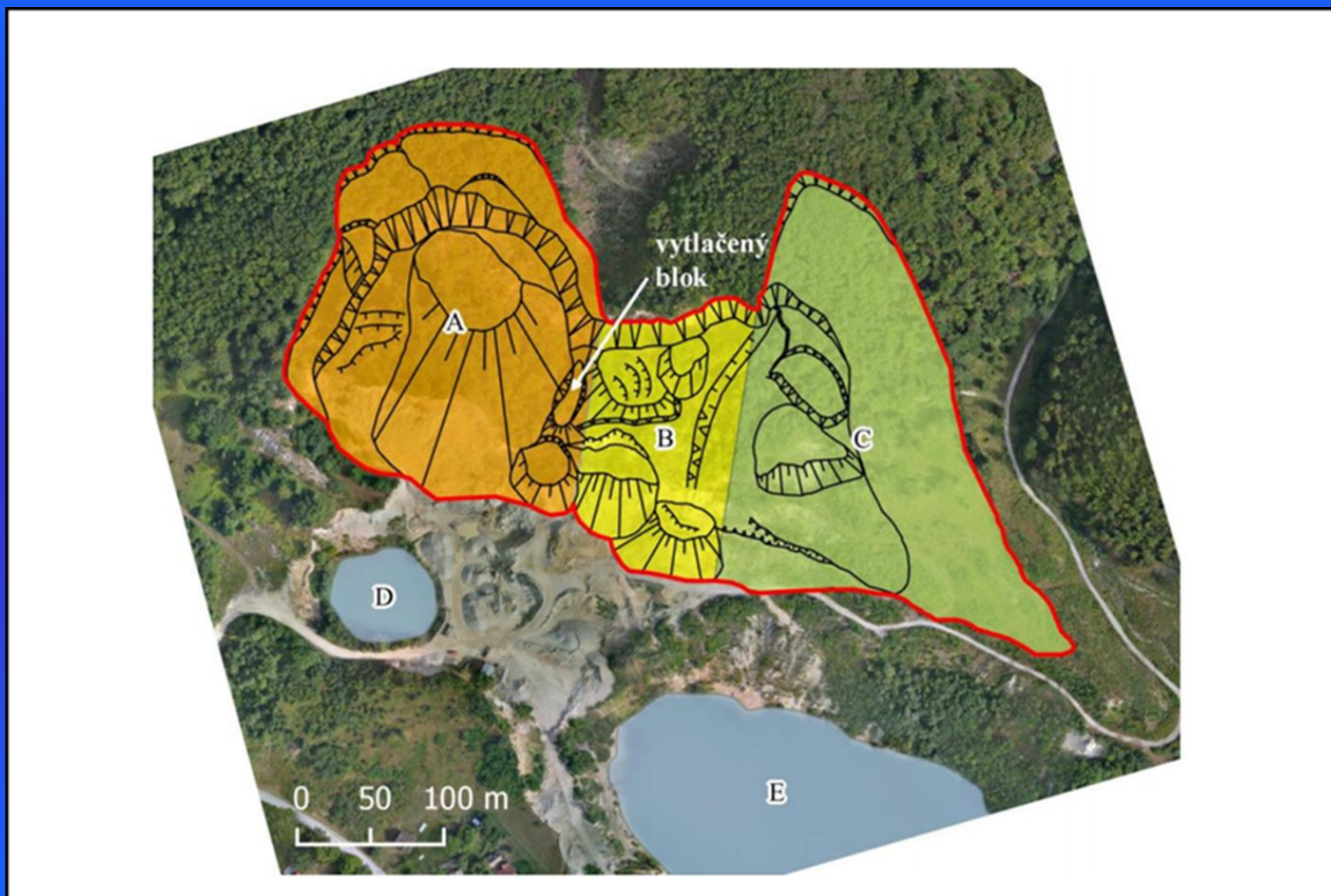
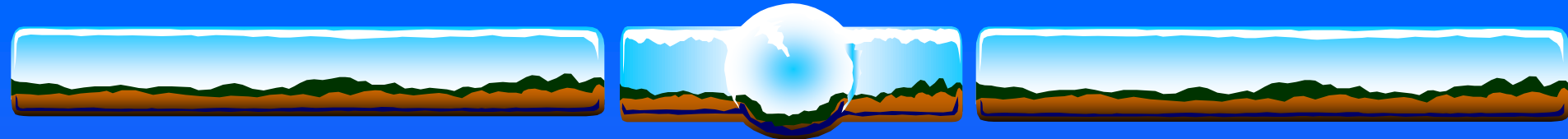
Zosuv Kral'ovany – marec 2013



- Havarijný skalný zosuv sa aktivizoval v **marci 2013** v katastri obce Kľačany v oblasti lomu na wettersteinské dolomity a gutensteinské vápence.
- Z hľadiska intenzity porušenia svahu ide o výnimočný aktívny skalný zosuv v podmienkach SR.
- Objem zosuvných mas prekračuje **2 000 000 m³**, celková plocha zosuvu je 96 952 m², plocha aktívneho zosuvu je 59 070 m².
- Maximálny pohyb na zosuve pri jeho vzniku v marci 2013 bol odhadnutý na **43 m**.
- Zosuv predstavuje riziko ako pre pracovníkov v lome, tak aj pre rekreantov, ktorí najmä v letnom období navštevujú „Veľké jazero“ a tiež pre okolitú infraštruktúru.

