



**ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA,
MLYNSKÁ DOLINA 1, 817 04 BRATISLAVA**

TEXTOVÁ PRÍLOHA T4

VÝSLEDKY MONITOROVANIA

**Vypracoval: RNDr. Peter Ondrejka, PhD.,
RNDr. Peter Ondrus**

OBSAH

1. Základná charakteristika monitorovacej siete	3
2. Metódy monitorovania	3
2.1. Klimatické faktory	4
2.2. Monitorovanie režimových ukazovateľov	5
2.3. Monitorovanie pohybovej aktivity	7
3. Spôsob a frekvencia zberu údajov	11
4. Výsledky monitorovania	12
4.1. Lokalita Červený Kameň	14
4.2. Lokalita Handlová (zosuv z roku 1960)	19
4.3. Lokalita Prievidza-Hradec	24
4.4. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka	33
4.5. Lokalita Veľká Čausa	41
4.6. Lokalita Kraľovany	50
4.7. Lokalita Liptovská Štiavnica	55
4.8. Lokalita Podhorie	62
4.9. Lokalita Ľubietová (nad ihriskom)	69
4.10. Lokalita Bardejov – Pravoslávny chrám	76
4.11. Lokalita Fintice	80
4.12. Lokalita Kapušany	89
4.13. Lokalita Petrovany	97
4.14. Lokalita Prešov-Horárska ulica	103
4.15. Lokalita Prešov-Pod Wilec hôrkou	108
4.16. Lokalita Ruská Nová Ves	115
4.17. Lokalita Varhaňovce	122
4.18. Lokalita Nižná Hutka	126
4.19. Lokalita Nižná Myšľa	130
4.20. Lokalita Vyšná Hutka	150
Použitá literatúra	157

PRÍLOHY

- P1 Analýza odrazivosti signálu vzostupných a zostupných dráh družíc Sentinel-1 na vybratých zosuvných lokalitách v rámci riešenia geologickej úlohy "Monitoring zosuvných deformácií"
- P2 Spracovanie údajov z diaľkového prieskum Zeme technológiou InSAR (2020)
- P3 Spracovanie údajov z diaľkového prieskum Zeme technológiou InSAR (2021)
- P4 Spracovanie údajov z diaľkového prieskum Zeme technológiou InSAR (2022)
- P5 Spracovanie údajov z diaľkového prieskum Zeme technológiou InSAR (2023)
- P6 Zosuv Kraľovany. Geodetická dokumentácia. Epochová správa E14-G
- P7 Zosuv Kraľovany. Geodetická dokumentácia. Epochová správa E15-G
- P8 Zosuv Kraľovany. Geodetická dokumentácia. Epochová správa E16-G
- P9 Zosuv Kraľovany. Geodetická dokumentácia. Epochová správa E17-G

1. ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA MONITOROVACEJ SIETE

V predloženej prílohe sú prezentované výsledky získané aplikáciou viacerých monitorovacích metód na jednotlivých lokalitách postihnutých svahovými deformáciami, ktoré sú sledované v rámci riešenej geologickej úlohy. Zoradenie lokalít je v zmysle tab. 1 (kap. 1 záverečnej správy).

Monitorovacia sieť na jednotlivých zosuvných lokalitách bola navrhnutá tak, aby poskytovala základné údaje o ich stabilnom stave. Pri návrhu monitorovacej siete boli zohľadnené špecifiká zosuvných území (najmä charakter svahového pohybu, ale napr. aj dostupnosť lokality pre realizáciu technických prác), nároky na frekvenciu záznamu, existujúcu monitorovaciu sieť, vybudovanú v predchádzajúcich etapách sanácií a inžinierskogeologických prieskumov.

Podrobný opis zosuvných lokalít, vrátane geologickej stavby, sa nachádza v čiastkových záverečných správach, ktoré predstavujú prílohy záverečnej správy. Miestopisné vymedzenie územia spolu so základnými východiskovými údajmi je uvedené v kapitole 1 a v kapitole 4 záverečnej správy. Viaceré lokality boli monitorované v rámci riešenia geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory (ďalej ČMS – GF), podsystem 01 Zosuvy a iné svahové deformácie. Výsledky monitorovania z predchádzajúceho obdobia (do roku 2018) sú dostupné v ročných správach, uverejnených na <https://dionysos.geology.sk/cmsgf/>.

Primárne informácie o svahových poruchách sú súčasťou správ z prieskumov a sanácií, ktoré sú uvedené v kap. 5 záverečnej správy. Z uvedených dôvodov sa v predloženej prílohe sústreďujeme predovšetkým na opis výsledkov monitorovania z obdobia rokov 2019 až 2023.

2. METÓDY MONITOROVANIA

Metódy monitorovania využívané v rámci riešenia geologickej úlohy vychádzajú z dlhoročných zvyklostí. Najpoužívanejšie monitorovacie metódy boli opísané vo viacerých publikáciách (Wagner et al., 2000; Wagner et al., 2002), najkomplexnejšie v práci autorov Wagner et al. (2010).

Pri výbere monitorovacích metód sa vychádzalo predovšetkým zo skúseností, ktoré boli postupne nadobúdané vďaka riešeniu ČMS – GF (podsystemu 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie). Na základe uvedených skúseností z monitorovania, ale predovšetkým z výsledkov analýz, zameraných na prognózu vývoja sledovaných ukazovateľov, bol v období zostavovania projektu geologickej úlohy navrhnutý základný súbor monitorovacích zariadení, ktoré v budúcnosti, po získaní dostatočného súboru údajov, umožnia odhaliť vzťahy medzi klimatickými faktormi, režimovými ukazovateľmi a pohybovou aktivitou. Súborný prehľad použitých metód monitorovania v zosuvných územiach v rámci riešenej geologickej úlohy je prezentovaný v tab. 1. Vzhľadom na rozdielnu podstatu meraní sú v tabuľke samostatne vyčlenené metódy monitorovania, používané pre rôzne skupiny monitorovaných ukazovateľov.

Tab. 1. Aplikované metódy monitorovania v zosuvných územiach

Základný monitorovaný ukazovateľ	Monitorovacie merania	Typ a výrobca monitorovacieho zariadenia
Klimatické faktory	<ul style="list-style-type: none"> – zrážkové úhrny – teplota vzduchu – vlhkosť vzduchu – rýchlosť a smer vetra – atmosférický tlak – radiačná bilancia – vlhkosť pôdy 	<ul style="list-style-type: none"> • preklápací zrážkomer RG13H (Vaisala) • senzor relatívnej teploty a vlhkosti vzduchu RHT175 (MicroStep-MIS, s.r.o.) • senzor rýchlosti a smeru vetra WindSonic I. (Gill Instruments Limited) • senzor atmosférického tlaku E-press 3 (ENVitech, s.r.o.) • senzor radiačnej bilancie CNR4 Net Radiometer (KIPP&ZONEN) • senzor pre meranie vlhkosti a teploty pôdy Teros11 (Meter Group)
Režimové ukazovatele	zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody <ul style="list-style-type: none"> – terénny pozorovateľ – automatický hladinomer – snímač pórových tlakov 	<ul style="list-style-type: none"> • ručný hladinomer G30 a G50 (NPK Europe) • ponorný snímač LMP 307i (BD SENSORS, s.r.o.) • vibračný piezometer VW 0PK20S70000 (SISGEO S. R. L.)
	teplota podzemnej vody (automatický hladinomer)	<ul style="list-style-type: none"> • ponorný snímač LMP 307i (BD SENSORS, s.r.o.)
	vlhkosť pôdy	<ul style="list-style-type: none"> • senzor pre meranie vlhkosti a teploty pôdy Teros11 (Meter Group)
	výdatnosti odvodňovacích zariadení <ul style="list-style-type: none"> – terénny pozorovateľ – automatický prietokomer (člnkový preklápací; – automatický prietokomer (ultrazvukový s Dopplerovým senzorom) 	<ul style="list-style-type: none"> • odmerná nádoba, stopky • člnkový preklápací prietokomer PF500 (FIEDLER AMS s.r.o.) • prietokomer s Dopplerovým ultrazvukovým senzorom MACE Area/Velocity sensor (MACE water monitoring solutions)
Pohybová aktivita	Podpovrchové deformácie <ul style="list-style-type: none"> – prenosný variant inklinometrickej sondy – stacionárna inklinometrická sonda 	<ul style="list-style-type: none"> • prenosná inklinometrická sonda Digilit AT Inclinator System (DGSI Durham Geo Slope Indicator) • dvojosový vertikálny inklinometer 0S412HA151S s dĺžkou meracieho modulu 1,0 m 2,0 m (SISGEO S. R. L.)
	Povrchové posuny (metódy geodetickej) <ul style="list-style-type: none"> – terestrické a GNSS – fotogrametria (optické skenovanie) – radarová interferometria – InSAR 	<ul style="list-style-type: none"> • meracia stanica Leica TS30 • GNSS prijímač Trimble R12i (Trimble Inc.) • fullframe kamera NIKON D800E s 35 mm objektívom pre pozemné snímokovanie – fotogrametrické skenovanie (NIKON Inc.) • radarové snímky z misie ESA Sentinel-1 pre technológiu radarovej interferometrie s využitím permanentných prirodzených a umelých pasívnych odrážačov (technológia PS InSAR)

2.1 Klimatické faktory

V rámci riešenia geologickej úlohy bolo navrhnuté zariadenie, ktoré umožní sledovať relevantné meteorologické ukazovatele priamo na zosuvnej lokalite Nižná Myšľa. Vybudovaná meteorologická stanica pozostáva zo senzorov na meranie rýchlosti a smeru vetra, atmosférického tlaku, teploty vzduchu, relatívnej vlhkosti, zrážkových úhrnov, radiačnej bilancie a vlhkosti pôdy. Jednotlivé senzory sú inštalované na hĺbkovo stabilizovanej konštrukcii. Zariadenie je napájané z batérie a solárneho panela. Klimatická stanica je

inštalovaná na súkromnom pozemku v intraviláne spomenutej obce. Pri výbere situovania meteorologickej stanice bola pozornosť zameraná na dva základné okruhy otázok. Prvým bolo kvalitatívne hľadisko, teda aby namerané údaje boli čo najreprezentatívnejšie (neboli ovplyvnené okolitým prostredím) a druhé bolo bezpečnostné hľadisko (aby počas životnosti jednotlivých monitorovacích senzorov nedošlo k ich poškodeniu).

Inštalované senzory boli navrhnuté tak, aby umožnili spresniť hodnotu veľkosti efektívnych zrážok. Napríklad, na základe sledovaných ukazovateľov bude možné výpočtom stanoviť veľkosť potenciálnej evapotranspirácie, ktorá pri hodnotení dosahu klimatických faktorov na zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody má približne rovnakú váhu ako samotné zrážkové úhrny. Samozrejme, otázka stanovenia veľkosti evapotranspirácie je podstatne komplexnejšia. Okrem spomenutých ukazovateľov je potrebné zohľadňovať viacero faktorov, napr. vplyv biometrických charakteristík porastu (pri výpočte referenčnej hodnoty evapotranspirácie v zmysle FAO – Allen et al., 1998 in Matejka, Hortalová, 2005). Načrtnutá oblasť zahŕňa veľmi široký okruh otázok, ktorých riešenia sa vyvíjajú v rámci náplne viacerých vedných odborov. Predpokladáme, že široké spektrum špecifických otázok, týkajúcich sa tejto problematiky bude možné vyriešiť v rámci riešenia geologickej úlohy „Udržateľnosť geologickej úlohy Monitoring zosuvných deformácií“, ktorá predstavuje priame pokračovanie geologickej úlohy Monitoring zosuvných deformácií.

2.2 Monitorovanie režimových ukazovateľov

2.2.1 Meranie pôdnej vlhkosti

Priame merania pôdnej vlhkosti prispievajú k lepšiemu chápaniu zložitého procesu dopĺňania zásob podzemnej vody. Meranie vlhkosti pôdy je realizované v zóne aerácie. Namerané hodnoty podávajú informácie o stave nasýtenosti horizontu, ktorý je ohraničený úrovňou terénu a hĺbkou hladiny podzemnej vody. Získaná informácia dáva možnosť prognózovať vývoj zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v závislosti od očakávaných zrážkových udalostí.

Obstarané senzory vlhkosti pôdy boli inštalované vo vrtoch v dvojiciach – dvoch hĺbkových úrovniach. Hĺbka prvého sledovaného horizontu je max. do 1,5 m a hĺbka druhého sledovaného horizontu je max. do 3,5 m. Vo všetkých vrtoch sú senzory osadené nad očakávanou hĺbkou hladiny podzemnej vody.

2.2.2 Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Počas riešenia geologickej úlohy, v období pred inštaláciou definitívnych monitorovacích zariadení, prevládala snaha merať hĺbku hladiny podzemnej vody kontinuálne. V rámci technických, ale najmä investičných možností boli na viacerých lokalitách inštalované automatické hladinometry, ktoré okrem zmien úrovne hladiny podzemnej vody zaznamenávali aj jej aktuálnu teplotu. Na väčšine vrtoch boli merania zabezpečované v spolupráci s terénnymi pozorovateľmi (ktorí ich vykonávali pomocou Rangovej píšťaly/ručného elektronického hladinometra; princíp merania prostredníctvom ručného hladinometra je na obr. 1a). Výhodou tohto spôsobu merania je, že merania bolo možné zabezpečovať na väčšom počte vrtoch, čo v prípade automatických hladinometerov bolo ekonomicky náročné. Zaškolení pracovníci boli

schopní merať niekoľko desiatok vrto. Nedostatkom takéhoto monitorovania bola nízka frekvencia meraní a možný výskyt chybových meraní.

Na začiatku letného obdobia 2023 bola na zosuvných lokalitách zabezpečená inštalácia obstaraných automatických hladinomerov. Išlo o presný snímač výšky hladiny podzemnej vody a teploty, ktorý je trvale ponorený pod hladinou podzemnej vody. Inštalovaný automatický hladinomer zároveň umožňuje kompenzáciu atmosférického tlaku pomocou vzduchovej kapiláry, umiestnenej v spojovacom kábli. Zariadenie merania s frekvenciou 1 krát za 1 hod. (princíp merania prostredníctvom automatického hladinomera je na obr. 1b)

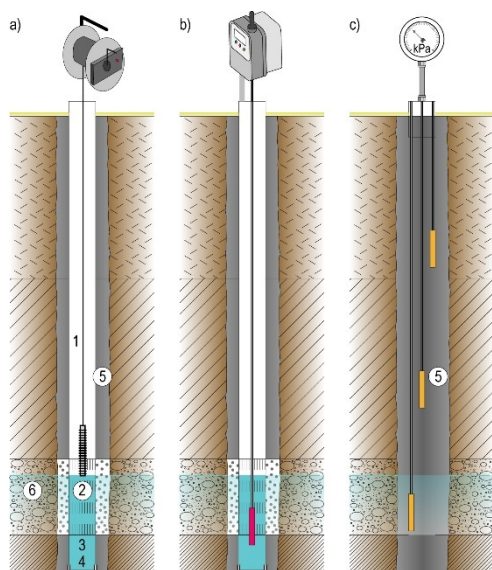
Vzhľadom na skutočnosť, že všetky inštalované zariadenia vykazovali výraznú chybu v meraní teploty podzemnej vody boli na konci letného obdobia odinštalované a v rámci reklamačného konania bol na nich zabezpečený servis. K ich opätovnému nainštalovaniu došlo až koncom októbra, resp. začiatkom novembra.

V oboch prípadoch, teda bez ohľadu na frekvenciu záznamu (kontinuálne/ručné merania), namerané údaje predstavujú relatívne hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody v metroch. Merania sa vykonávali v objektoch, ktoré boli vybudované v minulosti počas inžinierskogeologických prieskumov a sanácií, ktoré prešli rekonštrukciou; od roku 2020 aj vo vrtoch ktoré boli vybudované počas riešenej geologickej úlohy.

2.2.3 Merania pórových tlakov

Priamy vplyv pôsobenia zmien hĺbky hladiny podzemnej vody na stabilitné pomery je sledovaný vďaka implementácii snímačov pórových tlakov. Snímače sú sústredené do oblasti šmykových plôch tak, aby bolo možné sledovať zmeny tlaku v tomto, zo stabilitného hľadiska, najcitlivejšom horizonte. Výsledky meraní pórových tlakov vody umožňujú spoľahlivé posúdenie stabilitného stavu vo väčšine výpočtových modelov (princíp merania prostredníctvom snímača pórových tlakov je na obr. 1c).

Inštalované zariadenia predstavujú uzavretý vibračný piezometer s rozsahom do 700 kPa. Zariadenia boli inštalované do cementovo-bentonitovej zálievky.



Obr. 1. Meranie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. V otvorených systémoch: a – pomocou Rangovej pišťaly, b – pomocou automatického hladinomeru; v uzavretých systémoch – c – meranie pomocou snímačov pórového tlaku. 1 – neperforovaná časť pažnice, 2 – filtračná časť pažnice, 3 – kalník, 4 – dno vrtu, 5 – ílové tesnenie, 6 – zvodnená vrstva.

2.2.4 Meranie výdatnosti odvodňovacích objektov

Súčasťou režimových pozorovaní sú i merania výdatnosti (prietoku) odvodňovacích zariadení na vybraných zosuvných územiach. Meraniami sa sleduje efektívnosť tohto, z hľadiska stability, mimoriadne dôležitého sanačného prvku. Nameraný údaj je dôležitý pri hodnotení úspešnosti sanačných prác (spolu so sledovaním poklesu hladín v piezometrických vrtoch alebo poklesu pórového tlaku) a zároveň predstavuje východisko na prípadné prehodnotenie použitých postupov pri sanácii, resp. návrh na doplnenie sanačných opatrení alebo použitie účinnejších stabilizačných opatrení.

Počas obdobia od začiatku riešenia geologickej úlohy až do prvej polovice roka 2023 boli merania zabezpečované prostredníctvom pozorovateľov, ktorí pri meraniach najčastejšie sledovali čas, potrebný na naplnenie nádoby s konštantným objemom.

