MINISTERSTVO ĮIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ĠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ĠTÚRA

Podsystém 01

Zosuvy a iné svahové deformácie

Správa za rok 2018

Názov geologickej úlohy:	**Ļiastkový monitorovací systém ī Geologické faktory**
Ļíslo geologickej úlohy:	**207**
Zodpovedný rieġiteĎ geologickej úlohy:	**RNDr. Pavel Liġlák, CSc.**
Zodpovedný rieġiteĎpodsystému:	**Mgr. Peter Ondrejka, PhD.**
Spolurieġitelia**:**	**Mgr. Peter Ondrejka, PhD., Mgr. Peter Ondrus, RNDr. Pavel Liġlák, CSc., Mgr. Ivan Dananaj, PhD., Mgr. Eduard Maġlár, Mgr. Ingrid Maġlárová, Ing. ō ubomír Petro, CSc., Daniela Magalová, RNDr. ō ubica Iglárová, Mgr. Barbora Ondráġiková, Mgr. Daniel Grega**
Zástupca zhotoviteĎa geologických prác:	**RNDr. Pavel Liġlák, CSc.**
Ġtatutárny zástupca zhotoviteĎa geologických prác:	**Ing. Branislav Įec, CSc.** generálny riaditeĎ ĠGÚDĠ

Bratislava november 2019

OBSAH

1. ZOSUVY a INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE 3
1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete 3
1.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia 8
1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov 14
1.4. Výsledky monitorovania 17
1.4.1. Lokalita Nižná Myšľa 18
1.4.2. Lokalita Kapušany 52
1.4.3. Lokalita Veľká Lúka 66
1.4.4. Lokalita Prievidza-Hradec 84
1.4.5. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka 104
1.4.6. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko 115
1.4.7. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta 135
1.4.8. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960 142
1.4.9. Lokalita Fintice 146
1.4.10. Lokalita Svätý Anton 154
1.4.11. Lokalita Hodruša-Hámre 159
1.4.12. Lokalita Slanec-TP 165
1.4.13. Lokalita Dolná Miliná 173
1.4.14. Prešov-Pod Wilec Hôrkou 177
1.4.15. Lokalita Okoličné 184
1.4.16. Lokalita Červený Kameň 189
1.4.17. Lokalita Ňalov 195
1.4.18. Lokalita Bardejovská Zábava 201
1.4.19. Lokalita Prešov-Horárska ul. 209
1.4.20. Lokalita Čirľ 217
1.4.21. Lokalita Vyšná Hutka 223
1.4.22. Lokalita Varhaľovce 233
1.4.23. Lokalita Vyšný Čaj 237
1.4.24. Lokalita Nižná Hutka 244
1.4.25. Lokalita Ruská Nová Ves 253
1.4.26. Lokalita Čenkvice 258
1.4.27. Lokalita Petrovany 265
1.4.28. Lokalita Kračúnovany 270
1.4.29. Lokalita Veľká Izra 280
1.4.30. Lokalita Sokol 283
1.4.31. Lokalita Košický Klečenov 286
1.4.32. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou 290
1.4.33. Lokalita Handlová-Baňa 294
1.4.34. Lokalita Demjata 297
1.4.35. Lokalita Starina 303
1.4.36. Lokalita Jakub 306
1.4.37. Lokalita Bratislava-Železná studnička 309
1.4.48. Lokalita Pezinská Baba 312
1.4.39. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp 315
2. ZÁVER 325
LITERATÚRA 332

1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

V rámci subsystému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za roky 2017 a 2018 a prehľadne sú spracované aj výsledky pozorovaní za dlhšie časové obdobie meraní. V úvodnej časti kapitoly sú spracované zásady riešenia úlohy a podrobne je opísaná metodika zberu, spracovania a hodnotenia monitorovacích meraní. Nosnú časť kapitoly tvorí vlastný opis výsledkov monitorovania v roku 2018 a analýza výsledkov meraní za dlhšie obdobie, v ktorej sa pozornosť sústreďuje predovšetkým na zaznamenané vývojové trendy zmien jednotlivých pozorovaných ukazovateľov.