Zosuv Kľačany

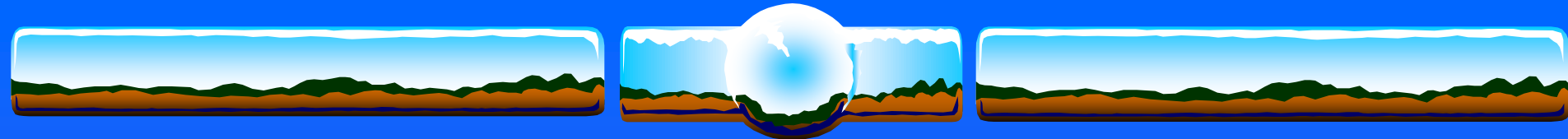




Zdroj: Kopecký, 2022

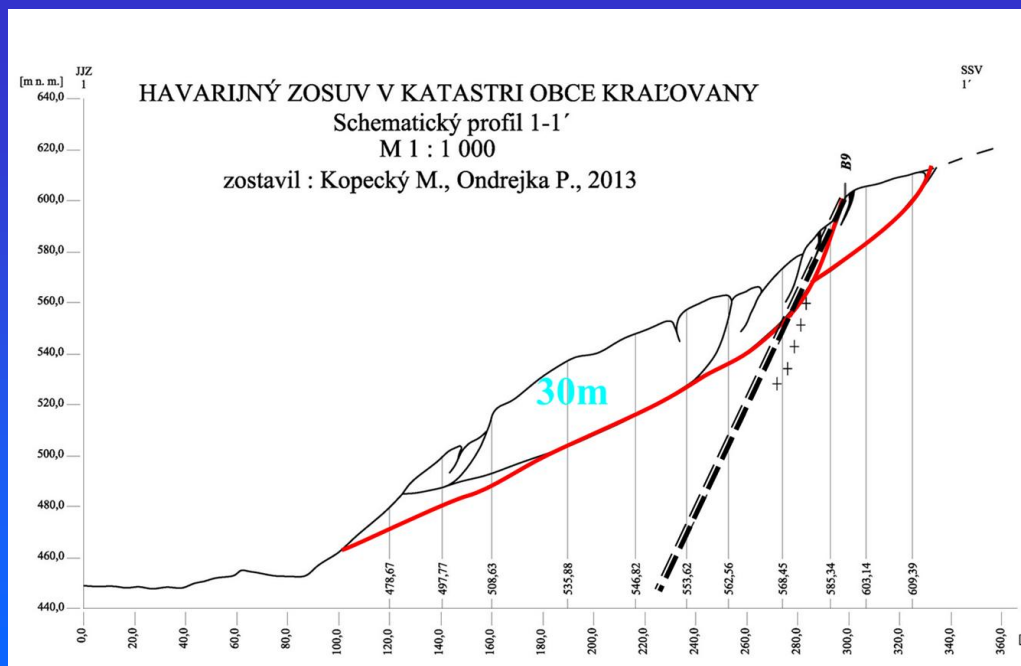
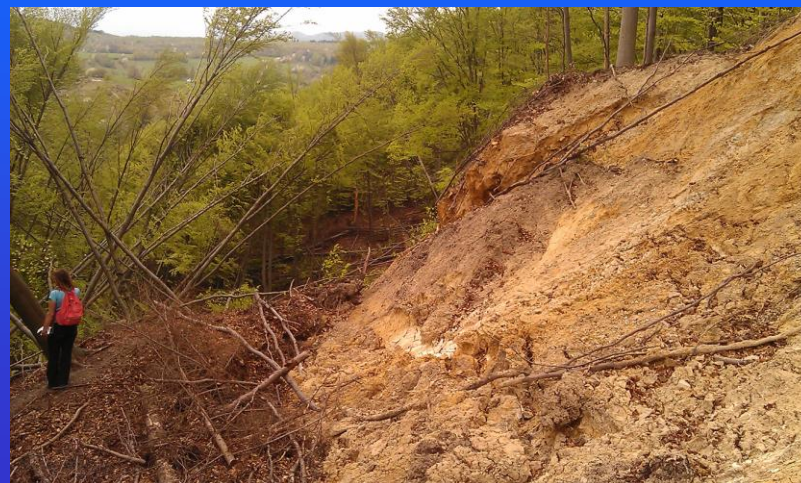
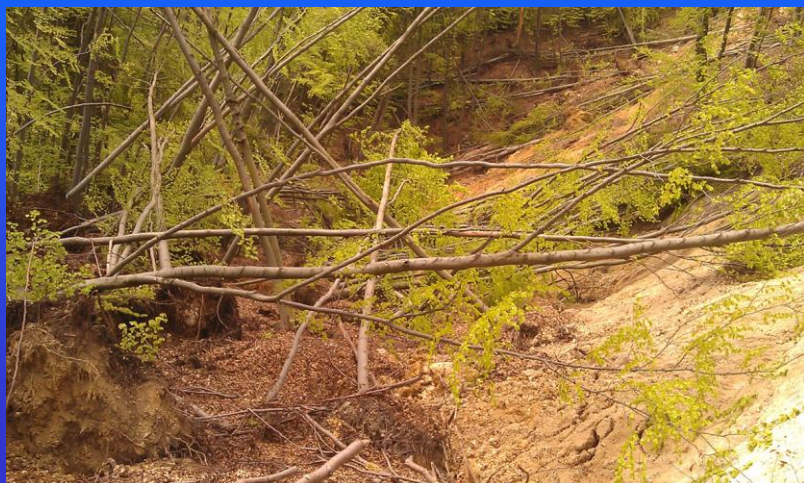
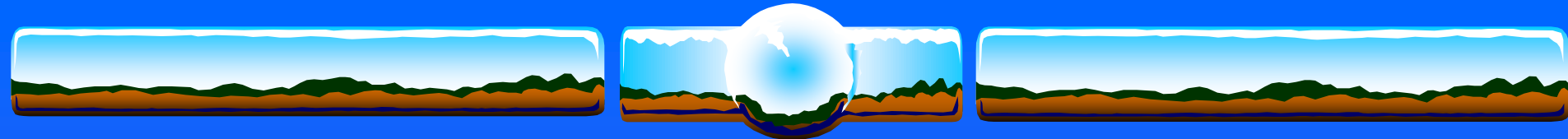
Projektovaná línia D1 Turany – Hubová