Od marca/mája 2023 boli v prevádzke automatické zariadenia – prietokomery, umožňujúce kontinuálne meranie prietoku vytekajúcej vody z odvodňovacích objektov. Ako prvý (marec 2023) bol sprevádzkovaný ultrazvukový prietokomer s Dopplerovým senzorom rýchlosti. Zariadením je monitorovaný prietok na Hlavnom dréne, zachytávajúcom odvádzané vody z handlovského zosuvu. Zariadenie meria rýchlosť a výšku voľne tečúcej hladiny v potrubí. Uvedený spôsob merania umožňuje sledovať väčšie prietoky, teda aj prietoky ktoré rádovo predstavujú tisíce litrov za minútu.

Väčšina odvodňovacích zariadení dosahuje však rádovo len desatiny až prvé litre za minútu. Z tohto dôvodu boli na meranie takýchto prietokov navrhnuté článkové preklápacie prietokomery (merania sú zabezpečené od mája 2023). Automatické prietokomery, pracujú na princípe preklápania sa článkov s presne definovaným objemom. Množstvo pretekajúcej vody je vypočítané na základe počtu preklopení za jednotku času.

2.3 Monitorovanie pohybovej aktivity

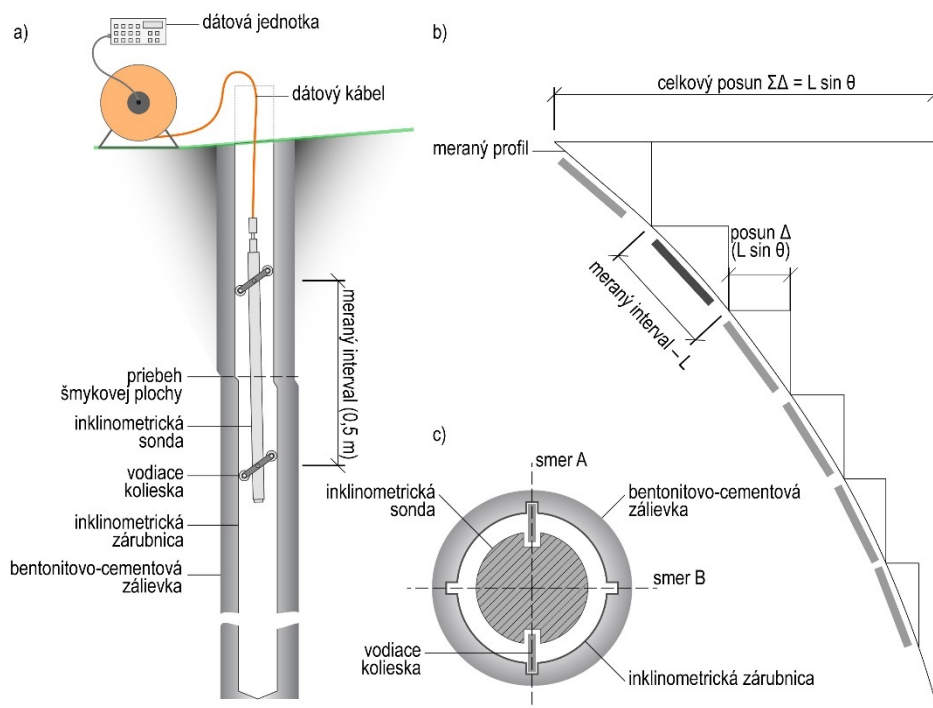
Pri hodnotení zosuvných území je azda najpríznačnejšia informácia o veľkosti pohybovej aktivity. Na stanovenie jej veľkosti sa postupom času zaužívalo viacero metód, resp. technológií. Z praktického hľadiska ich možno rozdeliť do dvoch skupín. Prvú skupinu tvoria metódy, ktorými možno zaznamenávať pohybovú aktivitu priamo na šmykovej ploche (pod úrovňou terénu; takýto pohyb je často označovaný ako deformácia). Druhú skupinu predstavujú metódy, ktoré umožňujú sledovať pohybovú aktivitu na úrovni terénu (pre jednoduchšie rozlíšenie výsledkov pohybovej aktivity budú výsledky meraní označené ako posuny).

2.3.1 Merania deformácií

Pri meraní deformácií na šmykových plochách je najviac využívaná metóda presnej inklinometrie. Ide o karotážnu metódu, ktorá slúži na zisťovanie priestorového priebehu (zakrivenia) vrtu (Gajdoš a Wagner, 2005). V monitorovaných zosuvných územiach sú merania zabezpečované vo vrtoch, ktoré boli vystrojené práve pre tento účel – inklinometrické vrty. Ich špecifikum spočíva v použití zárubnice, ktorá má v celej svojej dĺžke systém drážok. Uvedené drážky zabezpečujú presné vedenie sondy vo vertikálnom smere, čo umožňuje opakovateľnosť meraní na tom istom mieste počas celého obdobia monitoringu. V súčasnosti je na trhu pomerne veľa produktov, avšak na základe princípu merania (typu senzora) je ich možné rozdeliť do dvoch základných skupín – digitálne a vibračné (princíp merania prostredníctvom inklinometrickej sondy je na obr. 2).

V období riešenia geologickej úlohy boli do roku 2022 realizované výlučne len etapové merania. Na základe výsledkov meraní boli odvodené alebo spresnené priebehy hĺbky šmykovej plochy v jednotlivých vrtoch. Merania boli zabezpečované prevažne v polročnom intervale.

Na základe analýzy výsledkov etapových meraní boli, po úspešnom obstaraní špeciálneho prístrojového vybavenia, do vrtov inštalované vertikálne inklinometre s min. rozsahom merania $\pm 10^\circ$, s min. rozlíšením $\pm 0,05 \text{ mm.m}^{-1}$, presnosťou snímača min. $\pm 0,1 \%$ meracieho rozsahu. Dĺžky sondy sú 1 000 a 2 000 mm. Zariadenia sú zostavené z dvoch snímačov, ktorých meracie roviny sú orientované kolmo na seba.



Obr. 2. Princíp realizácie inklinometrických meraní; a – vertikálny rez inklinometrickým vrtom spolu s inklinometrickou sondou a príslušenstvom, b – schematický postup stanovenia veľkosti deformácie; c – horizontálny rez inklinometrickým vrtom so zavedenou inklinometrickou sondou (zostavené podľa Rozsypala, 2001).

Kontinuálne merania, prostredníctvom stacionárnych inklinometrických sond, sú zabezpečované od mája 2023. Merania sú realizované s frekvenciou jedna hodina (vzhľadom na relatívne veľmi nízke hodinové prírastky deformácie sú merania vyhodnocované na dennej báze). Metóda stacionárnej inklinometrie umožňuje jedným zariadením merať vývoj deformácií v konkrétnej hĺbke – na šmykovej ploche. V prípade záujmu o sledovanie deformácií vo viacerých hĺbkových úrovniach boli v inklinometrických vrtov inštalované 2 stacionárne sondy.

2.3.2 Merania posunov

Pri sledovaní posunov boli aplikované geodetické metódy a technológie, ktoré umožňujú detegovať posuny buď priamo na monitorovacej sieti, ktorá bola pre tento účel vybudovaná alebo na vhodných objektoch (prírodné skalné útvary alebo objekty technosféry – prirodzené

odrazné body, využívané technológiou InSAR). Aplikované metódy/technológie je možné rozdeliť do troch základných skupín: terestrické metódy, GNSS a diaľkový prieskum Zeme.

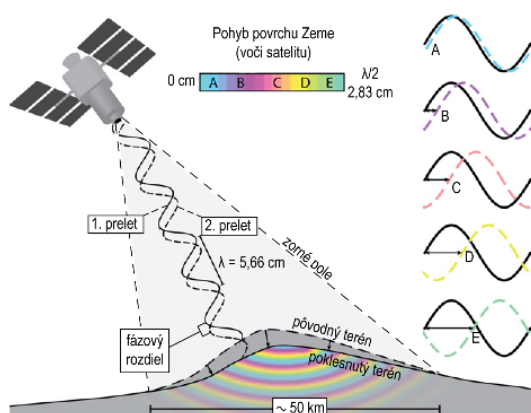
Terestrické monitorovacie metódy

Geodetickou technológiou založenou na priestorovej polárnej metóde bol na lokalite Kraľovany monitorovaný skalný zosuv. Využívaná bola sieť geodetických bodov, ktoré boli vybudované v minulosti v rámci prieskumov (Grenčíková et al., 2008) a sanácie (Fekeč a Ilkanič, 2014). Pri meraniach boli dosahované presnosti: 1° pri meraní smerov, $0,5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ pri meraní dĺžok s použitím optického hranola a $1 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$ v prípade bezhranolového merania.

V zosuvnom území kraľovianskeho zosuvu bolo aplikované aj optické skenovanie. Aplikáciou tejto metódy bolo možné vytvoriť modely povrchov s vysokým geometrickým rozlíšením, teda 3D modely s hustým (bodovým) pokrytím povrchu. Metóda je využívaná predovšetkým na objekty s náhodne premenlivou textúrou a nie príliš členitou štruktúrou. Princíp metódy je založený na korelácii (podobnosti) dvoch obrazov, ktoré sú vytvorené z rôznych pozícií, čím je potom možné rekonštruovať priestorové zväzky lúčov a z nich odvodiť priestorovú polohu bodov, resp. prvkov zaznamenaných na digitálnych obrazoch (Fraštia, 2012).

Diaľkový prieskum Zeme technológiou InSAR

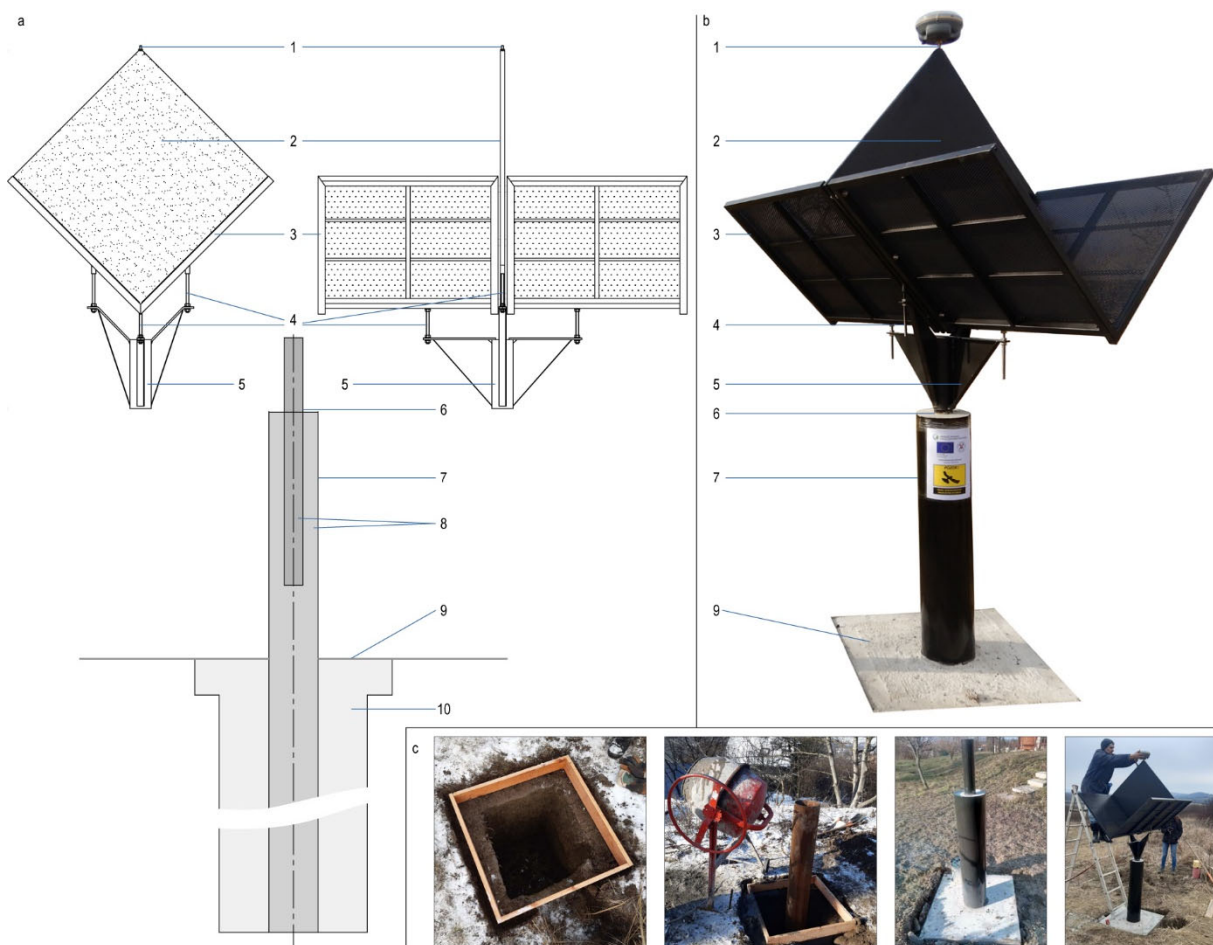
Pre zabezpečenie presného monitorovania posunov vo veľkých územných celkoch bola úspešne použitá monitorovacia technológia InSAR. Metódy tejto technológie patria v súčasnosti medzi najdynamickejšie sa rozvíjajúce oblasti diaľkového prieskumu Zeme. Hlavným dôvodom širokého uplatnenia tejto technológie je možnosť využívať družicové radarové merania nezávisle na počasi, dennej alebo nočnej dobe snímkovania s vysokým priestorovým rozlíšením a pokrytím veľkej oblasti jednou snímkou. Družicová radarová interferometria využíva elektromagnetické žiarenie s vlnovou dĺžkou od 3 cm do 25 cm (oblasť frekvenčných pásiem L, C a X). Vysielané sú vo forme pulzov aktívnym radarovým systémom na družici smerom k Zemi, ktoré je po interakcii so zemským povrchom následne prijaté späť. Zo signálu sa využíva amplitúda a fáza prijatého elektromagnetického vlnenia (obr. 3).



Obr. 3. Základné princípy radarovej interferometrie. Dva prelety satelitu ponad deformujúci sa povrch Zeme (1. prelet – plná vlna – pôvodný terén; 2. prelet družice [približne rovnakým orbitálnym miestom ako v prípade 1. preletu] – prerušovaná vlna – deformovaný povrch; podľa: Global Volcanism Program, 2012).

Počas riešenej geologickej úlohy boli využívané výlučne snímky z družíc ESA Sentinel-1 s pásmom elektromagnetického žiarenia C (vlnová dĺžka od 3,75 do 7,5 cm). Pri interferometrickom spracovaní sa používa minimálne dvojica snímok, pričom sa primárne využíva fázová zložka. Pre určenie posunov na zemskom povrchu za určité obdobie, boli spracované snímky, ktoré boli vyhotovené z rovnakého miesta na obežnej dráhe družice v rôznom časovom období. Princiálne ide o rozdiel fázovej zložky signálu medzi korešpondujúcimi obrazovými elementmi z prvého a n-tého preletu družice nad daným územím (Ferreti et al., 2007). Podrobný opis procesu spracovania snímok a výpočet posunov je uvedený v prílohách P1 – P5.

Jednou z pokročilých metód družicovej radarovej interferometrie je metóda využívajúca prirodzené alebo umelo vytvorené odrážače so stabilnou elektromagnetickou odozvou PSInSAR. Technológia je založená na identifikácii bodov na snímke (odrážačov), ktoré vykazujú vysokú stabilitu fázy signálu počas celého obdobia sledovania územia. Ide hlavne o objekty vytvorené ľudskou činnosťou, napr. budovy, mosty, oporné múry, monumenty, veľké antény, stožiare, ktoré sa nachádzajú v záujmovej oblasti. Tieto body (odrážače) môžeme chápať ako „prirodzenú sieť bodov GNSS“, ktorá slúži na plošné sledovanie stability daného územia (Ferreti et al., 2001, Kampes, 2006).

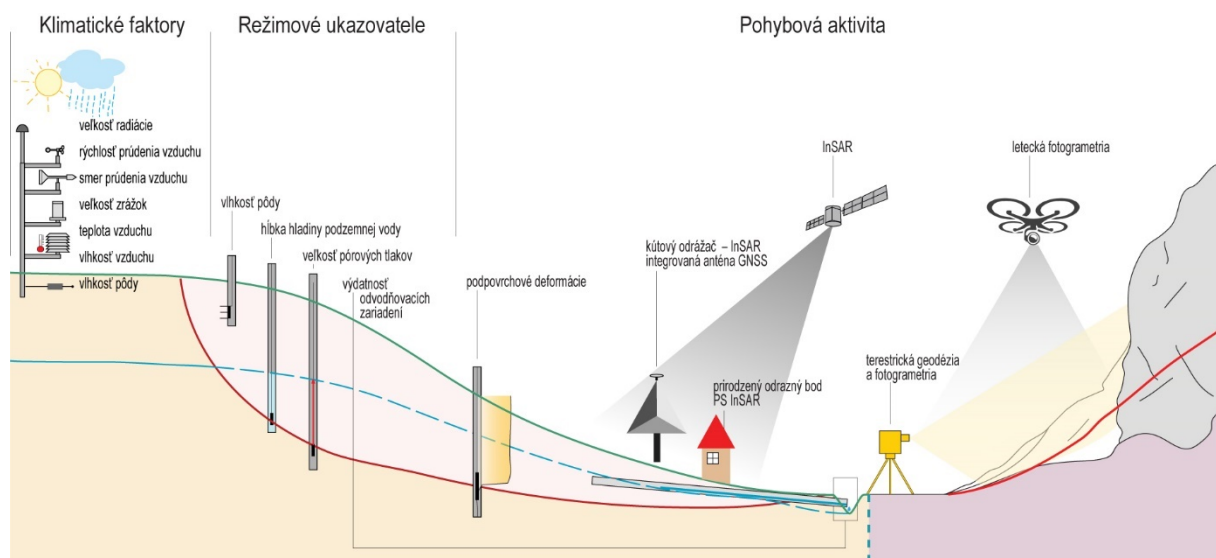


Obr. 4. Kútový odrážač pre C pásmo EMŽ družicovej misie ESA Sentinel-1; a – konštrukčné riešenie kútového odrážača, b – vybudovaný kútový odrážač (foto: Ondrejka), c – budovanie a inštalácia kútového odrážača (foto: Geokontakt, s. r. o. Košice); 1 – redukcia pre inštaláciu GNSS antény, 2 – stredový kovový panel, 3 – konštrukcia odrážača, 4 – rektifikačné skrutky, 5 – stabilizátor, 6 – ocelová rúra s Φ 76,1/4 mm, 7 – ocelový pilier s Φ 219,1/4,5 mm, 8 – betónová výplň, 9 – betónová základová platňa na úrovni terénu, 10 – betónový základ.