Odlučná hrana zosuvu





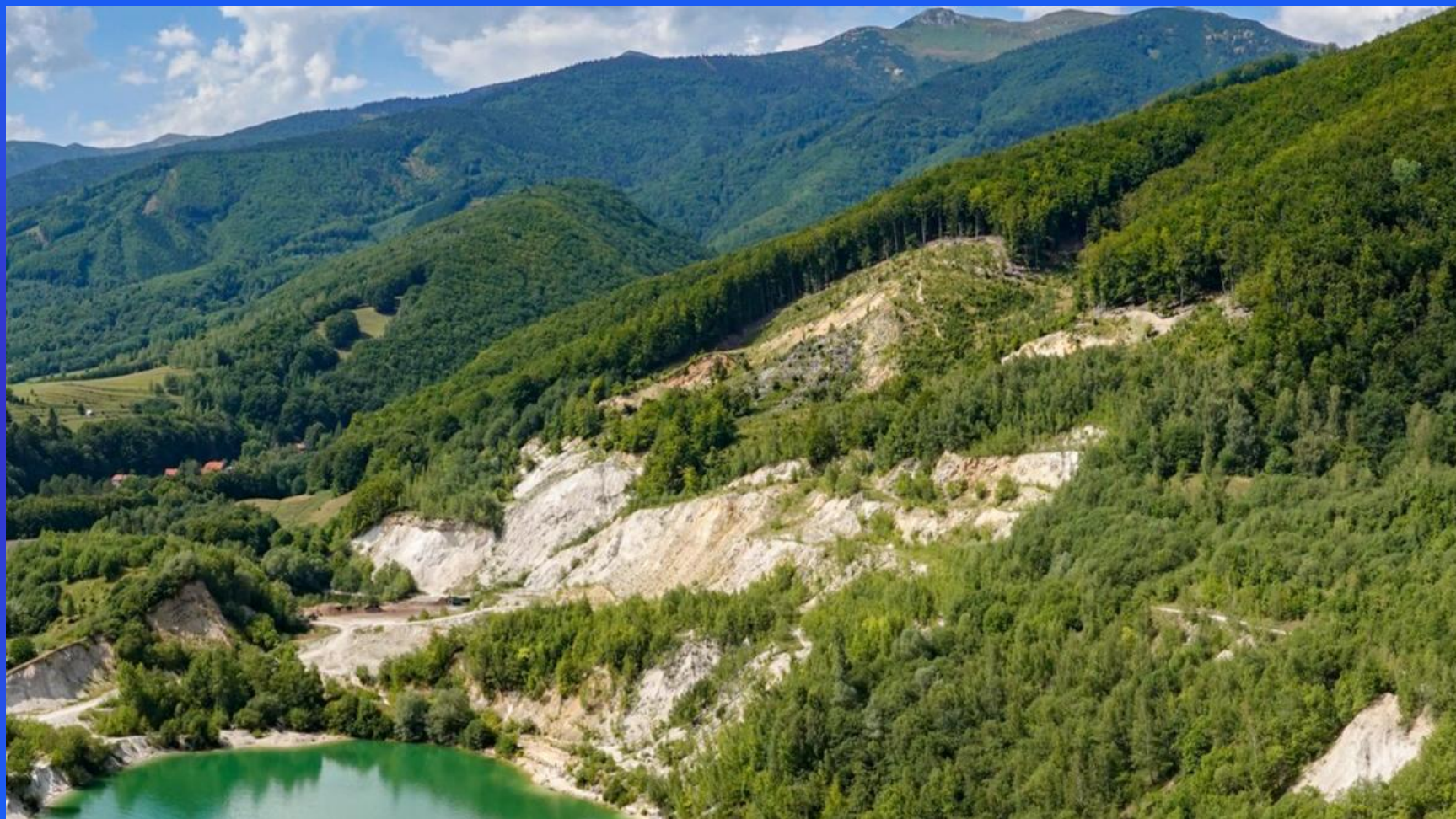
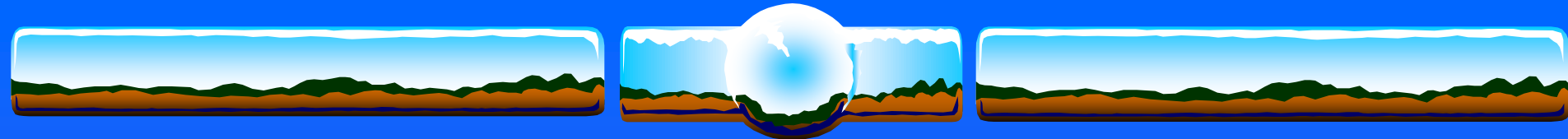
Okamžité protihavarijné opatrenia

- Zastaviť až do odvolania akékoľvek ťažobné aktivity v lome, najmä z ohľadom na možnú indukovanú seizmicitu pri trhacích prácach, ktorá by mohla byť spúšťačom zosuvného, ba až rútivého pohybu.
- Znížiť hladinu vody vo veľkom jazere či už vytvorením prekopu alebo horizontálnym odvodňovacím vrtom.
- Pre návrh celkovej stabilizácie svahu bolo potrebné využiť podklady z inžinierskogeologického prieskumu NDS pre účely výstavby diaľnice a vykonať doplnkový inžinierskogeologický prieskum územia. Predovšetkým bolo nevyhnutné spresniť znalosti o jeho geologickej stavbe a vykonať podrobné mikrotektonické merania, ktoré poskytnú podklady pre návrh účinných sanačných opatrení.

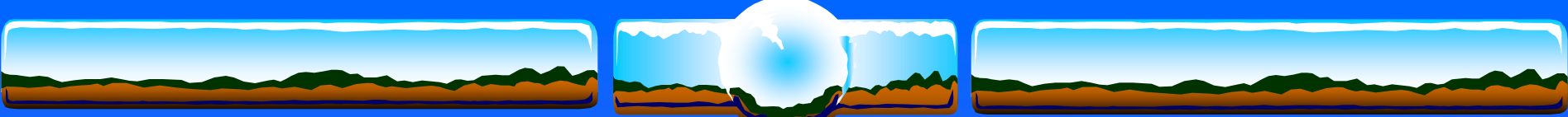




Zdroj: Kopecký, 2022



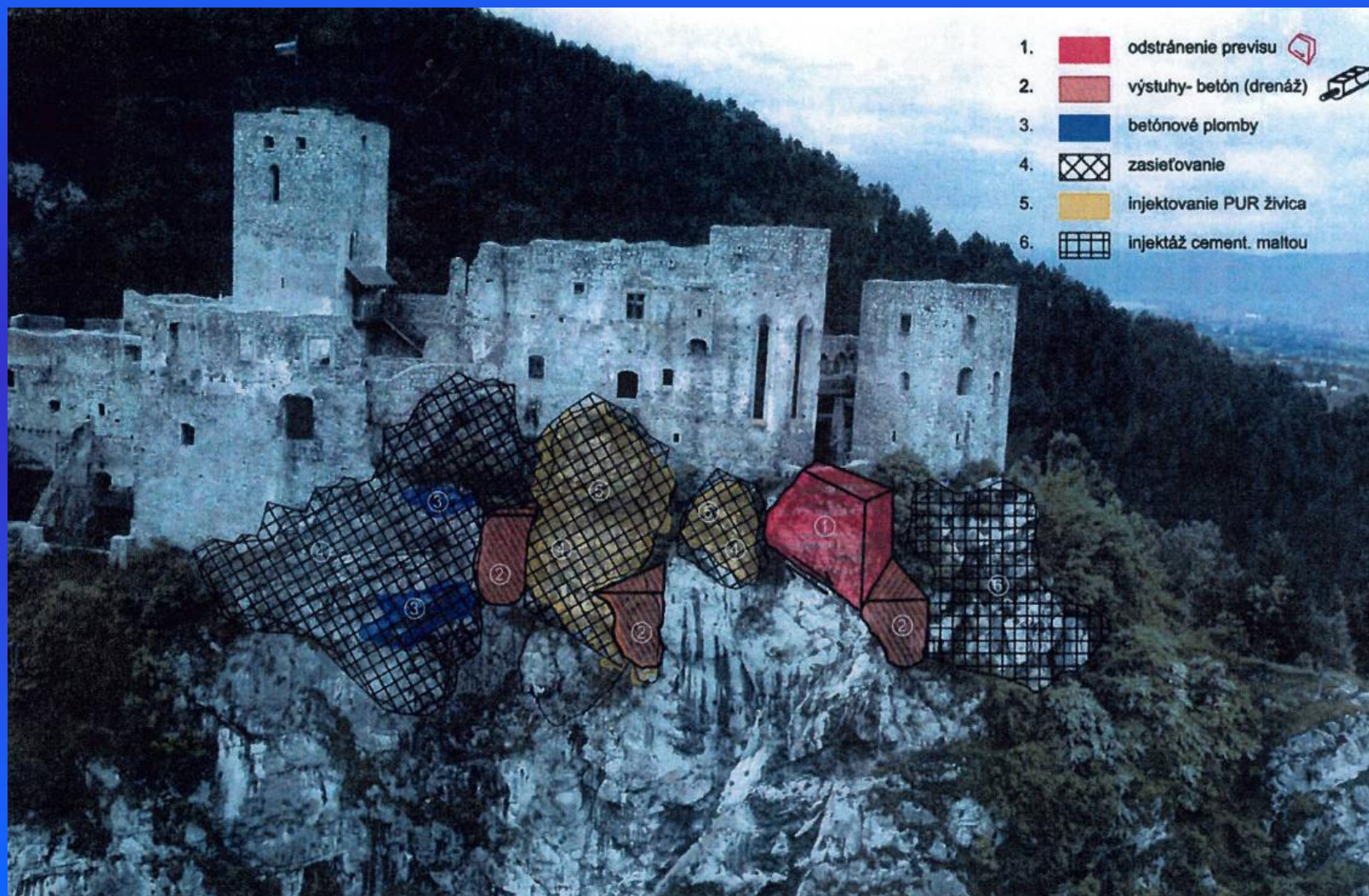
Cena okamžitých protihavarijních opatření: 210 tis. eur

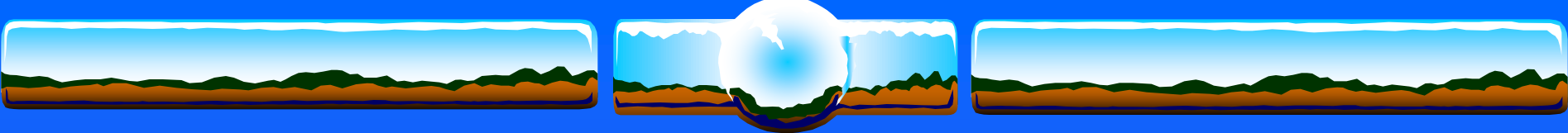


Strečno



Strečno – kritické skálne bloky





Strečno

- Sanácia skalného brala Strečno - 2016 – 2017
- Geologická úloha bola uložená MŽP SR uzneseniami vlády Slovenskej republiky (č. 541/2015 a č. 244/2016).
- Na základe výsledkov inžinierskogeologického prieskumu bolo potrebné zabezpečiť:
 - okamžité protihavarijné opatrenia,
 - sanáciu najrizikovejších častí skalného brala v obci Strečno,
 - sanáciou previsu nad cestou a plánovanou galériou.
- Sanačné práce spočívali v zaistení nestabilných skalných blokov kotvením, v injektovaní blokov, v sanácii dutín a trhlín výstuhami, zaistení kritických blokov špeciálnymi oceľovými sieťami.
- Sanácia previsu nad plánovanou galériou pozostávala zo stavby dvoch železobetónových oporných múrov v kombinácii s predpäťmi lanovými kotvami.