Aplikácia technológie InSAR je do značnej miery limitovaná prítomnosťou trvalých radarových odrážačov (persistent scatterers – PS). Z tohto dôvodu je pre oblasti, ktoré sa nachádzajú mimo intravilánov obcí a miest, s nedostatkom, resp. absenciou prirodzených odrážačov, riešenie vo forme inštalácie umelých SAR odrážačov – kútových odrážačov. Kútový odrážač predstavuje zariadenie, ktoré slúži ako umelý odrazný bod na radarovej snímke a ktorého radarový odraz je voči okoliu výrazne väčší.

Kútové odrážače, vzhľadom na skutočnosť, že umožňujú naviazať “voľnú sieť” prirodzených InSAR odrážačov do konvenčného geodetického referenčného rámca (národnej realizácie systémov ETRS89, resp. S-JTSK) a napomáhajú pri korekcii InSAR systematických chýb (napr. v dôsledku chýb orbít družíc alebo atmosférického oneskorenia signálu – Czikhart, Papčo, 2019), majú svoje významné postavenie i v územiach s dostatočným pokrytím prirodzenými odrážačmi.

Z uvedeného dôvodu boli na 8 zosuvných lokalitách vybudované kútové odrážače, ktorých základné parametre sú – umelý odrazový objekt na radarovej snímke s radarovým odrazom voči okoliu väčším ako 10 dB. Zariadenia sú navrhnuté a skonštruované tak, aby zabezpečovali dobrú odrazivosť pre obidve dráhy letu družíc ESA Sentinel-1 (obr. 4).



Obr. 5. Prehľad monitorovacích metód použitých počas riešenia geologickej úlohy Monitoring zosuvných deformácií.

3. SPÔSOB A FREKVENCIA ZBERU ÚDAJOV

Vo všeobecnosti možno konštatovať, že vývoj v oblasti spôsobov a frekvencie zberu údajov smeroval od jednorazových, prevažne mechanicky vykonávaných meračských operácií, ku kontinuálnym automatickým meraniam. S inštaláciou automatických zariadení do monitorovacích vrtov, spolu s ich komunikačnou časťou, bolo možné zabezpečiť prenos údajov do monitorovacieho centra na dennej báze.

Používaná frekvencia zberu údajov počas etapových meraní v rámci riešenia geologickej úlohy:

- 1 polrok až 1 rok (etapové inklinometrické),

- dni až 1 – 2 mesiace (merania hĺbky hladiny podzemnej vody, výdatnosť odvodňovacích zariadení).

Namerané informácie, získané kontrolnými etapovými meraniami, boli do centra monitorovania zasielané v mesačných intervaloch.

V období po inštalácii vysúťažených automatických monitorovacích zariadení sú merania vykonávané s frekvenciou 1 hodina a zasielané sú prostredníctvom siete GSM, a to pravidelne denne o 7:00 hod.

4. VÝSLEDKY MONITOROVANIA

Prezentácia výsledkov monitorovania na jednotlivých zosuvných lokalitách je spracovaná jednotne pre všetky monitorované zosuvné lokality. Poradie jednotlivých monitorovaných lokalít je v súlade s tab. 1 záverečnej správy. Postupnosť hodnotenia monitorovacích metód je v zmysle tab. 1 predloženej textovej prílohy a vychádza z logicky na seba nadväzujúceho vývoja procesov, ktoré pôsobia v prírodnom prostredí. V našich podmienkach, popri geologickej stavbe a antropogénnych zásahoch, hlavnú úlohu pri aktivizácii zosuvov zohrávajú klimatické faktory. Komplexné monitorovanie tohto javu je ale zabezpečované len na lokalite Nižná Myšľa. Pri pozorovaní zosuvných území je najväčšia pozornosť venovaná režimovým zmenám hĺbky hladiny podzemnej vody a následnému vývoju pohybovej aktivity.

Hodnotenie jednotlivých lokalít začína situačnou mapou zosuvného územia s lokalizáciou jednotlivých objektov monitorovacej siete. Jej situovanie je doplnené názornou fotografiou, ktorá predstavuje širší alebo detailný pohľad na monitorovacie objekty (podrobný opis zosuvnej lokality, vrátane geologickej stavby, sa nachádza v čiastkových záverečných správach, ktoré predstavujú prílohy I. A1 až I. S2; miestopisné vymedzenie územia je spolu so základnými východiskovými údajmi uvedené v kapitole 1 a kapitole 4 záverečnej správy).

Postup prezentácie nameraných výsledkov odzrkadľuje chronológiu realizácie meracích aktivít v čase riešenia geologickej úlohy. V rámci hodnotenia jednotlivých metód sú ako prvé uvádzané výsledky, zaznamenané počas obdobia pred inštaláciou obstaraného špeciálneho prístrojového vybavenia. Ide o etapové a kontinuálne merania (prostredníctvom automatických hladinomerov, zabezpečených z iných geologických úloh) hĺbky hladiny podzemnej vody, výdatnosti odvodňovacích objektov a etapové merania metódou presnej inklinometrie. Výsledky sú prezentované vo forme tabuliek.

Následne sú formou tabuliek a grafov spracované kontinuálne merania z obdobia od júna 2023 do polovice decembra 2023. Ide o výsledky meraní, ktoré boli zaznamenané monitorovacími zariadeniami, inštalovanými na základe RD č. 3202/22-01 – „Špeciálne prístrojové vybavenie pre potreby projektu OP KŽP – Monitoring svahových deformácií“.

Vo všetkých tabuľkách sú prezentované základné štatistické ukazovatele, zastúpené minimálnou hodnotou s termínom jej namerania, 1. až 3. kvartilom (25., 50. a 75. percentil), maximálnou hodnotou s termínom jej zaznamenania, priemernou hodnotou a nakoniec veľkosťou amplitúdy hodnotenej fyzikálnej veličiny. V niektorých prípadoch, najmä pri hodnotení klimatických ukazovateľov, sú použité aj účelovo upravené štruktúry tabuliek.

V prípade etapových výsledkov, zaznamenaných metódou presnej inklinometrie, prezentované hodnoty v tabuľkách predstavujú namerané prírastky deformácie v období meracej etapy, azimut, rýchlosť deformácie a celkovú deformáciu zaznamenanú v období od

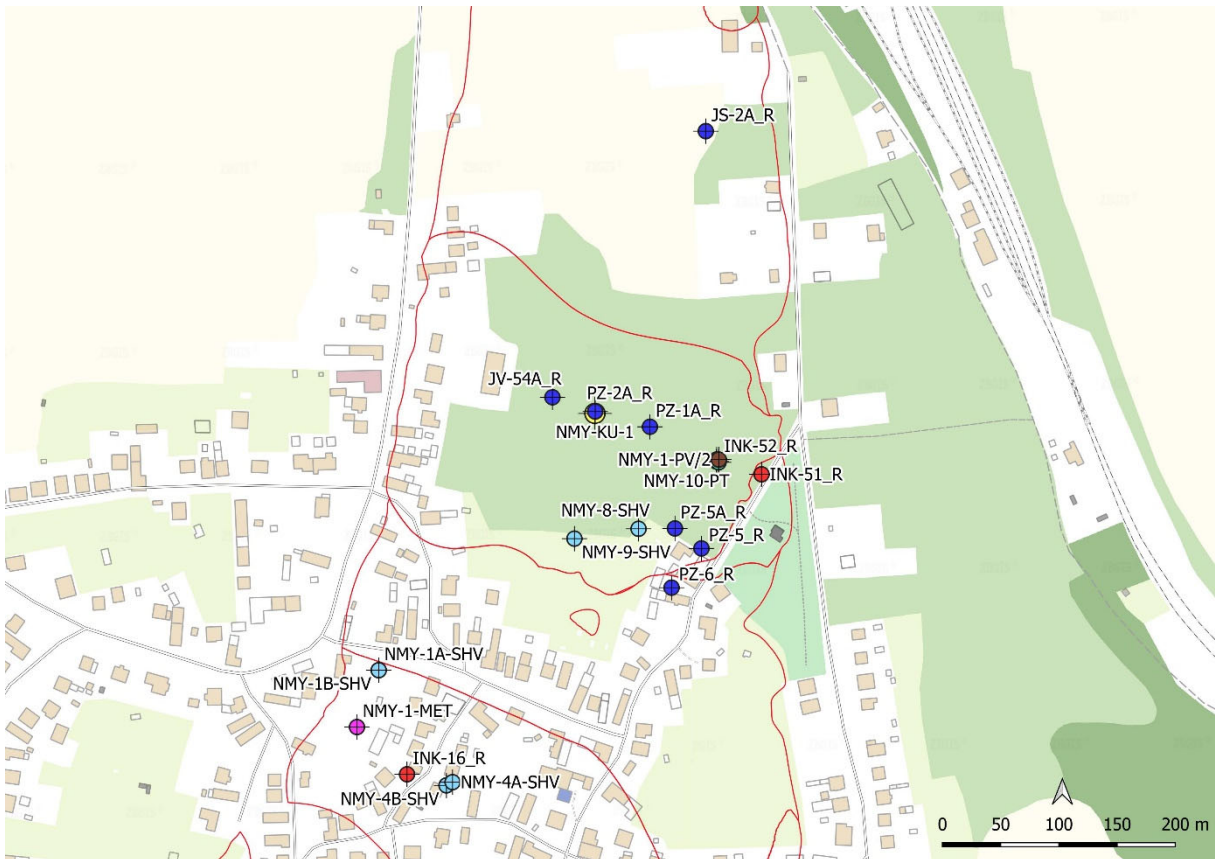
nultého merania po prezentované etapové meranie. Prezentované hodnoty reprezentujú vybrané horizonty, v ktorých bola sledovaná deformácia inklinometrickej zárubnice.








Grafické vyjadrenie nameraných fyzikálnych veličín je formou grafov. Znárodné sú časové rady zaznamenaných hodnôt, prostredníctvom automatických monitorovacích zariadení. V prípade inklinometrických meraní je prezentovaná diferenciálna deformácia inklinometrickej pažnice.

Výsledky merania posunov sú prezentované formou príloh P1 – P5 (Czikhardt a Papčo, 2019, Papčo a Czikhardt, 2021, 2022, 2023a, 2023b) a P6 – P9 (Fraštia, 2019, 2020, 2021 a 2023).

Každá monitorovaná lokalita obsahuje podkapitolu „Zhrnutie výsledkov“. Spracované sú najdôležitejšie poznatky z monitorovania, praktické upozornenia a návrh ďalšieho postupu pozorovania a hodnotenia lokality.

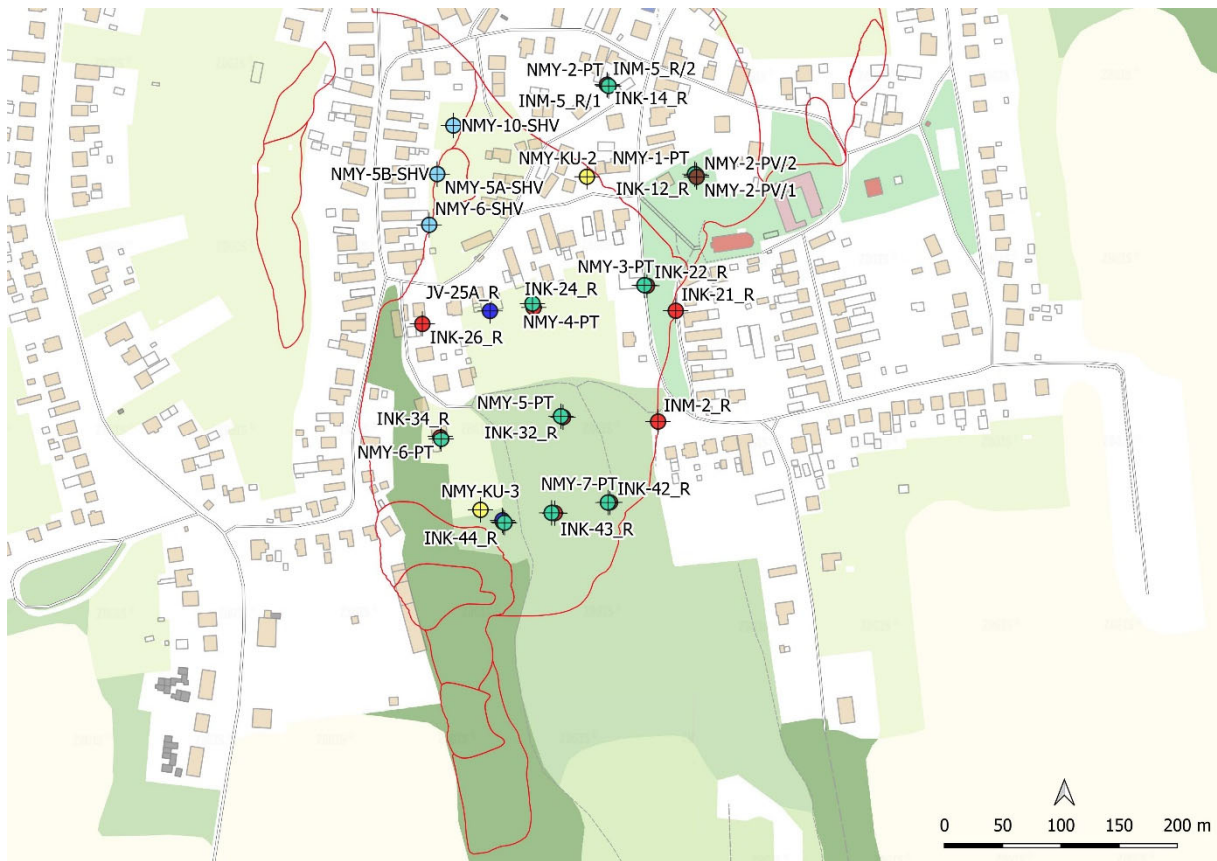
4.19. Lokalita Nižná Myšľa



Obr. 99. Situácia severnej časti zosuvného územia Nižná Myšľa s monitorovacími objektami.  – klimatická stanica;  – vrty s inštalovanými snímačmi pôdnej vlhkosti;  – piezometrické vrty;  – vrty s inštalovanými snímačmi pórových tlakov;  – impulzné prietokomery;  – inklinometrické vrty;  – kútové odražače pre technológiu InSAR.



Obr. 100. Klimatická stanica inštalovaná v severnej časti zosuvného územia Nižná Myšľa.



Obr. 101 Situácia južnej časti zosuvného územia Nižná Myšľa s monitorovacími objektami. ● – vrty s inštalovanými snímačmi pôdnej vlhkosti; ● – piezometrické vrty; ● – vrty s inštalovanými snímačmi pórových tlakov; ● – impulzné prietokomery; ● – inklinometrické vrty; ● kútové odražače pre technológiu InSAR (objekt NMY-KU-4 je umiestnený mimo zosuvného územia).

Prehľad monitorovacích aktivít počas riešenia geologickej úlohy

Tab. 122. Prehľad monitorovacích aktivít na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Frekvencia meraní
	Počet	Označenie	
Meranie klimatických ukazovateľov	1	NMY-1-MET ¹	1 hod.
Meranie pôdnej vlhkosti	4	NMY-1-PV ² , NMY-2-PV ²	1 hod.
Merania hĺbky hladiny podzemnej vody (etapové merania)	75 ³	J-1, JC-1, JC-2, JC-3, JC-4, JC-5, JJ-1, JJ-2, JJ-3, JJ-4, JK-1, JK-3, JK-4, JK-6, JS-1, JS-2, JS-2A, JS-3, JS-4, JS-4A, JV-11, JV-12, JV-14, JV-15, JV-16, JV-18, JV-22, JV-23, JV-23A, JV-25, JV-25A, JV-26, JV-26A, JV-27, JV-31, JV-33, JV-34, JV-35, JV-41, JV-42, JV-43, JV-43A, JV-44, JV-44A, JV-45, JV-51, JV-52, JV-53, JV-53A, JV-54A, JV-55, P-1, P-3, P-4, P-5, P-6, PŠ-3, PŠ-4, PŠ-5, PZ-1, PZ-10, PZ-11, PZ-12, PZ-1A, PZ-2, PZ-2A, PZ-4, PZ-5, PZ-5A, PZ-6, PZ-7, PZ-8, PZ-9, ŠŠ-1, ŠŠ-2	1 týždeň
Merania hĺbky hladiny podzemnej vody (kontinuálne merania)	10	JS-2A, JV-25A, JV-44A, JV-52, JV-54A, PZ-1A, PZ-2A, PZ-5, PZ-5A, PZ-6	1 hod.
Meranie pórových tlakov	10	NMY-10-PT, NMY-1-PT, NMY-2-PT, NMY-3-PT, NMY-4-PT, NMY-5-PT, NMY-6-PT, NMY-7-PT, NMY-8-PT, NMY-9-PT	1 hod.
Meranie prietokov (etapové merania)	37 ³	HNM-1, HNM-2, HNM-3, SHV-101, SHV-11, SHV-111, SHV-112, SHV-12, SHV-13, SHV-14, SHV-15, SHV-21, SHV-22, SHV-23, SHV-31, SHV-32, SHV-33, SHV-34, SHV-41, SHV-42, SHV-43, SHV-51, SHV-52, SHV-53, SHV-61, SHV-62, SHV-63, SHV-64, SHV-71, SHV-72, SHV-73, SHV-81, SHV-82, SHV-91, SHV-92, SHV-93, ST-12	1 týždeň

Meranie prietokov (kontinuálne merania)	10	NMY-10-SHV, NMY-1A-SHV, NMY-1B-SHV, NMY-4A-SHV, NMY-4B-SHV, NMY-5A-SHV, NMY-5B-SHV, NMY-6-SHV, NMY-8-SHV, NMY-9-SHV	1 hod.
Sledovanie pohybu metódou presnej inklinometrie (prenosný variant)	21	INK-12, INK-14N, INK-16, INK-17, INK-21, INK-22, INK-24A, INK-26, INK-32, INK-34, INK-42, INK-43, INK-44, INK-51, INK-52, INK-53, INK-55, INK-56, INM-2, INM-3A, INM-5h	1 polrok
Sledovanie pohybu metódou presnej inklinometrie (stacionárna sonda)	16	INK-12, INK-14, INK-16, INK-21, INK-22, INK-24, INK-26, INK-32, INK-34, INK-42, INK-43, INK-44, INK-51, INK-52, INM-2, INM-5	1 hod.
Sledovanie pohybu technológiou InSAR	4/stovky bodov	NMY-KU-1, NMY-KU-2, NMY-KU-3, NMY-KU-4 a prirodzené odrazné body	12 dní
Sledovanie pohybu geodetickými meraniami (GNSS)	4	NMY-KU-1, NMY-KU-2, NMY-KU-3, NMY-KU-4	1 polrok

¹ – meteorologická stanica, pozostávajúca zo senzorov: rýchlosti a smeru vetra, atmosférického tlaku, teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu, zrážkových úhrnov pre tuhé a kvapalné zrážky, radiačnej bilancie a vlhkosti pôdy, ² – v objekte sú inštalované 2 snímače do rôznych hĺbok, ³ – merania boli realizované v súčinnosti s Obecným úradom v Nižnej Myšli, čo umožnilo zabezpečiť monitorovanie hladiny podzemnej vody nad rámec projektu. Frekvencia a doba monitorovacích meraní na uvedených objektoch nebola jednotná. Prietoky na odvodňovacích zariadeniach boli realizované separátne na jednotlivých odvodňovacích vrtoch.

Výsledky monitorovacích meraní

Meranie zrážkových úhrnov

Tab. 123. Výsledky štatistického spracovania meraní zrážkových úhrnov na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Hodnotený ukazovateľ	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [mm]	Q2 [mm]	Q3 [mm]	Maximálna hodnota	
		[mm]	Dátum				[%]	Dátum
Denný úhrn	287	0,00	29.12.23	0,00	0,10	2,00	34,60	04.08.23
30-denný KÚ	279	17,50	20.06.23	43,50	57,40	85,25	147,20	18.10.23

Poznámka: KÚ – kumulatívny úhrn, Q1 – 1. kvartil (25. percentil), Q2 – 2. kvartil (50. percentil), Q3 – 3. kvartil (75. percentil)

Tab. 124. Výsledky spracovania zrážkových úhrnov na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Mesiac	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
MZÚ	51,30	46,50	43,40	42,40	88,30	88,70	51,70	63,90	102,20	65,00

Poznámka: MZÚ – mesačný zrážkový úhrn; merania boli realizované od 9. marca; technické poruchy (nerané): 13. a 14. apríl, 3., 4., 9., 10., 11., 12., 16. a 17. jún

Meranie vlhkosti vzduchu

Tab. 125. Výsledky štatistického spracovania meraní vlhkosti vzduchu na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Hodnotený ukazovateľ	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [%]	Q2 [%]	Q3 [%]	Maximálna hodnota		Priemer [%]	Kolísanie [%]
		[%]	Dátum a čas				[%]	Dátum a čas		
10 min. záznam	37534	18,74	01.05.23 14:00	62,64	93,07	100,0	100,0	31.12.23 23:50	81,31	81,26
Denný priem.	269	46,70	13.05.23	70,76	82,23	93,81	100,0	31.12.23	81,38	53,30
Denné min.	269	18,74	02.05.23	41,65	52,54	71,67	100,0	31.12.23	57,95	81,26
Denné max.	269	57,09	14.03.23	100,0	100,0	100,0	100,0	31.12.23	97,77	42,91

Tab. 126. Výsledky spracovania vlhkosti vzduchu na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Mesiac	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
PMVV	64,56	76,43	70,13	79,27	77,11	82,06	86,74	91,20	93,77	97,27

Poznámka: PMVV – Priemerná mesačná vlhkosť vzduchu; merania boli realizované od 9. marca

Meranie rýchlosti a smeru vetra

Tab. 127. Výsledky štatistického spracovania meraní rýchlosti vetra na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Hodnotený ukazovateľ	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [m.s ⁻¹]	Q2 [m.s ⁻¹]	Q3 [m.s ⁻¹]	Maximálna hodnota		Priemer [m.s ⁻¹]	Kolísanie [m.s ⁻¹]
		[m.s ⁻¹]	Dátum a čas				[m.s ⁻¹]	Dátum a čas		
10 min. záznam	40099	0,01	16.05.23 04:00	0,53	0,92	1,50	7,20	04.04.23 09:30	1,14	7,20
Denný priem.	288	0,30	04.12.23	0,72	0,94	1,43	4,58	04.04.23	1,15	4,28
Denné min.	288	0,01	16.05.23	0,04	0,08	0,14	2,46	04.04.23	0,18	2,45
Denné max.	288	0,88	04.12.23	1,85	2,30	3,02	7,20	04.04.23	2,55	6,33

Tab. 128. Výsledky spracovania rýchlosti vetra na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Mesiac	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
PMRV [m.s ⁻¹]	1,61	1,79	1,42	0,82	0,86	0,81	0,95	0,85	1,20	1,14

Poznámka: PMRV – Priemerná mesačná rýchlosť vetra; merania boli realizované od 9. marca

Tab. 129. Výsledky spracovania údajov o smere vetra na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Smer	SSV	SV	JV	JJV	JJZ	JZ	SZ	SSZ
Azimut [°]	0 – 45	46 – 90	91 – 135	136 – 180	181 – 225	226 – 270	271 – 315	316 – 360
Percentuálny podiel [%]	30,53	9,64	3,05	9,06	19,33	7,04	3,90	17,44

Poznámka: merania boli realizované od 9. marca

Meranie rýchlosti a smeru nárazového vetra

Tab. 130. Výsledky štatistického spracovania meraní rýchlosti nárazového vetra na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Hodnotený ukazovateľ	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [m.s ⁻¹]	Q2 [m.s ⁻¹]	Q3 [m.s ⁻¹]	Maximálna hodnota		Priemer [m.s ⁻¹]	Kolísanie [m.s ⁻¹]
		[m.s ⁻¹]	Dátum a čas				[m.s ⁻¹]	Dátum a čas		
10 min. záznam	40099	0,14	07.12.23 06:50	1,62	2,67	4,26	29,81	30.08.23 07:40	3,28	29,67
Denný priem.	288	0,89	05.12.23	2,24	2,78	4,00	11,36	04.04.23	3,30	10,47
Denné min.	288	0,14	07.12.23	0,45	0,58	0,80	6,37	04.04.23	0,82	6,23
Denné max.	288	1,99	05.12.23	5,27	6,97	8,96	29,81	30.08.23	7,53	27,82

Tab. 131. Výsledky spracovania rýchlosti nárazového vetra na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Mesiac	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
PMRNV [m.s ⁻¹]	4,16	4,56	4,25	2,63	2,86	2,65	2,88	2,71	3,33	2,86

Poznámka: PMRNV – Priemerná mesačná rýchlosť nárazového vetra; merania boli realizované od 9. marca

Tab. 132. Výsledky spracovania údajov o smere vetra na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Smer	SSV	SV	JV	JJV	JJZ	JZ	SZ	SSZ
Azimut [°]	0 – 45	46 – 90	91 – 135	136 – 180	181 – 225	226 – 270	271 – 315	316 – 360
Percentuálny podiel [%]	29,11	10,37	3,70	11,05	19,33	3,53	4,61	18,29

Poznámka: merania boli realizované od 9. marca

Meranie tlaku vzduchu

Tab. 133. Výsledky štatistického spracovania meraní tlaku vzduchu na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Hodnotený ukazovateľ	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [hPa]	Q2 [hPa]	Q3 [hPa]	Maximálna hodnota		Priemer [hPa]	Kolísanie [hPa]
		[hPa]	Dátum a čas				[hPa]	Dátum a čas		
10 min. záznam	40772	967,67	22.12.23 03:00	991,81	996,49	1000,50	1018,60	16.12.23 22:20	995,40	50,93
Denný priem.	292	971,09	22.12.23	991,85	996,37	1000,13	1017,21	16.12.23	995,31	46,13
Denné min.	292	967,67	22.12.23	988,04	994,34	997,92	1015,80	17.12.23	992,74	48,13
Denné max.	292	973,21	22.12.23	994,42	998,51	1002,23	1018,60	16.12.23	997,74	45,39

Tab. 134. Výsledky spracovania nameraného tlaku vzduchu na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Mesiac	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
PMHTV [hPa]	992,75	994,51	998,91	996,48	994,88	995,56	1000,79	995,22	988,53	995,28

Poznámka: PMHTV – Priemerná mesačná hodnota tlaku vzduchu; merania boli realizované od 9. marca

Meranie teploty vzduchu

Tab. 135. Výsledky štatistického spracovania meraní tlaku vzduchu na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Hodnotený ukazovateľ	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1	Q2	Q3	Maximálna hodnota		Priemer	Kolísanie
		[°C]	Dátum a čas	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	Dátum a čas		
10 min. záznam	40772	967,67	22.12.23 03:00	991,81	996,49	1000,50	1018,60	16.12.23 22:20	995,40	50,93
Denný priem.	292	971,09	22.12.23	991,85	996,37	1000,13	1017,21	16.12.23	995,31	46,13
Denné min.	292	967,67	22.12.23	988,04	994,34	997,92	1015,80	17.12.23	992,74	48,13
Denné max.	292	973,21	22.12.23	994,42	998,51	1002,23	1018,60	16.12.23	997,74	45,39

Tab. 136. Výsledky spracovania nameraného tlaku vzduchu na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Mesiac	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
PMTV [°C]	7,34	8,87	15,17	19,53	21,26	21,92	18,29	12,38	8,99	1,78

Poznámka: PMTV – Priemerná mesačná teplota vzduchu; merania boli realizované od 9. marca

Meranie celkovej radiačnej bilancie

Tab. 137. Výsledky spracovania radiačnej bilancie na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Čas	00:00 – 05:00	05:00 – 07:00	07:00 – 09:00	09:00 – 11:00	11:00 – 12:00	12:00 – 13:00	13:00 – 15:00	15:00 – 17:00	17:00 – 19:00	19:00 – 00:00
PHCR [W.m ⁻²]	-31,62	23,94	163,42	279,16	308,52	290,33	209,94	73,36	-19,73	-38,63

Poznámka: PHCR – Priemerná hodnota celkovej radiačnej bilancie; merania boli realizované od 9. marca; priemerná hodnota je vypočítaná na základe prijatého a vyžiareného krátkovlnného a dlhovlnného žiarenia (záporné hodnoty vyjadrujú spätné vyžarovanie územia prevažne vo forme dlhovlnného žiarenia).

Meranie pôdnej vlhkosti a teploty v oblasti meteorologickej stanice

Tab. 138. Výsledky štatistického spracovania meraní vlhkosti pôdy meteorologickou stanicou na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Hodnotený ukazovateľ	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1	Q2	Q3	Maximálna hodnota		Priemer	Kolísanie
		[%]	Dátum a čas	[%]	[%]	[%]	[%]	Dátum a čas		
10 min. záznam	40767	31,52	22.11.23 10:30	33,27	37,48	39,48	40,19	15.12.23 08:30	36,54	8,67
Denný priem.	292	31,53	21.11.23	33,26	37,50	39,48	40,18	15.12.23	36,54	8,65
Denné min.	292	31,52	22.11.23	33,24	37,46	39,46	40,15	15.12.23	36,50	8,63
Denné max.	292	31,55	21.11.23	33,28	37,52	39,49	40,19	15.12.23	36,58	8,64

Tab. 139. Výsledky štatistického spracovania meraní vlhkosti pôdy meteorologickou stanicou na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

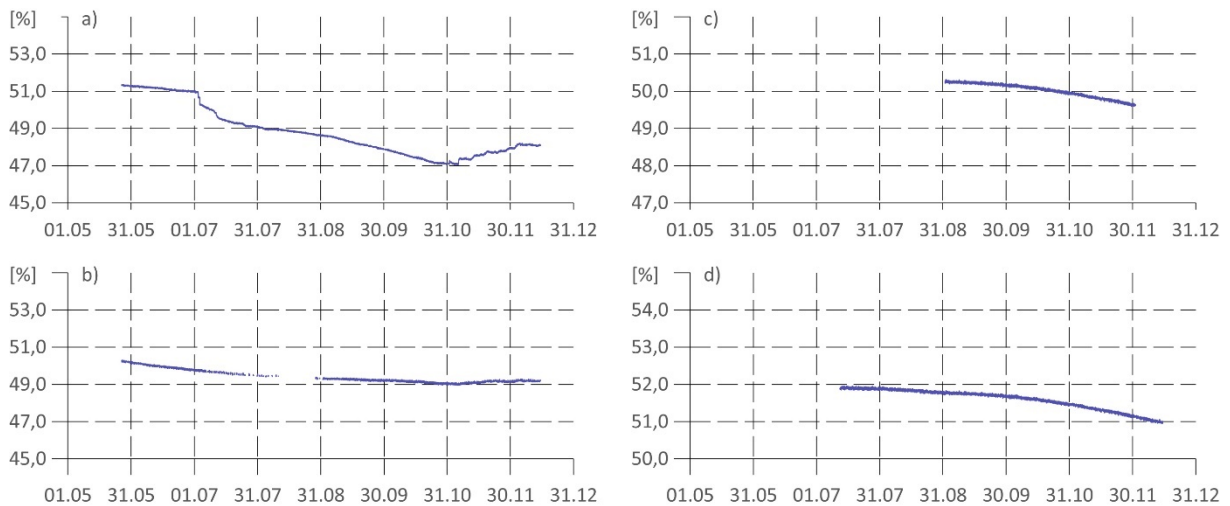
Hodnotený ukazovateľ	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1	Q2	Q3	Maximálna hodnota		Priemer	Kolísanie
		[%]	Dátum a čas	[%]	[%]	[%]	[%]	Dátum a čas		
10 min. záznam	40772	6,80	13.03.23 15:20	9,80	14,20	16,90	18,20	06.09.23 11:40	13,34	11,40

Meranie pôdnej vlhkosti v zosuvnom území

Tab. 140. Výsledky štatistického spracovania meraní pôdnej vlhkosti na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Monitorovací objekt	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [%]	Q2 [%]	Q3 [%]	Maximálna hodnota		Priemer [%]	Kolísanie [%]
		[%]	Dátum a čas				[%]	Dátum a čas		
NMY-1-PV/1	4850	47,03	05.11.23 05:00	47,75	48,57	49,41	51,36	27.05.23 03:00	48,82	4,33
NMY-1-PV/2	3727	48,97	28.10.23 16:00	49,15	49,23	49,71	50,30	27.05.23 04:00	49,40	1,33
NMY-2-PV/1	2207	49,60	29.11.23 23:00	49,86	50,07	50,19	50,32	01.09.23 12:00	50,02	0,72
NMY-2-PV/2	3737	50,95	14.12.23 18:00	51,41	51,69	51,82	51,95	13.07.23 13:00	51,60	1,00

Q1 – 1. kvartil (25. percentil), Q2 – 2. kvartil (50. percentil), Q3 – 3. kvartil (75. percentil)



Obr. 102. Vývoj pôdnej vlhkosti, zaznamenatej na lokalite Nižná Myšľa, v období riešenia geologickej úlohy; a – NMY-1-PV/1 (v hĺbke 1,50 m pod terénom), b – NMY-1-PV/2 (v hĺbke 3,00 m pod terénom), c – NMY-2-PV/1 (v hĺbke 1,50 m pod terénom), d – NMY-2-PV/2 (v hĺbke 3,00 m pod terénom).

Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody terénnym pozorovateľom



Obr. 103. Situácia zosuvného územia Nižná Myšľa s piezometrickými pozorovacími vrtmi objektami.

Tab. 141. Výsledky štatistického spracovania meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy v spolupráci s terénnymi meračmi (etapové merania).