Strečno – čistenie skalnej steny od zvetralín

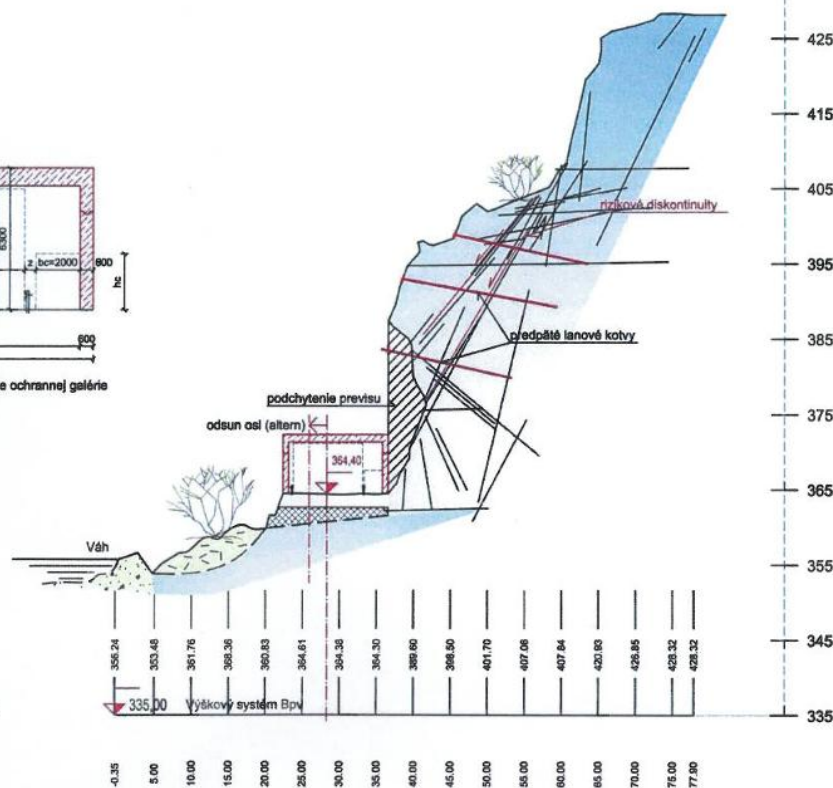


Obr. 12 Čistenie skalnej steny na bloku II

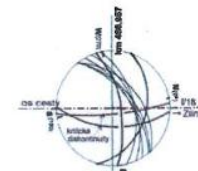


Obr. 13 Čistenie skalnej steny na bloku I



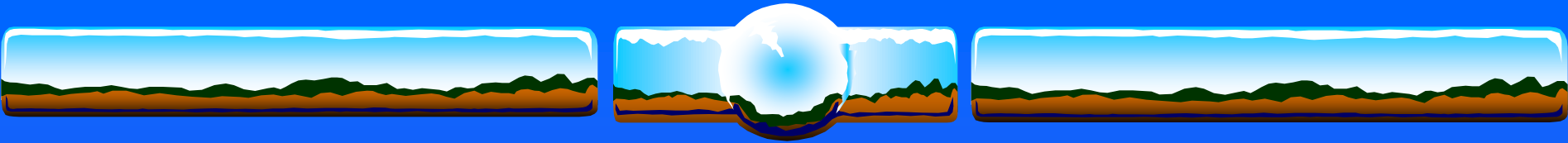


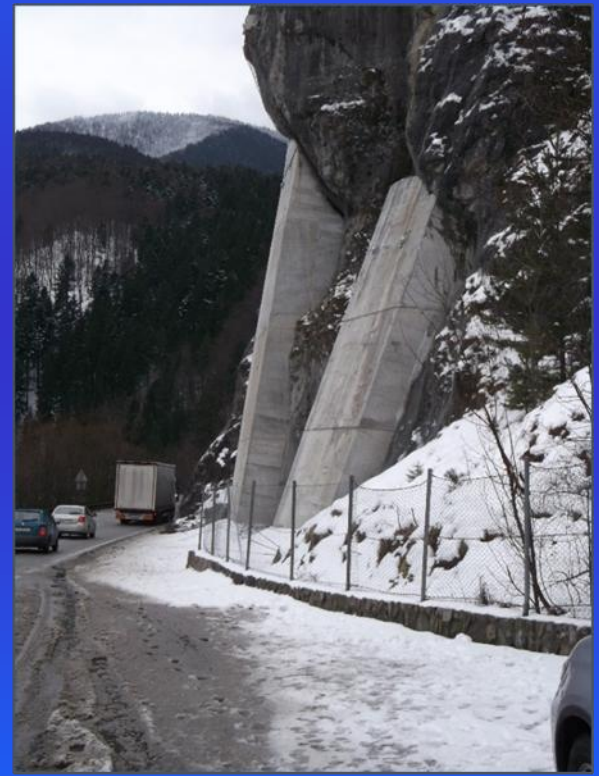
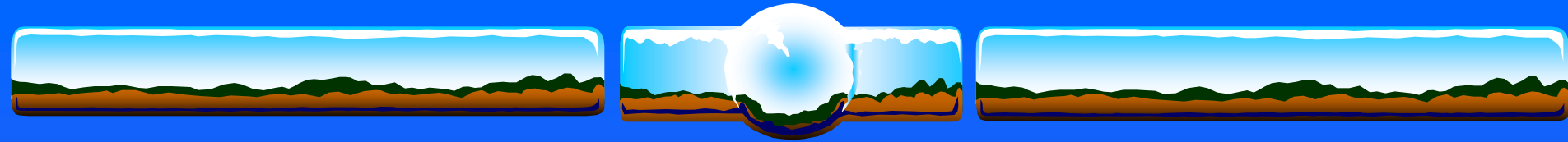
-  zarmné teleso cesty
-  kamenito hlinité suty ospyvných kuželov, evah. suty
-  štrky, piesky, povodňové hliny - náplevy Váhu
-  vápence, dolomit. vápence ľavicové až masívne (trias) - chočský príkrov
-  dolomity (trias), chočský príkrov
-  slienité vápence (neokóm) - križňanský príkrov
-  skalné previsy
-  skalné zosuny typu "kdlín"
-  iné svahové deformácie v skal. homínach
-  eluvialno-deluválny kamenito-blokový materiál z triasových vápencov
-  ospy
-  vrstevnatosť
-  puklinová diskontinuita
-  násunové plochy príkrovových šupín
-  strmé skalné steny
-  erozne brázdy, rýhy
-  orientácia diskontinuity