Monitorovací objekt	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [m]	Q2 [m]	Q3 [m]	Maximálna hodnota		Priemer [m]	Kolísanie [m]
		[m]	Dátum				[m]	Dátum		
J-1	127	11,44	05.01.19	11,16	10,89	10,65	10,10	07.07.21	10,86	1,34
JC-1	127	10,59	21.03.19	9,00	8,43	7,94	7,49	12.03.21	8,63	3,10
JC-2	127	8,92	22.06.19	8,31	7,81	7,46	6,66	27.08.19	7,89	2,26
JC-3	127	5,11	05.01.19	4,79	4,51	4,41	4,21	05.03.21	4,59	0,90
JC-4	127	3,71	27.08.19	2,91	2,57	2,02	1,20	19.02.21	2,49	2,51
JC-5	127	3,67	29.10.20	2,99	2,85	2,57	2,15	14.01.20	2,79	1,52
JJ-1	127	15,83	27.04.19	15,31	14,68	14,09	13,77	26.02.21	14,69	2,06
JJ-2	127	8,82	19.07.19	8,68	8,27	8,02	3,36	06.06.20	8,25	5,46
JJ-4	127	5,39	06.04.19	4,71	3,42	2,75	1,12	14.04.21	3,59	4,27
JK-1	127	16,13	14.05.19	15,80	15,42	15,17	14,21	28.05.21	15,38	1,92
JK-3	127	10,98	12.10.19	10,69	9,83	9,45	8,23	28.05.21	9,87	2,75
JK-4	127	15,16	13.07.20	15,16	15,15	15,15	15,14	06.08.20	15,15	0,02
JK-6	127	11,75	12.11.20	11,66	11,63	11,61	11,57	05.11.21	11,64	0,18
JS-1	127	16,56	28.03.19	16,49	16,44	16,34	15,05	28.05.21	16,32	1,51
JS-2	127	4,26	06.07.20	4,20	4,17	4,15	4,11	27.07.20	4,18	0,15
JS-2A	174	5,44	19.10.19	5,18	3,76	3,12	0,70	26.02.21	3,89	4,74
JS-3	127	9,06	29.12.20	8,91	8,77	7,15	2,80	28.05.21	7,95	6,26
JS-4	127	12,22	20.12.21	11,63	7,98	7,88	7,80	05.01.19	9,03	4,42
JS-4A	127	12,36	14.05.19	12,18	12,02	7,51	6,76	26.06.21	10,69	5,60
JV-11	127	9,75	27.04.19	8,72	8,31	8,22	7,90	29.04.20	8,54	1,85
JV-12	127	11,25	27.04.19	10,20	9,56	9,13	7,85	12.03.21	9,66	3,40
JV-15	127	15,06	28.03.19	14,58	14,54	14,40	14,08	27.08.19	14,52	0,98
JV-16	127	3,09	27.04.19	2,50	2,18	1,88	0,87	26.02.21	2,16	2,22
JV-22	127	7,96	28.05.19	7,58	7,26	7,08	6,38	28.05.21	7,27	1,58

Monitorovací objekt	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [m]	Q2 [m]	Q3 [m]	Maximálna hodnota		Priemer [m]	Kolísanie [m]
		[m]	Dátum				[m]	Dátum		
JV-23	127	5,21	12.10.19	5,11	4,66	4,51	3,51	12.03.21	4,69	1,70
JV-23A	127	5,26	12.10.19	5,16	4,71	4,54	3,60	12.03.21	4,73	1,66
JV-25	127	9,47	18.09.20	8,98	4,95	4,74	2,96	05.03.20	6,49	6,51
JV-25A	174	9,65	06.08.19	9,47	4,46	3,34	1,70	12.03.21	5,94	7,95
JV-26	127	5,01	15.05.20	4,08	3,98	3,34	2,35	21.03.19	3,76	2,66
JV-26A	127	1,66	04.06.21	1,61	1,55	1,48	1,29	19.03.21	1,53	0,37
JV-27	127	6,93	29.05.20	6,40	6,24	6,01	4,96	26.02.21	6,18	1,97
JV-31	127	18,49	28.05.19	18,41	18,24	18,17	17,86	26.06.21	18,27	0,63
JV-33	127	4,53	26.10.19	3,61	3,27	2,99	1,88	28.05.21	3,26	2,65
JV-34	127	9,74	07.05.19	8,70	8,59	8,49	8,42	21.05.21	8,72	1,32
JV-35	127	5,22	19.01.19	5,15	4,61	4,38	3,85	28.05.21	4,70	1,37
JV-41	127	11,08	20.04.19	10,96	10,86	10,64	10,46	21.05.21	10,82	0,62
JV-42	127	7,52	28.05.19	7,47	7,29	6,98	6,64	26.06.21	7,22	0,88
JV-43	127	14,19	26.06.21	13,94	5,62	5,51	4,94	26.02.21	7,84	9,25
JV-43A	127	14,46	04.09.20	14,22	14,14	5,71	4,37	26.06.21	11,70	10,09
JV-44	84	12,25	29.01.21	12,22	5,47	4,97	4,85	11.02.19	8,45	7,40
JV-44A	84	5,74	28.12.22	5,26	4,62	3,85	3,24	28.05.21	4,56	2,50
JV-45	127	4,22	06.06.20	3,87	3,69	3,50	2,82	28.05.21	3,62	1,40
JV-52	174	9,50	27.09.19	9,16	8,66	8,11	6,98	26.02.21	8,58	2,52
JV-53	127	18,54	28.02.19	18,45	18,23	17,89	6,65	27.07.20	17,78	11,89
JV-53A	127	18,20	13.07.20	6,67	6,14	1,32	0,67	26.02.21	5,35	17,53
JV-54A	174	6,37	28.01.20	5,94	4,68	3,07	0,75	26.02.21	4,45	5,62
JV-55	127	6,42	13.04.19	6,30	6,16	5,97	5,47	12.03.21	6,09	0,95
P-1	126	7,57	12.01.19	7,36	6,98	6,71	6,41	28.04.21	6,99	1,16
P-3	127	15,56	05.11.21	14,66	14,58	14,49	14,28	12.03.21	14,59	1,28
P-4	127	14,73	26.11.21	14,58	14,56	14,54	14,43	26.02.21	14,56	0,30
P-5	127	9,03	22.06.19	8,37	8,23	8,11	7,22	12.03.21	8,15	1,81
PZ-1	127	16,22	29.10.20	16,08	4,68	3,58	0,69	28.12.19	9,42	15,53
PZ-10	127	10,49	26.11.21	9,67	9,61	9,49	9,23	26.02.21	9,62	1,26
PZ-11	127	8,67	26.11.21	8,53	8,43	8,27	8,02	12.03.21	8,39	0,65
PZ-12	127	6,71	26.11.21	5,71	5,69	5,66	5,61	29.01.21	5,77	1,10
PZ-1A	174	16,25	18.02.19	16,21	4,30	1,40	0,57	19.02.21	7,93	15,68
PZ-2	127	18,93	22.06.19	16,92	16,67	16,16	6,68	28.02.20	15,08	12,25
PZ-2A	174	17,04	07.01.20	7,74	7,59	7,36	5,35	31.08.21	8,79	11,69
PZ-4	127	5,15	26.10.19	4,87	4,41	3,99	2,04	26.02.21	4,33	3,11
PZ-5	174	13,61	05.10.22	13,38	13,10	12,77	12,15	28.05.21	13,06	1,46
PZ-5A	174	7,05	26.10.22	6,73	6,28	4,48	2,02	26.02.21	5,52	5,03
PZ-6	174	7,47	05.01.19	6,92	6,66	6,18	5,14	20.12.21	6,53	2,33
PZ-7	127	4,29	27.07.20	4,24	4,21	4,09	1,51	28.05.21	3,92	2,78
PZ-8	127	6,82	07.12.19	6,66	6,07	5,20	3,50	26.02.21	5,86	3,32
ŠŠ-1	127	7,76	27.08.20	6,78	5,91	5,67	3,26	26.02.21	6,01	4,50
ŠŠ-2	127	8,09	26.06.21	7,20	7,05	6,88	6,23	28.05.21	7,10	1,86

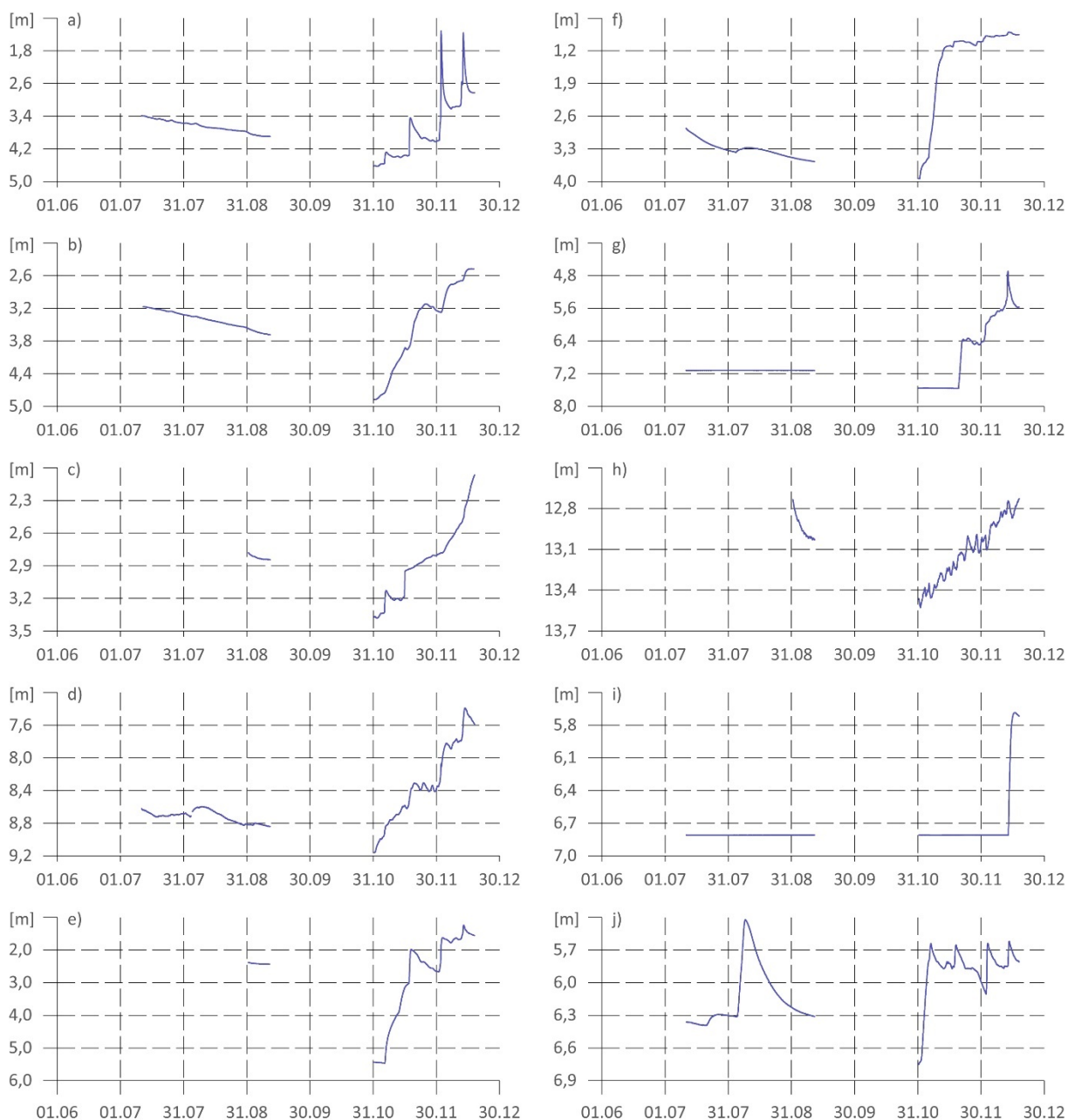
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Tab. 142. Výsledky štatistického spracovania meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy prostredníctvom automatického hladinomera (kontinuálne merania).

Monitorovací objekt	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [m]	Q2 [m]	Q3 [m]	Maximálna hodnota		Priemer [m]	Kolísanie [m]
		[m]	Dátum a čas				[m]	Dátum a čas		
JS-2A	2640	4,63	01.11.23 22:00	3,90	3,70	3,49	1,32	02.12.23 20:00	3,68	3,32
JV-25A	2619	4,88	31.10.23 16:00	3,60	3,37	3,21	2,48	17.12.23 04:00	3,45	2,40
JV-44A	1412	3,38	01.11.23 22:00	3,00	2,84	2,77	2,07	18.12.23 23:00	2,85	1,32
JV-52	2626	9,16	31.10.23 16:00	8,76	8,68	8,39	7,39	14.12.23 07:00	8,53	1,77
JV-54A	1411	5,47	05.11.23 19:00	3,18	2,43	1,76	1,25	13.12.23 20:00	2,76	4,22
PZ-1	2646	3,94	31.10.23 23:00	3,37	3,22	1,02	0,81	14.12.23 01:00	2,48	3,14
PZ-2A	2646	7,57	18.11.23 12:00	7,13	7,12	6,50	4,70	13.12.23 15:00	6,90	2,87
PZ-5	1411	13,53	01.11.23 10:00	13,26	13,05	12,91	12,73	18.12.23 23:00	13,09	0,80

Monitorovací objekt	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [m]	Q2 [m]	Q3 [m]	Maximálna hodnota		Priemer [m]	Kolísanie [m]
		[m]	Dátum a čas				[m]	Dátum a čas		
PZ-5A	2641	6,81	12.07.23 03:00	6,81	6,81	6,81	5,69	16.12.23 21:00	6,77	1,13
PZ-6	2642	6,75	31.10.23 16:00	6,30	5,98	5,82	5,42	09.08.23 02:00	6,03	1,33

Q1 – 1. kvartil (25. percentil), Q2 – 2. kvartil (50. percentil), Q3 – 3. kvartil (75. percentil)



Obr. 104. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody, zaznamenané na lokalite Nižná Myšľa, v období riešenia geologickej úlohy; a – JS-2A, b – JV-25A, c – JV-44A, d – JV-52, e – JV-54A, f – PZ-1A, g – PZ-2A, h – PZ-5, i – PZ-5A, j – PZ-6.

Tab. 143. Výsledky štatistického spracovania meraní teploty podzemnej vody na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy prostredníctvom automatického hladinomera (kontinuálne merania).

Monitorovací objekt	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [°C]	Q2 [°C]	Q3 [°C]	Maximálna hodnota		Priemer [°C]	Kolísanie [°C]
		[°C]	Dátum a čas				[°C]	Dátum a čas		
JS-2A	1161	11,96	18.12.23 05:00	11,89	11,80	11,68	11,55	01.11.23 04:00	11,78	0,41
JV-25A	1151	11,69	17.12.23 09:00	11,65	11,59	11,50	11,38	01.11.23 08:00	11,57	0,31
JV-44A	1161	11,59	15.11.23 07:00	11,55	11,51	11,46	11,41	15.11.23 15:00	11,50	0,18
JV-52	1161	9,96	31.10.23 15:00	9,92	9,92	9,92	9,90	16.12.23 23:00	9,92	0,06

Monitorovací objekt	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [°C]	Q2 [°C]	Q3 [°C]	Maximálna hodnota		Priemer [°C]	Kolísanie [°C]
		[°C]	Dátum a čas				[°C]	Dátum a čas		
JV-54A	1161	10,30	18.12.23 15:00	10,22	10,15	10,06	9,96	01.11.23 19:00	10,14	0,34
PZ-1	1161	10,07	18.12.23 18:00	9,99	9,91	9,84	9,75	31.10.23 21:00	9,91	0,32
PZ-2A	1157	10,40	18.12.23 22:00	10,33	10,26	10,18	10,11	01.11.23 06:00	10,25	0,30
PZ-5	1160	11,26	02.11.23 16:00	11,24	11,24	11,23	11,22	03.12.23 07:00	11,24	0,04
PZ-5A	1158	11,01	13.12.23 21:00	10,69	10,63	10,55	10,48	01.11.23 18:00	10,63	0,53
PZ-6	1160	10,90	15.12.23 14:00	10,87	10,86	10,85	10,82	06.11.23 12:00	10,86	0,07

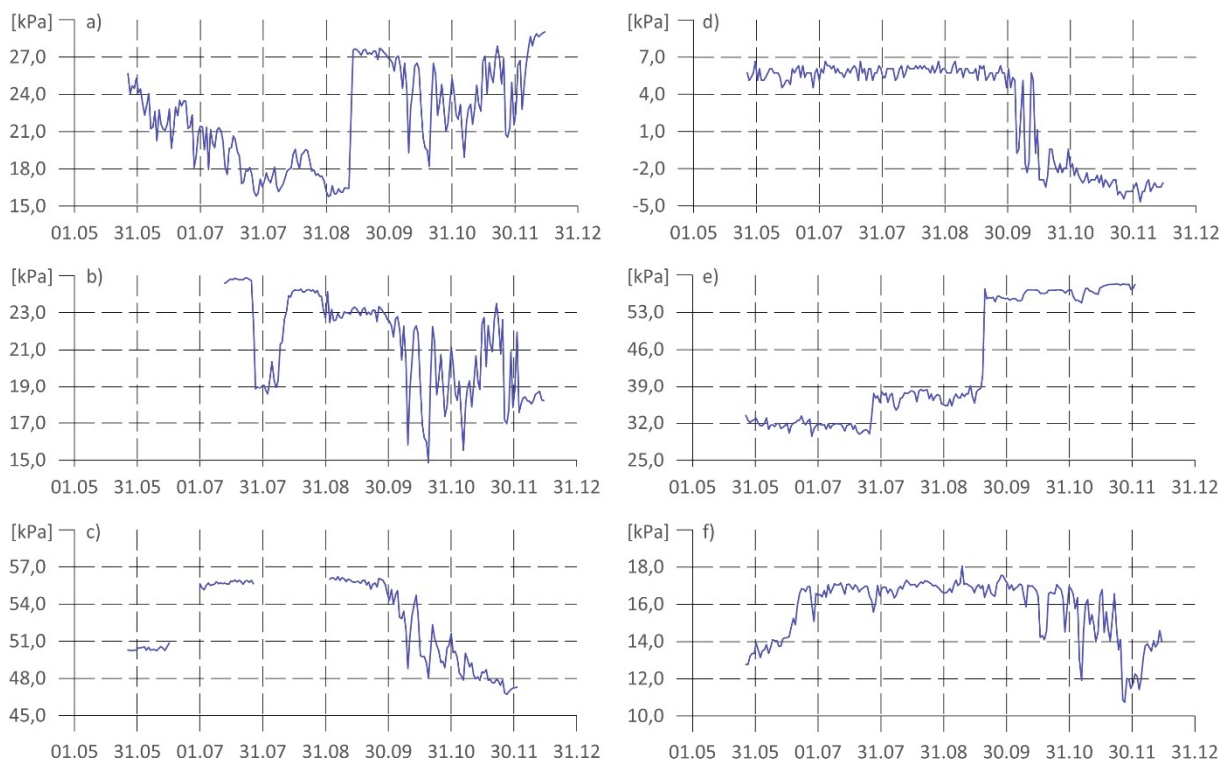
Q1 – 1. kvartil (25. percentil), Q2 – 2. kvartil (50. percentil), Q3 – 3. kvartil (75. percentil)

Meranie pórových tlakov

Tab. 144. Výsledky štatistického spracovania meraní pórových tlakov na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

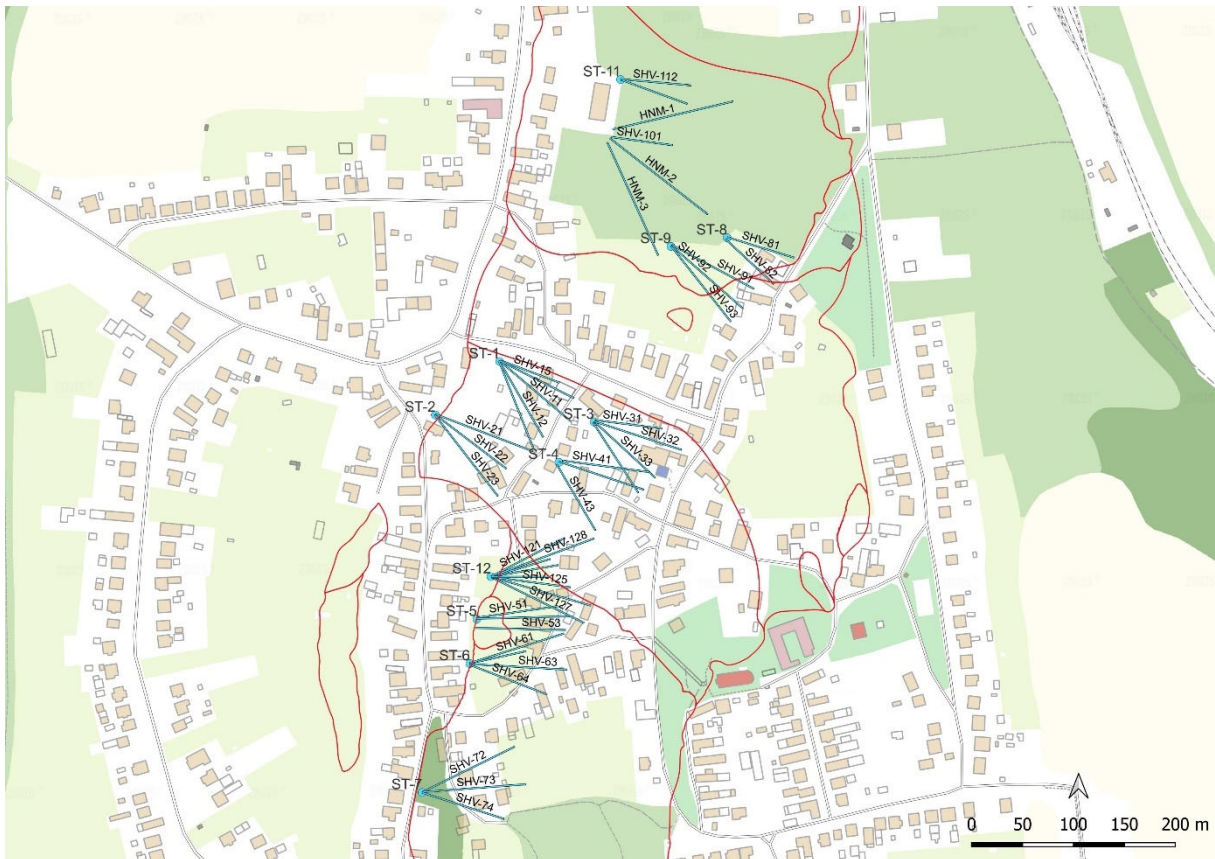
Monitorovací objekt	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [kPa]	Q2 [kPa]	Q3 [kPa]	Maximálna hodnota		Priemer [kPa]	Kolísanie [kPa]
		[kPa]	Dátum				[kPa]	Dátum		
NMY-1-PT	3689	14,85	20.10.23	18,98	22,27	23,18	24,88	24.07.23	21,30	10,02
NMY-2-PT	3282	46,71	27.11.23	49,71	51,79	55,69	56,21	06.09.23	52,31	9,50
NMY-3-PT	4843	-4,24	27.11.23	-0,65	5,84	6,13	6,49	09.07.23	3,33	10,73
NMY-4-PT	3118	17,63	21.10.23	24,13	24,37	24,49	25,92	07.12.23	24,25	8,30
NMY-5-PT	4490	29,49	28.06.23	32,07	37,52	56,45	58,31	23.11.23	42,95	28,82
NMY-6-PT	3353	-8,17	06.11.23	-3,33	-0,84	1,94	5,10	15.12.23	-0,81	13,26
NMY-7-PT	4803	10,74	27.11.23	14,49	16,58	16,96	18,05	09.09.23	15,77	7,32
NMY-8-PT	3784	-50,71	27.11.23	-47,12	-46,48	11,30	15,30	17.07.23	-21,98	66,01
NMY-9-PT	2207	16,89	21.10.23	23,16	23,64	23,82	24,15	23.11.23	23,24	7,26
NMY-10-PT	4778	15,78	01.09.23	18,61	21,76	25,42	29,03	15.12.23	22,05	13,25

Q1 – 1. kvartil (25. percentil), Q2 – 2. kvartil (50. percentil), Q3 – 3. kvartil (75. percentil); uvedené hodnoty predstavujú denné priemery



Obr. 105. Vývoj pórového tlaku na úrovni šmykových plôch, zaznamenaný na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy; a – NMY-10-PT (v hĺbke 5,50 m pod terénom), b – NMY-1-PT (v hĺbke 9,50 m pod terénom), c – NMY-2-PT (v hĺbke 10,50 m pod terénom), d – NMY-3-PT (v hĺbke 5,00 m pod terénom), e – NMY-5-PT (v hĺbke 9,25 m pod terénom), f – NMY-7-PT (v hĺbke 7,00 m pod terénom). Prezentačné hodnoty predstavujú denné priemery pórového tlaku.

Meranie prietoku na odvodňovacích zariadeniach

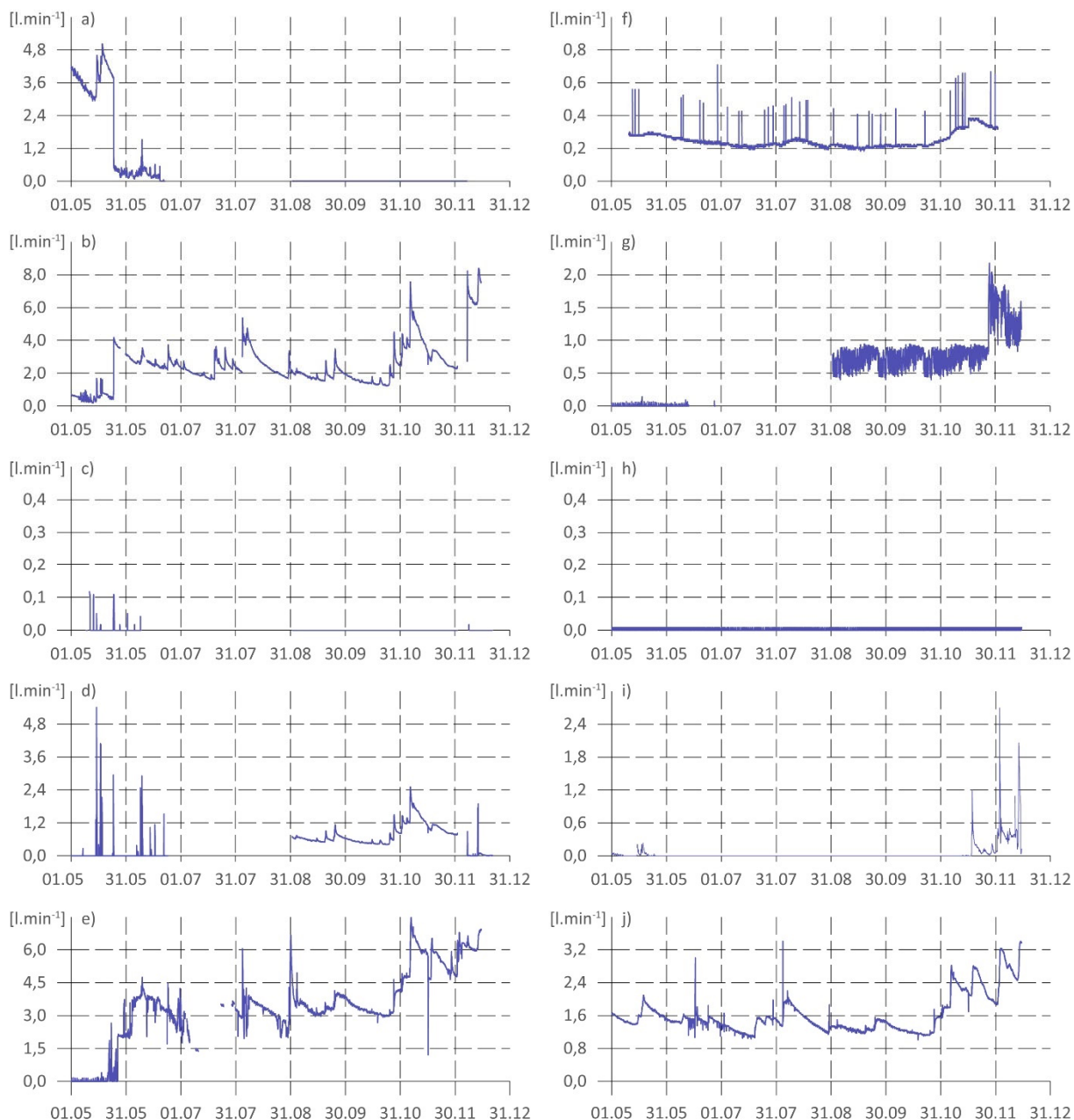


Obr. 106. Situácia zosuvného územia Nižná Myšľa s odvodňovacími vrtmi objektami.

Tab. 145. Výsledky merania prietokov na odvodňovacích vrtoch na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy prostredníctvom automatických prietokomerov.

Monitorovací objekt	Počet meraní	Minimálna hodnota		Q1 [l.min ⁻¹]	Q2 [l.min ⁻¹]	Q3 [l.min ⁻¹]	Maximálna hodnota		Priemer [l.min ⁻¹]	Kolísanie [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	Dátum a čas				[l.min ⁻¹]	Dátum a čas		
NMY-1A-SHV	3581	0,00	19.06.23 14:00	0,00	0,00	0,25	5,02	18.05.23 11:00	0,65	5,02
NMY-1B-SHV	5224	0,18	12.05.23 23:00	1,71	2,28	2,84	8,39	13.12.23 19:00	2,43	8,21
NMY-4B-SHV	3228	0,00	09.05.23 08:00	0,00	0,00	0,00	0,12	11.05.23 08:00	0,00	0,12
NMY-4A-SHV	3832	0,00	01.05.23 01:00	0,00	0,48	0,76	5,41	15.05.23 06:00	0,48	5,41
NMY-5A-SHV	4931	0,00	01.05.23 02:00	2,95	3,36	4,05	7,47	06.11.23 00:00	3,41	7,47
NMY-5B-SHV	4907	0,18	16.09.23 16:00	0,22	0,23	0,27	0,71	29.06.23 03:00	0,25	0,53
NMY-6-SHV	3565	0,00	01.05.23 01:00	0,01	0,70	0,85	2,18	27.11.23 07:00	0,60	2,18
NMY-8-SHV	5472	0,00	01.05.23 01:00	0,00	0,00	0,01	0,01	01.05.23 02:00	0,00	0,01
NMY-9-SHV	5469	0,00	04.05.23 14:00	0,00	0,00	0,00	2,69	02.12.23 20:00	0,04	2,69
NMY-10-SHV	5472	1,01	18.10.23 13:00	1,29	1,47	1,74	3,40	04.08.23 06:00	1,61	2,39

Q1 – 1. kvartil (25. percentil), Q2 – 2. kvartil (50. percentil), Q3 – 3. kvartil (75. percentil)



Obr. 107. Vývoj prietokov (výdatností) odvodňovacích zariadení, zaznamenávané člnkovými preklápacími prietokomermi, na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy. Merania sú realizované snímačmi s označením: a – NMY-1A-SHV (spoločná výdatnosť zo subhorizontálnych vrtov – ďalej „SHV“: SHV-11, SHV-12, SHV-13, SHV-14 a SHV-15), b – NMY-1B-SHV (spoločná výdatnosť zo SHV: SHV-11, SHV-12, SHV-13, SHV-14, a SHV-15), c – NMY-4B-SHV (spoločná výdatnosť zo SHV: SHV-42 a SHV-43), d – NMY-5A-SHV (spoločná výdatnosť zo SHV: SHV-51, SHV-52 a SHV-53), e – NMY-5B-SHV (spoločná výdatnosť zo SHV: SHV-51, SHV-52 a SHV-53), f – NMY-6-SHV (spoločná výdatnosť zo SHV: SHV-61, SHV-62, SHV-63 a SHV-64), g – NMY-8-SHV (spoločná výdatnosť zo SHV: SHV-81 a SHV-82), h – NMY-9-SHV (spoločná výdatnosť zo SHV: SHV-91, SHV-92 a SHV-93), i – NMY-4A-SHV (SHV-41), j – NMY-10-SHV (spoločná výdatnosť zo SHV: SHV-121, SHV-122, SHV-123, SHV-124, SHV-125, SHV-126, SHV-127 a SHV-128).

Meranie metódou presnej inklinometrie (etapové merania)

Tab. 146. Výsledky spracovania etapových meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Monitorovací objekt	Hĺbka	30.05.19 – 15.10.19				15.10.19 – 21.05.20				21.05.20 – 10.11.20			
		ED [mm]	EA [°]	ER [mm.rok ⁻¹]	CD [mm]	ED [mm]	EA [°]	ER [mm.rok ⁻¹]	CD [mm]	ED [mm]	EA [°]	ER [mm.rok ⁻¹]	CD [mm]
INK-12	9,50	0,50	30	1,32	4,21	2,26	313	3,76	6,46	1,61	293	3,40	7,96
INK-12	14,50	0,50	67	1,32	0,32	0,28	345	0,47	0,58	0,41	224	0,87	0,41
INK-21	6,50	0,80	270	2,12	2,67	3,50	358	5,83	1,03	3,81	175	8,04	3,01
INK-21	13,50	0,14	225	0,37	0,22	0,32	342	0,53	0,36	0,32	162	0,67	0,22
INK-21	16,00	0,00	0	0,00	0,14	0,14	315	0,24	0,28	0,10	180	0,21	0,22
INK-22	4,50	3,75	324	9,84	13,37	10,26	200	17,18	22,47	10,95	199	23,10	32,91
INK-22	5,00	3,09	305	8,11	13,51	8,42	200	14,09	20,92	5,94	203	12,54	26,61
INK-24A	4,50	1,02	191	2,70	2,79	2,33	317	3,89	4,92	1,66	303	3,51	6,59
INK-24A	7,50	0,86	216	2,28	3,23	2,13	319	3,54	5,15	1,84	299	3,87	6,98
INK-24A	17,00	0,64	219	1,69	0,54	0,54	22	0,90	0,42	0,22	117	0,47	0,22
INK-26	7,00					0,28	305	0,47	0,58	0,54	192	1,13	1,06
INK-26	17,00					0,22	323	0,37	1,02	0,36	204	0,76	0,81
INK-32	9,50	1,84	319	4,88	7,78	3,41	265	5,77	10,97				
INK-32	17,00	1,12	350	2,96	0,73	1,44	146	2,44	1,12				
INK-34	3,50	0,92	309	2,44	6,80	1,49	280	2,50	8,29	1,35	302	2,81	9,53
INK-42	6,00	0,30	90	0,79	1,84	0,71	315	1,19	2,55	0,10	0	0,21	2,62
INK-42	9,00	0,22	63	0,59	0,20	0,36	304	0,61	0,30	0,14	315	0,29	0,41
INK-42	14,00	0,14	45	0,37	0,14	0,22	333	0,38	0,10	0,14	225	0,29	0,10
INK-43	7,50	0,64	139	1,69	1,00	0,95	262	1,60	1,94	1,50	333	3,11	2,91
INK-44	5,50	0,67	197	1,77	2,61	1,78	298	3,01	4,21	0,86	224	1,78	4,77
INK-44	13,50	0,32	188	0,84	0,20	0,41	66	0,70	0,41	0,70	260	1,45	0,32
INK-52	5,50	9,26	218	24,47	13,25	3,76	330	6,30	16,81				
INK-52	20,00	0,14	325	0,37	0,54	0,22	163	0,37	0,42				
INM-2	2,50	1,28	151	3,38	7,43	2,66	314	4,48	9,50	2,28	347	4,76	10,63
INM-5	9,50	0,54	188	1,42	2,13	1,20	342	2,01	2,44	1,14	338	2,40	3,20