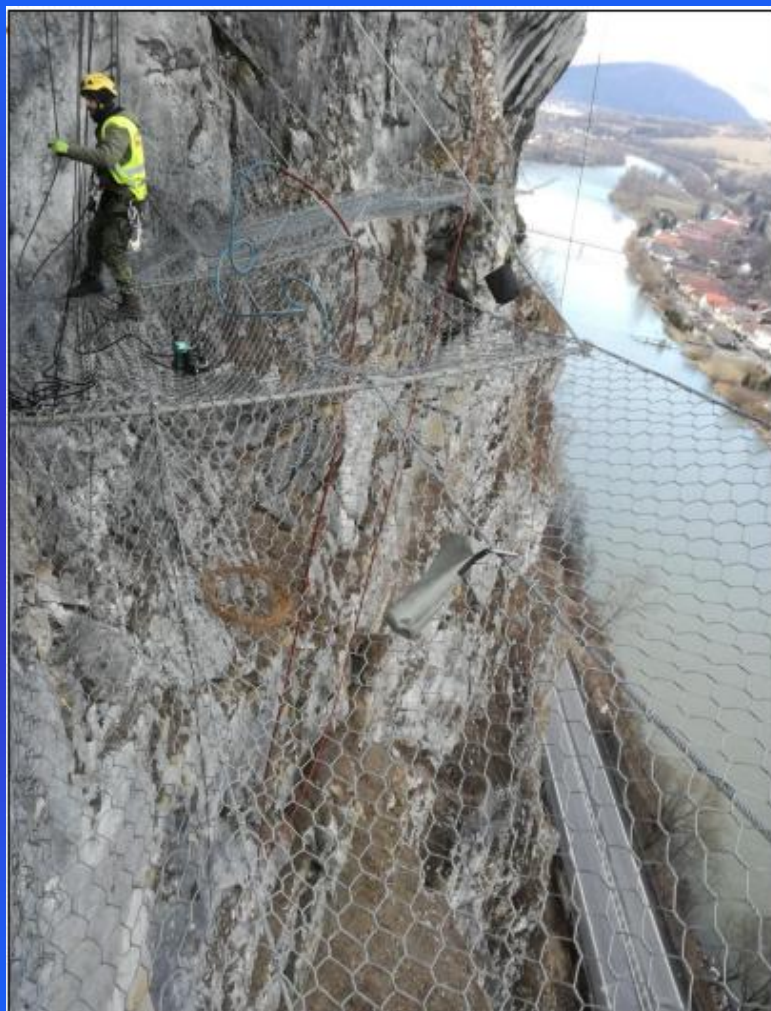


Pt | km 466,967 skalný prevís + zosur









Obr. 25 Inštalácia ocefového dvojzákrutového pletiva o šírke pásu cca 3 m na bloku III



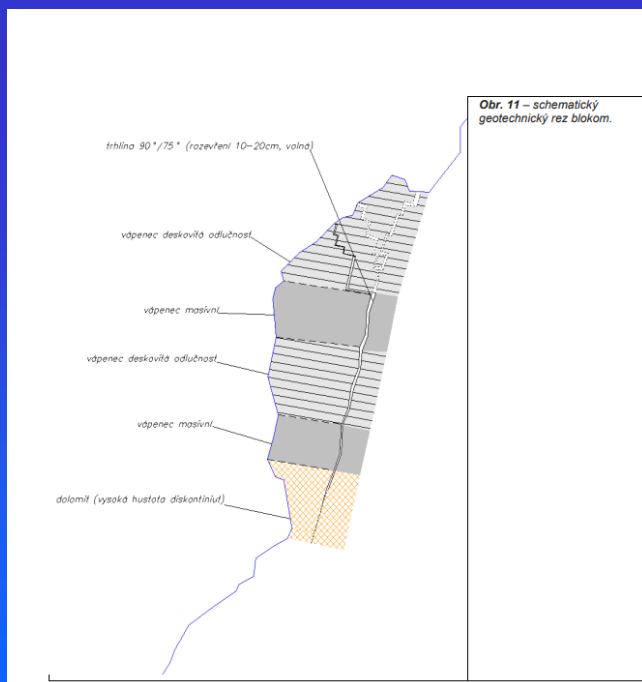
Obr. 55 Role sietí Steelgrid pred rozbalením na bloku IV

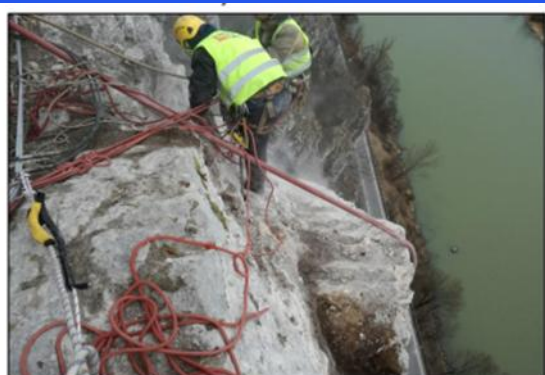


Obr. 2 – detailná situácia bloku v pohľadu od JV



Obr. 24, 25, 26 a 27 Celkový pohľad na kritický blok a prúbeh jeho shazovania





Obr. 15 a 16 Odrazenie časti bloku II v objeme 10,7 m³



Obr. 17 Celkový pohľad na odrazenú časť bloku II



Cena sanačných prác: cca 1,3 mil. eur



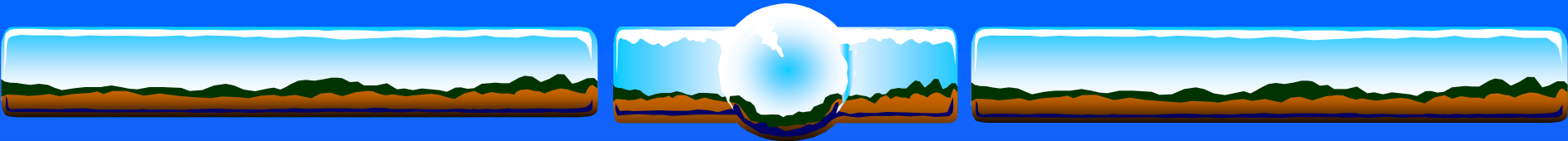
Obr. 47 Čištění akumulačního prostoru



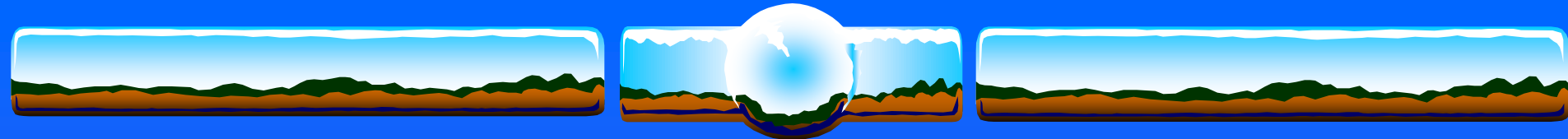
Obr. 48 Čištění akumulačního prostoru a odstraňování ochranného poštáře