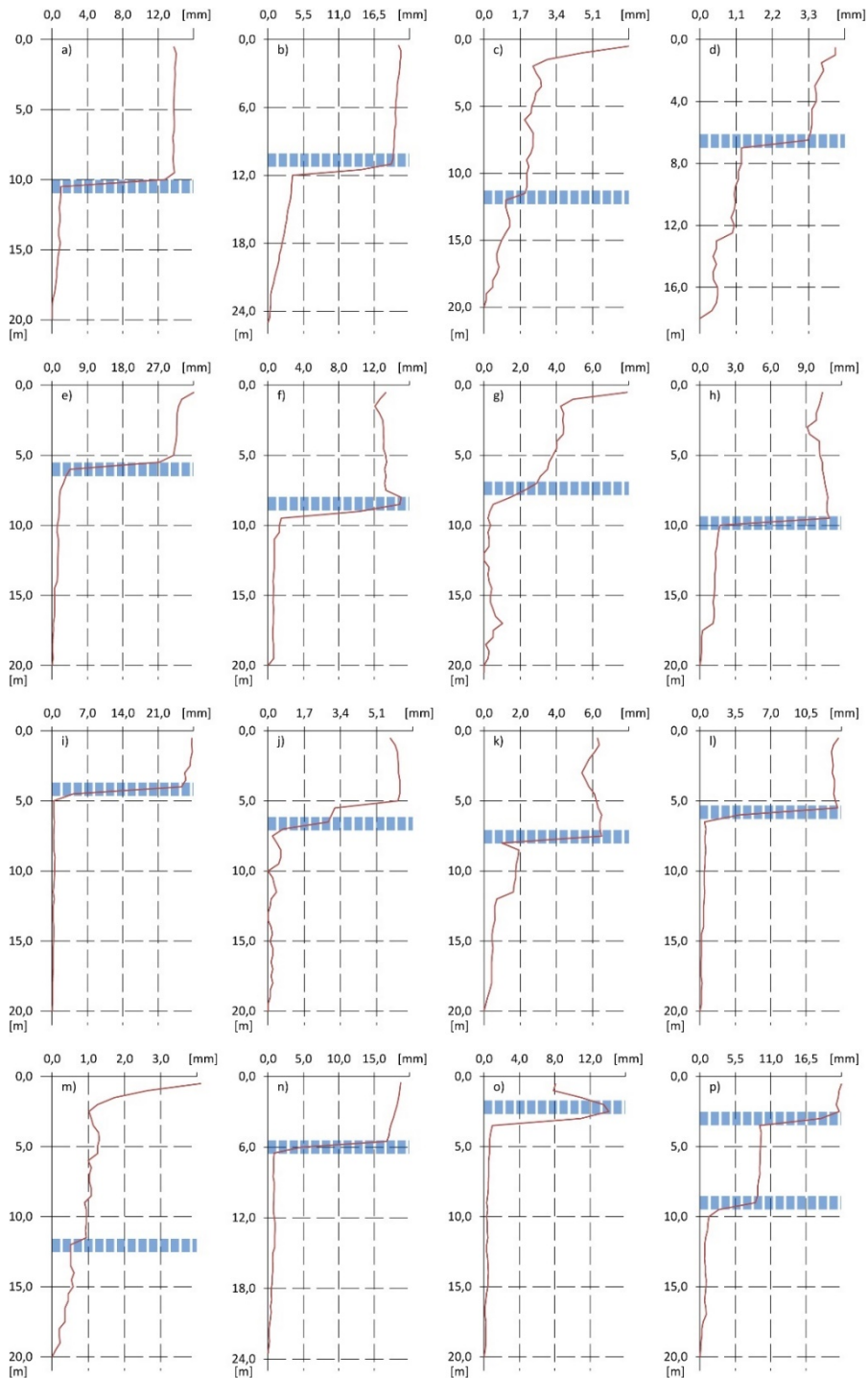
ED – etapová deformácia, EA – azimut etapovej deformácie, ER – rýchlosť etapovej deformácie, CD – celková deformácia (od nultého merania – 25. apríl 2027 – merania boli realizované v rámci riešenia geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory, podsystém 01 Zosuvy a iné svahové deformácie)

Pokračovanie tab. 146

Monitorovací objekt	Hĺbka	10.11.20 – 21.06.21				21.06.21 – 01.12.21				01.12.21 – 11.05.22			
		ED [mm]	EA [°]	ER [mm.rok ⁻¹]	CD [mm]	ED [mm]	EA [°]	ER [mm.rok ⁻¹]	CD [mm]	ED [mm]	EA [°]	ER [mm.rok ⁻¹]	CD [mm]
INK-12	9,50	4,32	313	7,07	12,28	1,00	306	2,25	13,28	0,89	3	2,03	13,85
INK-12	14,50	0,42	345	0,69	0,81	0,30	210	0,67	0,71	0,73	46	1,65	0,94
INK-21	6,50	3,27	337	5,35	0,51	1,17	31	2,63	1,10	0,90	180	2,03	0,22
INK-21	13,50	0,50	0	0,82	0,45	0,32	72	0,71	0,51	0,22	117	0,50	0,50
INK-21	16,00	0,54	22	0,88	0,60	0,30	90	0,68	0,67	0,22	117	0,50	0,71
INK-22	4,50	9,03	344	14,78	27,99	17,83	6	39,95	18,87	22,04	186	49,97	31,23
INK-22	5,00	5,42	318	8,87	26,22	16,96	5	37,99	18,32	22,74	186	51,55	30,93
INK-24A	4,50	7,72	301	12,64	14,30	1,96	165	4,40	12,98	0,20	0	0,45	13,06
INK-24A	7,50	7,38	303	12,08	14,35	1,75	167	3,91	13,19	0,22	333	0,50	13,37
INK-24A	17,00	0,20	0	0,33	0,41	0,10	180	0,22	0,32	0,40	270	0,90	0,58
INK-26	7,00	1,27	305	2,09	1,60	1,65	246	3,69	3,21	0,30	80	0,68	2,92
INK-26	17,00	0,40	350	0,66	0,85	0,22	197	0,50	0,71	0,32	62	0,71	1,02
INK-34	3,50	13,42	270	21,97	22,85	2,10	325	4,74	24,25	2,30	262	5,19	26,48
INK-42	6,00	0,41	284	0,68	2,98	0,92	319	2,09	3,89	0,58	301	1,31	4,47
INK-42	9,00	0,22	243	0,37	0,60	0,36	326	0,82	0,85	0,22	153	0,50	0,71
INK-42	14,00	0,10	180	0,16	0,14	0,22	297	0,51	0,30	0,30	90	0,68	0,00
INK-43	7,50	2,73	252	4,47	5,22	1,56	320	3,54	6,42	0,51	201	1,15	6,50
INK-44	5,50	7,34	280	12,02	12,06	1,00	223	2,27	12,69	1,52	327	3,43	13,63
INK-44	13,50	0,50	27	0,82	0,30	0,71	162	1,60	0,41	0,76	327	1,72	0,36

Monitorovací objekt	Hĺbka	10.11.20 – 21.06.21				21.06.21 – 01.12.21				01.12.21 – 11.05.22			
		ED [mm]	EA [°]	ER [mm.rok ⁻¹]	CD [mm]	ED [mm]	EA [°]	ER [mm.rok ⁻¹]	CD [mm]	ED [mm]	EA [°]	ER [mm.rok ⁻¹]	CD [mm]
INM-2	2,50	1,28	151	3,38	7,43	2,66	314	4,48	9,50	2,28	347	4,76	10,63
INM-5	9,50	0,54	188	1,42	2,13	1,20	342	2,01	2,44	1,14	338	2,40	3,20

ED – etapová deformácia, EA – azimut etapovej deformácie, ER – rýchlosť etapovej deformácie, CD – celková deformácia (od nultého merania – 25. apríl 2027 – merania boli realizované v rámci riešenia geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory, podsystem 01 Zosuvy a iné svahové deformácie)



Obr. 108. Charakteristický priebeh diferenciálnej deformácie v inklinometrických vrtoch na lokalite Nižná Myšľa, nameranej počas kontrolných inklinometrických meraní v období riešenia geologickej úlohy; a – INK-12, b – INK-14, c – INK-16, d – INK-21, e – INK-22, f – INK-24, g – INK-26, h – INK-32, i – INK-34, j – INK-42, k – INK-43, l – INK-44, m – INK-51, n – INK-52, o – INM-2, p – INM-5; červená línia – deformácia inklinometrickej pažnice, modrá prerušovaná línia – orientačné umiestnenie stacionárnej inklinometrickej sondy.

Meranie metódou presnej inklinometrie (stacionárna sonda)

Tab. 147. Výsledky štatistického spracovania meraní pohybovej aktivity, zaznamenané metódou presnej inklinometrie na lokalite Nižná Myšľa v období riešenia geologickej úlohy.

Monitorovací objekt	Dĺžka sondy [mm]	Počet meraní	Q0 [mm]	Q1 [mm]	Q2 [mm]	Q3 [mm]	Maximálna hodnota		Výsledná def. [mm]	Azimut [°]
							[mm]	Dátum		
INK-12	1000	155	0,00	0,11	0,17	0,26	0,51	01.09.23	2,00	320
INK-14	1000	175	0,00	0,11	0,15	0,23	0,57	12.07.23	0,53	327
INK-16	2000	202	0,00	0,22	0,34	0,52	1,15	21.10.23	0,82	82
INK-21	1000	191	0,00	0,11	0,15	0,24	0,51	21.10.23	0,51	295
INK-22	1000	202	0,00	0,11	0,15	0,24	0,49	23.09.23	5,29	278
INK-24A	2000	189	0,00	0,22	0,31	0,48	1,89	30.10.23	6,61	295
INK-26	2000	186	0,00	0,25	0,34	0,53	1,18	14.09.23	0,55	289
INK-32	1000	202	0,00	0,11	0,14	0,21	0,59	10.12.23	0,17	220
INK-34	1000	155	0,00	0,11	0,15	0,25	0,76	06.11.23	0,54	287
INK-42	1000	202	0,00	0,11	0,13	0,18	0,49	08.09.23	0,11	0
INK-43	2000	202	0,00	0,26	0,34	0,53	1,03	07.12.23	1,49	318
INK-44	1000	202	0,00	0,11	0,17	0,26	0,76	21.07.23	0,00	0
INK-51	2000	202	0,00	0,22	0,34	0,54	1,03	27.07.23	0,84	325
INK-52	1000	202	0,00	0,11	0,15	0,24	0,42	01.12.23	3,72	304
INM-2	1000	202	0,00	0,11	0,17	0,27	0,78	03.11.23	0,94	107
INM-5/1	1000	125	0,00	0,13	0,22	0,27	0,63	06.08.23	1,49	254
INM-5/2	1000	202	0,00	0,13	0,23	0,34	1,17	03.11.23	0,71	201

Q1 – 1. kvartil (25. percentil), Q2 – 2. kvartil (50. percentil), Q3 – 3. kvartil (75. percentil); uvedené hodnoty predstavujú vektor nameraný za 24 hod. v hĺbke inštalácie sondy (šmyková plocha)

Meranie technológiou InSAR

Pohybová aktivita sledovaná technológiou InSAR na lokalite Nižná Myšľa je zhodnotená na podklade radarových snímok misie ESA Sentinel-1 z dráh ASC102 (vzostupná dráha) a DSC153 (zostupná dráha) a prehľadne spracovaná v prílohách P2 – P5 (roky 2020 – 2023; súčasťou je i príloha P1, venovaná výberu vhodného miesta pre inštaláciu kútových odrážačov, ktoré boli budované v roku 2019).

V prílohách P3 – P5 je venovaná pozornosť aj výsledkom etapových meraní technológiou GNSS priamo na sieti kútových odrážačov, ktoré boli vykonávané počas obdobia riešenia geologickej úlohy. GNSS merania boli vykonávané s cieľom nezávislého určenia pohybovej aktivity predmetných bodov.

Zhodnotenie výsledkov monitorovania

Na lokalite Nižná Myšľa boli počas riešenia geologickej úlohy zabezpečené merania klimatických a režimových ukazovateľov a pohybovej aktivity. Merané boli zrážkové úhrny, teplota a vlhkosť vzduchu, rýchlosť a smer vetra, kolísanie atmosférického tlaku, radiačná bilancia, vlhkosť pôdy, zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody (prostredníctvom terénnych pozorovateľov a automatických hladinomerov), resp. jej teplota, pórové tlaky, výdatnosti odvodňovacích zariadení (prostredníctvom terénnych pozorovateľov a automatických prietokomerov – člnkový preklápací), veľkosti deformácie (prenosným a stacionárnym inklinometrom) a posuny (pomocou geodetických meraní: terestrickej metódy a fotogrametrie, GNSS a technológiou InSAR).

Do roku 2023 boli merania vykonávané prevažne etapovo. Postupne od marca/júna/júla sú merania vykonávané na plne automatizovanej sieti monitorovacích objektov. Uvedená skutočnosť sa prejavila predovšetkým na výraznom rozšírení spektra monitorovaných

ukazovateľov, zmene frekvencie záznamu, ale aj v dostupnosti nameraných údajov – prechod od výlučne off-line meraní na on-line merania.

Merania klimatických faktorov boli zabezpečované od marca 2023 do konca roka 2023. Z nameraných hodnôt vyplýva, že najvyšší mesačný zrážkový úhrn bol v Nižnej Myšli nameraný v novembri (102,2 mm) a najvyšší denný úhrn 4. augusta (34,6 mm). Najsuchším mesiacom bol jún (výsledok je ovplyvnený výpadkami v meraní). Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. októbra do 17. novembra (147,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 21. mája do 26. júna) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 17,5 mm.

Počas monitorovaného obdobia bolo zaznamenaných viacero mimoriadne intenzívnych zrážkových udalostí, počas ktorých v 10 minútovom intervale spadlo viac ako 5 mm zrážok. Išlo hlavne o letné prívalové dažde z 19. júla (maximálny 10 minútový úhrn dosiahol 7,5 mm zrážok; spolu, v priebehu 02:30 hod., spadlo 25,9 mm zrážok); 25. júla (11,1 mm zrážok; spolu, v priebehu 01:30 hod. 19,5 mm zrážok), 29. júla (9,6 mm zrážok; spolu, v priebehu 00:20 hod. 9,8 mm zrážok), 4. augusta (5,1 mm zrážok; spolu, v priebehu 06:50 hod. 30,7 mm zrážok) a 29. augusta (6,4 mm zrážok; spolu, v priebehu 00:40 hod. 11,2 mm zrážok).

Teplota vzduchu sa počas monitorovaného obdobia pohybovala v intervale od -5,15 °C (6. december 2023) do 34,45 °C (27. august 2023).

Pri hodnotení klimatických ukazovateľov, ktoré vplyvajú na veľkosť potenciálnej evapotranspirácie, ako napríklad vietor je možné konštatovať, že počas monitorovaného obdobia prevládali severo-severovýchodne orientované vetry (30,53 % zo všetkých nameraných hodnôt), JJZ (19,33 %) a SSZ (17,44 %). Veľmi podobná situácia bola pozorovaná i v prípade nárazového vetra. Maximálna nameraná rýchlosť vetra dosiahla 7,2 m.s⁻¹ (4. apríl 2023); maximálny nárazový vietor bol nameraný s rýchlosťou 29,81 m.s⁻¹ (30. august 2023).

Vlhkosť vzduchu kolísala od 17,74 % (1. máj 2023) do 100 %. Priemerná vlhkosť vzduchu dosiahla hodnotu 81,31 %. Priemerná hodnota vlhkosti vzduchu na poludnie, stanovená z údajov nameraných v monitorovanom období, dosiahla 66,05 % (o 7:00 SEČ vlhkosť vzduchu dosahovala 91,59 %). Najnižšia priemerná hodnota vlhkosti vzduchu bola nameraná v marci (64,56 %) a najvyššia v decembri (97,27 %).

Tlak vzduchu kolísal v intervale od 967,67 hPa (22. december 2023) do 1 018,60 hPa (16. december 2023). Počas hodnoteného obdobia bola najnižšia priemerná mesačná hodnota tlaku nameraná v marci (992,75 hPa) a najvyššia v septembri (1 000,79 hPa).

Pri vyhodnotení celkovej radiačnej bilancie bolo sledované prijaté a vyžiarené krátkovlnné a dlhovlnné žiarenie. Na základe získaných hodnôt bola odvodená celková hodnota radiačnej bilancie. Z jej analýzy vyplýva, že kladné hodnoty žiarenia sú získavané prevažne v čase od 5:00 do 17:00 (v závislosti od ročného obdobia, počasia, typu pokryvu, stavu atmosféry a ďalších faktorov). Priemerná hodnota žiarenia na poludnie, odvodená z údajov získaných v čase monitorovania, dosahuje 308,52 W.m⁻². V nočných hodinách, resp. po západe slnka prevláda radiácia povrchu vo forme dlhovlnného žiarenia.

Na základe sledovania vlhkosti pôdy, ktorou je hodnotený stav nasýtenosti pripovrchovej zóny v oblasti meteorologickej stanice, vyplýva, že od marca do polovice apríla bol pozorovaný vzostup vlhkosti, následne, až do 5. júla bol sledovaný jej ustálený stav. Od polovice júla až do 22. novembra vlhkosť pôdy klesala. Minimálna hodnota bola nameraná na úrovni 31,52 %.

V súvislosti s novembrovými zrážkami došlo k vzostupu pôdnej vlhkosti na úroveň 40,19 %, čo predstavuje najvyššiu nameranú hodnotu za monitorované obdobie. Priemerná hodnota pôdnej vlhkosti v období monitorovania dosiahla 36,54 %.

Výsledky spracovania klimatických ukazovateľov sú prezentované vo forme štatistických výstupov v tab. 123 až 139.

Z priebehov sledovaných vlhkostí (obr. 102), ktorými je hodnotený stav zóny aerácie v severnej časti obce (MNY-1-PV/1 a 2) a v centrálnej časti obce (MNY-2-PV/1 a 2), vyplýva, že počas monitorovaného obdobia dochádzalo prevažne k zostupu sledovaného ukazovateľa. Najvýraznejšie kolísanie pôdnej vlhkosti bolo sledované v plyšom horizonte vrtu VHA-1-PV (1,5 m pod terénom). Maximálna hodnota bola nameraná na začiatku monitorovaného obdobia a naopak, minimálna 5. novembra (47,03 %). V súvislosti s výdatnejšími zrážkami začala nasýtenosť horninového prostredia mierne stúpať. Ostatnými snímačmi bol počas roka pozorovaný zostup, resp. relatívne ustálená pôdna vlhkosť. Predpokladáme, že k nárastu hodnôt dôjde počas jarných mesiacov. Výsledky spracovania pôdnej vlhkosti sú prezentované vo forme štatistických výstupov v tab. 140 a graficky na obr. 102.

Merania hladiny podzemnej vody v zosuvnom území prebiehajú v spolupráci s miestnym zastupiteľstvom. Z uvedeného dôvodu bolo možné zabezpečiť režimové pozorovania na relatívne širokej sieti pozorovacích vrtov (počas monitorovaného obdobia boli krátkodobo alebo dlhodobo zabezpečované merania na 66 vrtoch). Keďže merania hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Myšľa boli zabezpečované na pomerne hustej sieti monitorovacích objektov, na základe výsledkov meraní je možné vyčleniť viacero hĺbkových horizontov, v ktorých hladiny podzemnej vody kolísali.

Relatívne blízko k povrchu terénu (do 1,0 m pod terén) sa počas maximálnych stavov dostávajú hladiny podzemnej vody vo vrtoch JS-2A, JV-16, JV-53A, JV-54A, PZ-1 a PZ-1A. Hladiny v uvedených vrtoch považujeme za stabilného hľadiska za najnepriaznivejšie.

Druhú skupinu predstavujú vrty, v ktorých podzemná voda počas maximálnej úrovne vystupuje do intervalu 1,0 až 3,0 m pod terénom. Ide o hladiny plyššieho obehu alebo i vztlakové hladiny podzemnej vody (JC-4, JC-5, JJ-4, JS-3, JV-25, JV-25A, JV-26, JV-26A, JV-33, JV-45, PZ-4, PZ-5A a PZ-7).