Obr. 55 a 56 Oprava a zpětná montáž palisád



Vizualizácia ochrannej galérie popod Strečno (Novotný a kol., 2015)



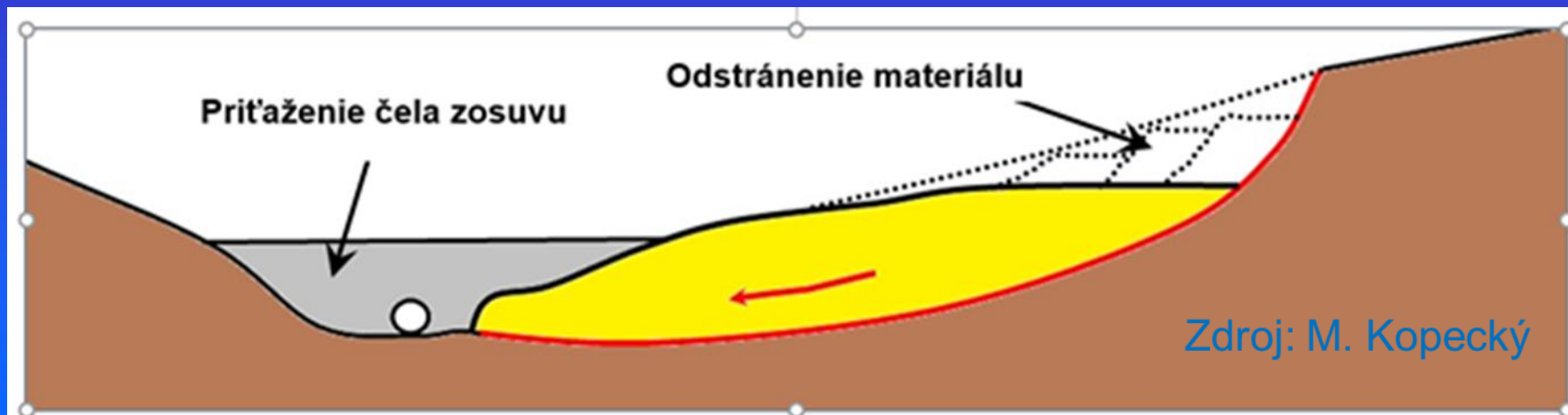
Metódy sanácie zosuvných svahov

Podľa princípu realizácie a spôsobu pôsobenia na svah možno sanačné metódy rozdeliť na viaceré základné typy:

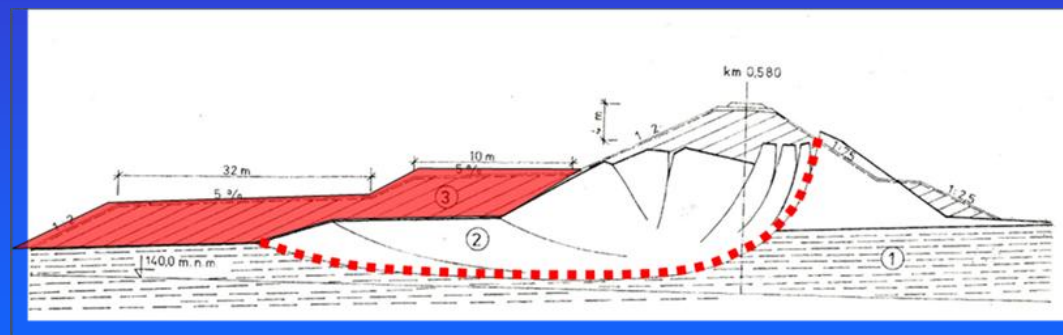
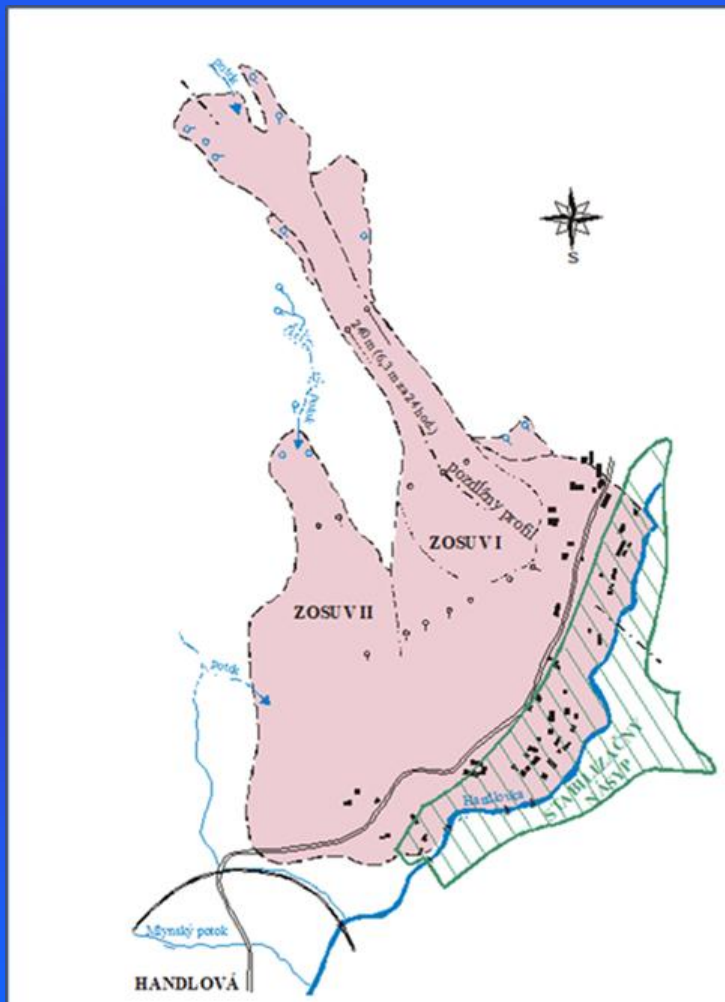
- úpravy tvaru svahu
- odvodnenie svahu
- technické sanačné a stabilizačné opatrenia
- ochranu svahu pred zvetrávaním a eróziou – skalné masívy