Do intervalu od 3,0 do 7,0 m pod terén vystupujú hladiny vo vrtoch JC-2, JC-3, JJ-2, JS-2, JS-4A, JV-22, JV-23, JV-23A, JV-27, JV-35, JV-42, JV-43, JV-43A, JV-44, JV-44A, JV-52, JV-53, JV-55, P-1, PZ-12, PZ-2, PZ-2A, PZ-6, PZ-8, ŠŠ-1 a ŠŠ-2. Z uvedeného zoznamu vrtov boli veľmi malé amplitúdy (do 1,0 m) pozorované vo vrtoch JC-3, JS-2, JV-42 a JV-55. Naopak, kolísanie nad 10 m bolo pozorované vo vrtoch JV-43A, JV-44, JV-53, PZ-2 a PZ-2A (v uvedených vrtoch nevyklúčujeme i pritekanie podzemnej vody z plyšších horizontov).

Poslednou skupinou sú vrty, v ktorých sa hladina podzemnej vody nachádza v hĺbke väčšej ako 7 m (J-1, JC-1, JJ-1, JK-1, JK-3, JK-4, JK-6, JS-1, JS-4, JV-11, JV-12, JV-15, JV-31, JV-34, JV-41, P-3, P-4, P-5, PZ-10, PZ-11 a PZ-5). Ide o pomerne hlboký horizont hladiny podzemnej vody. Kolísanie v uvedenej skupine vrtov dosahuje od 0,02 m (JK-4 – ide prakticky o statickú hladinu podzemnej vody) do 4,42 m (JS-4). Štatistické spracovanie etapových meraní hĺbky hladín podzemnej vody je prezentované v tab. 141. Situovanie piezometrických vrtov je na obr. 103.

Po inštalácii definitívnej inštrumentácie bola hladina podzemnej vody kontinuálne sledovaná v 10 piezometrických vrtoch (obr. 104). V súvislosti s kontinuálnym monitorovaním je potrebné uviesť, že doba sledovania bola pomerne krátka, a tým pádom nebolo možné zachytiť obdobie ročného cyklu vývoja podzemnej vody. Z nameraných hodnôt vyplýva, že sledované hladiny mali amplitúdy v rozsahu 0,8 až 4,22 m. Maximálne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale od 0,81 do 12,73 m pod terénom. Priebeh hladiny podzemnej vody v jednotlivých piezometroch je možné všeobecne charakterizovať ako relatívne nevýrazné kolísanie hladiny podzemnej vody v období letných mesiacov s prevažne zostupným trendom. Naopak, po reinštalácii hladinomerov došlo k výraznému vzostupu hladiny podzemnej vody. Výsledky spracovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody sú prezentované vo forme štatistických výstupov v tab. 142 a graficky na obr. 104.

Meranie pórových tlakov bolo na lokalite zabezpečované len krátkodobo, ale i napriek tomu je možné pozorovať vývoj pórových tlakov v oblasti šmykových plôch. Rozsah pórových tlakov je od -50,71 kPa vo vrte NMY-8-PT do 58,31 kPa vo vrte NMY-5-PT. Vrt NMY-5-PT sa nachádza na Repiskej ul. v blízkosti inklinometrického vrtu INK-32. Vývoj tlaku vody v póroch mal „skokovitý“ charakter, jeho vzostupy boli relatívne náhle. Minimálna hodnota pórového tlaku v uvedenom vrte bola nameraná 28. júna 2023 (29,49 kPa) a maximálna 23. novembra 2023 (58,31 kPa). Určitá podobnosť vo vývoji pórového tlaku bola zaznamenaná aj vo vrte MNY-10-PT. Vrt sa nachádza v severnej časti obce pod cintorínom. V oboch prípadoch, hlavne vo vrte NMY-5-PT, bol pozorovaný vzostupný trend vývoja sledovaného ukazovateľa. Vo vrtoch NMY-1-PT, MNY-2-PT, NMY-3-PT, ale aj NMY-7-PT bol počas hodnoteného obdobia pozorovaný zostupný trend vo vývoji pórového tlaku. Výsledky spracovania kolísania pórového tlaku sú prezentované vo forme štatistických výstupov v tab. 144 a graficky na obr. 105.

Z hľadiska hodnotenia efektívnosti vybudovaných sanačných opatrení, ale aj z hľadiska doplnujúceho hodnotenia vývoja režimových ukazovateľov, je v zosuvnom území sledovaná výdatnosť vybraných subhorizontálnych odvodňovacích vrtoch. Etapové merania boli počas monitorovaného obdobia zabezpečované na 34 odvodňovacích vrtoch. Od začiatku roka 2019 do konca roka 2022 bolo zabezpečených bežne 180 kontrolných etáp (od 177 do 179 meraní). Merania boli vykonávané s frekvenciou 1-krát za týždeň. Z meraní vyplýva, že najvyššie dlhodobé priemerné výdatnosti boli namerané vo vrtoch SHV-52 ($2,23 \text{ l.min}^{-1}$) a SHV-63 ($2,12 \text{ l.min}^{-1}$; situovanie odvodňovacích objektov je na obr. 106). Priemerná hodnota dlhobodej výdatnosti nad 1 l.min^{-1} bola zaznamenaná vo vrte SHV-11. V časti vrtoch (ST-12, SHV-13, SHV112, SHV-12, SHV111, SHV-64, SHV-14, SHV-51, SHV-91, SHV-42, SHV-41, SHV-61, SHV-82 a SHV-15) boli počas monitorovaného obdobia zaznamenané prietoky v intervale od 0,09 do $8,75 \text{ l.min}^{-1}$, avšak ich priemerné hodnoty sú veľmi nízke. V relatívne početnej skupine vrtoch (SHV-53, SHV-93, HNM-1, SHV-101, SHV-92, HNM-2, SHV-31, SHV-32, HNM-3, SHV-33, SHV-34, SHV-43, SHV-62, SHV-71, SHV-72, SHV-73, SHV-81) neboli ani počas jedného merania zaznamenané žiadne prietoky. Uvedená skutočnosť naznačuje, že v vývoji prietoku na odvodňovacom zariadení je v mnohých prípadoch krátkodobou epizódou, viazanou napr. na predchádzajúcu zrážkovú činnosť. Z uvedeného dôvodu namerané hodnoty, na základe etapových meraní, nie sú z hľadiska hodnotenia efektívnosti vybudovaných sanačných opatrení – subhorizontálnych odvodňovacích vrtoch,

dostatočne výpovedné. Charakter prietoku na odvodňovacom vrte je možné hodnotiť na základe automatických prietokomerov.

Z výsledkov kontinuálnych meraní vyplýva, že najväčšie objemy podzemnej vody sú odvádzané vrtom MNY-5A-SHV. Počas obdobia monitorovania prostredníctvom automatických prietokomerov dosiahla maximálna hodnota prietoku $7,47 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ a jej priemerná hodnota počas 9 mesačného obdobia sa nachádza na úrovni $3,41 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$.

Najvyššie hodnoty výdatnosti odvodňovacích vrtov boli namerané prevažne v mesiacoch máj a november.

Z hľadiska hodnotenia tohto ukazovateľa, ktorý bol v našich podmienkach sledovaný prakticky výlučne len etapovo, je veľkým prínosom informácia o vývoji a veľkosti objemu vytekajúcej vody z drenážnych prvkov. Viaceré zaznamenané vzostupy výdatnosti odvodňovacieho zariadenia sú priamo spojené s výskytom atmosférických zrážok, čo dokumentuje, že odvodňovacie zariadenia sú schopné pomerne efektívne zachytiť a odvieť vody infiltrujúce do horninového prostredia mimo zosuvné územie. Podrobne sú výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích vrtov prezentované v tab. 145. Vývoj prietoku počas hodnoteného obdobia je graficky prezentovaný na obr. 107.

Z výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie vyplýva, že mimoriadne vysoká pohybová aktivita bola pozorovaná v oblasti vrtov INK-22, INK-34 a INK-52. Etapové prírastky deformácie, namerané v uvedených vrtoch, počas riešenia geologickej úlohy presahovali 10 mm. Vrt INK-22 sa nachádza v centrálnej časti obce pod kostolom; vrt INK-34 na Varheďnej ul. a vrt INK-52 pod cintorínom. Najvyššia hodnota bola nameraná vo vrte INK-22 11. mája 2022, a to 22,74 mm, čo predstavovalo priemernú rýchlosť $51,55 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Deformácie v intervale 5 – 10 mm boli namerané vo vrtoch INK-24A (Repiská ul.), INK-44 (južná časť zosuvného územia) a INM-2 (južná časť Obchodnej ul.).

Mierne zvýšená pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrtoch INK-12 (4,23 mm; $7,07 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$), INK-21 (3,81 mm; $8,04 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$), INK-32 (3,41 mm; $5,77 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$) a INK-43 (2,73 mm; $4,47 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$). Podrobne sú výsledky etapových meraní prezentované v tab. 146. Charakteristické priebehy deformácie v inklinometrických vrtoch sú vyjadrené na obr. 108.

Stacionárnymi inklinometrickými sondami, ktoré sú inštalované v oblastiach detegovaných šmykových plôch boli najvyššie deformácie namerané v už spomenutých najaktívnejších vrtoch INK-22, INK-24A a INK-52. Najvyššia výsledná deformácia bola nameraná INK-24A, a to 6,61 mm. Vo vrte INK-22 bola nameraná deformácia 5,29 mm a vo vrte INK-52 deformácia 3,72 mm. Deformácie nad 1 mm boli namerané aj vo vrtoch INK-12 (2,0 mm), INK-43 (1,49 mm) a INM-5 (na plytšej šmykovej ploche – 1,49 mm). Orientácie nameraných výsledných vektorov mali prevažne západný smer, resp. severozápadný a juhozápadný. Výsledky spracovania kontinuálnych inklinometrických meraní sú prezentované vo forme štatistických výstupov v tab. 147.

Výsledky meraní technológiou InSAR potvrdzujú závery z meraní metódou presnej inklinometrie. Najvýraznejšie posuny boli pozorované na kútovom odrážači NMY-KU-1, ktorý sa nachádza nad základnou školou v severnej časti obce. K vzostupu pohybovej aktivity dochádzalo v určitých etapách. Prvá aktivizácia pohybu nastala v roku 2020 (jarné obdobie), následne sa situácia v oblasti monitorovacieho objektu stabilizovala. K opätovnej akcelerácii pohybu došlo na začiatku roka 2021 a zvýšená pohybová aktivita pretrvala až do konca roka.

Mierne prejavy pohybovej aktivity boli pozorované aj v roku 2022 a 2023. Celkové premiestnenie bodu, na základe meraní technológiou InSAR dosiahlo približne 30 mm. Pomerne plynulý plazivý pohyb je sledovaný aj kútovým odrážačom v centrálnej časti obce (NMY-KU-2). Výsledný pohyb počas monitorovaného obdobia dosiahol cca 20 mm. Najnižšia pohybová aktivita bola pozorovaná kútovým odrážačom v južnej časti obce – NMY-KU-3. Nameraný posun technológiou InSAR v období monitorovania dosiahol 15 mm.

Výsledné posuny namerané na prirodzených odrážačoch (obe dráhy: ASC102 a DSC153) poukazujú na zvýšenú pohybovú aktivitu v centrálnej časti obce (ulice: Strmá, Hlboká, Repiská, Obchodná a Školská). Smerom na sever pohybová aktivita mierne klesá (ulica Poštová) a oblasť základnej školy sa preukázala ako relatívne stabilná (to sa netýka svahu nad základnou školou, ktorý je na základe vyššie uvedených meraní na kútovom odrážači NMY-KU-1 mimoriadne aktívny). Celkove je možné konštatovať že prejavy zvýšenej pohybovej aktivity je možné sledovať na odrážačoch, ktoré sa nachádzajú na zosuvnom svahu (v tejto súvislosti je potrebné uviesť, že južnej a severnej časti obce je pokrytie prirodzenými odrážačmi malé a z tohto dôvodu v nich nie je možné spoľahlivo hodnotiť pohybovú aktivitu). Vyššie hodnoty posunov, zaznamenané v okrajových častiach zosuvného územia prípadne mimo zosuvného územia, môžu do určitej miery poukazovať na iné technické problémy stavebnej konštrukcie (severná a západná oblasť hodnoteného územia).

POUŽITÁ LITERATÚRA

- Allen, R. G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998: Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. United Nations Food and Agriculture Organization, Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy, 300 p. In: Matejka, F., Hurtalová, T., 2005: Vzťah medzi potenciálnou a referenčnou evapotranspiráciou. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Seminár „Evaporace a evapotranspirace“, Brno, s. 39 – 46. ISBN 80-86690-24-5.
- Czikhardt, R., Papčo, J., 2019: Analýza odrazivosti signálu vzostupných a zostupných dráh družíc Sentinel-1 na vybratých zosuvných lokalitách v rámci riešenia geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií“. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Manuskript, archív Oddelenie inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava, 18 s.
- Fekáč, P., Piovarči, I., Komoň, J., Vrabel, B., Karchňák, D., 2014a: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Vyšná Hutka. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, Kasper, a.s., Spišská Nová Ves. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, L., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 33.
- Ferreti, A., Monti-Guarnieri, A., Prati, C., Rocca, F., Massonet, D., 2007: InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation. ESA Publications.
- Ferreti, A., Prati, C., Rocca, F., 2001: Permanent scatterers in SAR interferometry. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39 (1), p. 8 – 20.
- Fraštia, M., 2012: Laserové verzus optické skenovanie skalných masívov. In: Mineralia Slovaca, 44, s. 177 – 184. ISSN 0369-2068.
- Fraštia, M., 2019: Zosuv Kľačany. Geodetická dokumentácia; epochová správa – stav ku: 23.11.2019; názov epochy: E14_G. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Manuskript, archív Oddelenie inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava, 10 s a prílohy.
- Fraštia, M., 2020: Zosuv Kľačany. Geodetická dokumentácia; epochová správa – stav ku: 20.12.2020; názov epochy: E15_G. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Manuskript, archív Oddelenie inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava, 10 s a prílohy.
- Fraštia, M., 2021: Zosuv Kľačany. Geodetická dokumentácia; epochová správa – stav ku: 06.11.2021; názov epochy: E16_G. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Manuskript, archív Oddelenie inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava, 9 s a prílohy.
- Fraštia, M., 2023: Zosuv Kľačany. Geodetická dokumentácia; epochová správa – stav ku: 29.12.2022; názov epochy: E17_G. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Manuskript, archív Oddelenie inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava, 9 s a prílohy.
- Gajdoš, V., Wagner, P., 2005: Spôsob spracovania údajov z meraní presnej inklinometrie pri monitoringu svahových pohybov. Mineralia Slovaca, 37, s. 563 – 568
- Global Volcanism Program, 2012: Report on Mauna Loa (United States). In: Wunderman, R (ed.), Bulletin of the Global Volcanism Network, 37:5. Smithsonian Institution. <http://dx.doi.org/10.5479/si.GVP.BGVN201205-332020>.
- Grenčíková, A. et al., 2008: Diaľnica D1 Turany – Hubová, podrobný inžinierskogeologický prieskum. INGEO-ighp, s.r.o., Žilina.
- Kampes, B. M., 2006: Radar Interferometry: Persistent Scatterer Technique. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- OKS, OMPAV, 2020: OKS, OMPAV. Október 2020 – Zhodnotenie mesiaca. *shmu.sk*. [Online] 3. 11. 2020. [Dátum: 28. 12. 2023.] <https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1088>

- Papčo, J., Czikhardt, R., 2021: Spracovanie údajov z diaľkového prieskum Zeme technológiou InSAR. Správa za rok 2020. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Manuskript, archív Oddelenie inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava, 71 s.
- Papčo, J., Czikhardt, R., 2022: Spracovanie údajov z diaľkového prieskum Zeme technológiou InSAR. Správa za rok 2021. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Manuskript, archív Oddelenie inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava, 81 s.
- Papčo, J., Czikhardt, R., 2023: Spracovanie údajov z diaľkového prieskum Zeme technológiou InSAR. Správa za rok 2022. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Manuskript, archív Oddelenie inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava, 81 s.
- Papčo, J., Czikhardt, R., 2023: Spracovanie údajov z diaľkového prieskum Zeme technológiou InSAR. Správa za rok 2023. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. Manuskript, archív Oddelenie inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava, 78 s.
- shmu.sk/2023-september: Úsek hydrologická služba, Úsek centrum predpovedí a výstrah. Hodnotenie hydrologickej situácie v mesiaci august 2023. *shmu.sk*. [Online] 20. 09. 2023. [Dátum: 28. 12. 2023.] [https:// https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1381](https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1381)
- shmu.sk/2023-december: Úsek hydrologická služba, Úsek centrum predpovedí a výstrah. Hodnotenie hydrologickej situácie v mesiaci november 2023. *shmu.sk*. [Online] 14. 12. 2023. [Dátum: 28. 12. 2023.] [https:// https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1409](https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1409)
- shmu.sk/2023-jún: Úsek hydrologická služba, Úsek centrum predpovedí a výstrah. Hodnotenie hydrologickej situácie v mesiaci máj 2023. *shmu.sk*. [Online] 15. 6. 2023. [Dátum: 28. 12. 2023.] [https:// https:// https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1349](https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1349)
- Wagner, P., Iglárová, L., Petro, L., 2000: Methodology and some result of slope movements monitoring in Slovakia. In: *Mineralia Slovaca*, vol. 32, s. 359 – 367.
- Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, L., Fraštia, M., 2010: Aktuálne trendy v monitorovaní svahových pohybov. In: *Mineralia Slovaca*, roč. 42, č. 2.
- Wagner, P., Scherer, S., Jadroň, D., Mokrý, M., Vybíral, V., 2002: Analysis of landslide monitoring results. In: J. Rybář, J. Stemberk & P. Wagner (red.): „Landslides“, Proc. The first European Conference on Landslides. A. A. Balkema, 477 – 483.