Úpravy tvaru svahu

- celkovým zmiernením sklonu svahu
- odľahčením svahu výkopom v odlučnej oblasti zosuvov
- zriaďovaním priťažovacích prísypov a násypov v päte zosuvov
- odstránenie celého zosunutého materiálu a nahradenie vhodným materiálom



Prit'azovacie násypy



Zdroj: Nemčok, 1982

Odvodnenie svahu

- metódy povrchového odvodnenia
- metódy podpovrchového odvodnenia
- špeciálne metódy



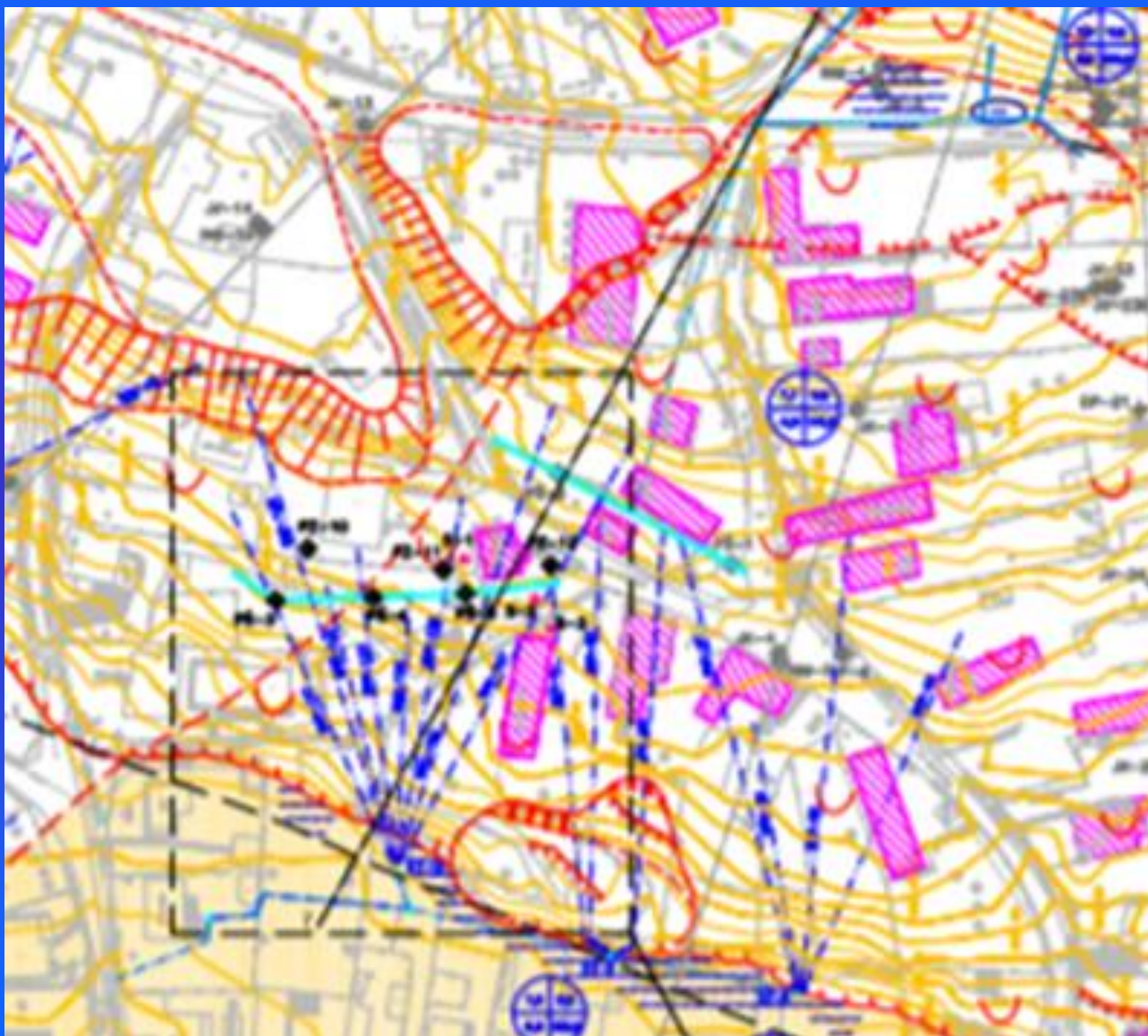
Prekrytie trhlín, resp. častí svahu fóliami



foto: M. Kopecký

Podpovrchové odvodnenie svahu





Drenážno-stabilizačné rebrá



Podzemná štrková stena v Nižnej Myšli



Technické stabilizačné a sanačné opatrenia v zeminách

- výstavba zárubných a oporných múrov
- kotvenie stien a svahov výkopov
- zriaďovanie podzemných stien a pilótových stien
- kombinácia týchto metód

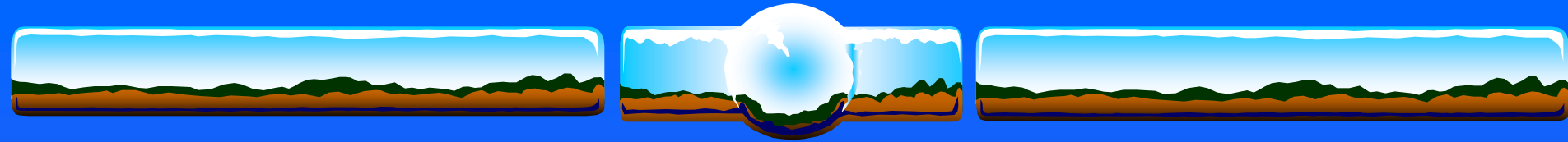


Technické stabilizačné a sanačné opatrenia v zeminách

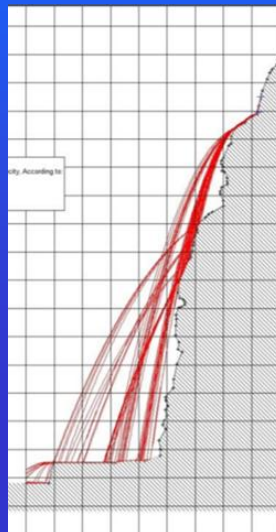


Pilótové a podzemné steny (příklad Hodruša – Hámre)





Sanácia skalných svahov a zárezov



Ďakujem za pozornosť



vlasta.janova@geology.sk