1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete

Základné metodické princípy monitorovania zosuvov a iných svahových deformácií sú opísané v príslušných častiach predchádzajúcich správ, spracovávaných každoročne od roku 1998.

Výber monitorovaných lokalít sa v priebehu riešenia upravuje podľa aktuálnych celospoločenských požiadaviek i podľa monitorovaním zhodnoteného stabilitného stavu. Podľa tých istých kritérií sa upravuje i rozsah metód a frekvencia monitorovania, ako aj aktuálny stupeň celospoločenskej významnosti reprezentatívnych lokalít.

Od roku 2017 boli v súbore monitorovaných zosuvov prerušené merania na lokalitách Čilina-Vranie a Košice-Krásna (v roku 2017 boli na zosuvných lokalitách analyzované údaje o klimatických faktoroch). Ide o územia, na ktorých bol preukázaný buď priaznivý stabilitný stav, alebo výsledky monitorovacích meraní nepodávali skutočný obraz o ich stabilitnom stave. Druhá spomenutá podmienka súvisí so stavom monitorovacej siete. Mnohé vrty boli vybudované v oblastiach, ktoré nie sú priamo ohrozené zosuvmi. Výsledky viacročného monitorovania poukázali, že tieto oblasti sú podmienečne stabilné. Na lokalitách Čilina-Vranie a Košice-Krásna bola stabilitná situácia naposledy overená v roku 2016. Z posledného merania, ale aj dlhodobých výsledkov vyplýva, že monitorované územia, sú relatívne stabilné; v predkladanej správe za rok 2018 tieto lokality už nehodnotíme. Obnovenie monitorovacích aktivít na týchto lokalitách je podmienené dobudovaním monitorovacej siete.

Podrobnejšie informácie o zosuvných lokalitách, rozsahu a frekvencii monitorovacích aktivít, ako aj výsledkoch v období aktívneho monitorovania, sú súčasťou ročných správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Ondrejka et al., 2018).

Podsystém zosuvy a iné svahové deformácie sa od začiatku riešenia od roku 1993 spracovával formou bodového monitorovania reprezentatívnych lokalít svahových pohybov. Výber monitorovaných lokalít bol založený na nasledujúcich kritériách:

– typologickom – podmieňujúcom zastúpenie základných typov svahových pohybov (zosúvania, plazenia a prognózovania pohybov typu rútenia),

– regionálno-geologickom – z ktorého vyplýva situovanie reprezentatívnych lokalít do základných inžinierskogeologických regiónov Západných Karpát (Matula a Pašek, 1986),

– celospoločenskej významnosti – podmieňujúcom výber z celospoločenského hľadiska najdôležitejších lokalít, na ktorých je už k dispozícii aspoň základná sieť monitorovacích objektov, vyžadujúcich si však trvalé udržiavanie, prípadne doplňovanie novými objektmi.

V súvislosti s aktivizáciou veľkého množstva zosuvov v roku 2010, ale i v nasledujúcom období, hlavne v roku 2013, dochádza každoročne k zmenám v súbore monitorovaných lokalít. V tejto súvislosti sa významne prejavuje prevaha lokalít zo skupiny zosúvania nad ostatnými typmi svahových porúch. Pri preferovaní kritéria založeného na spoločenskom hľadisku nám od roku 2011 výrazne pribúdajú lokality v Košickom a Prešovskom kraji.

Ďalším z kritérií výberu reprezentatívnych lokalít je ich rozmiestnenie vo všetkých oblastiach v zmysle inžinierskogeologickej rajonizácie územia slovenských Karpát. Ak však

berieme do úvahy skutoļnosŠ, ģe vývoj kaģdého monitorovaného svahového pohybu primárne ovplyvŕuje geologická stavba prostredia, v ktorom sa nachádza (a ktorá nemusí dostatoļne vystihovaŠ charakter danej oblasti podĎa regionálneho inģinierskogeologického ļlenenia), vytvorilo sa niekoĎko úļelovo zjednoduģených modelov prostredia, v ktorých sa nachádzajú vybrané monitorované lokality:

– Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi;

– Neogénne sedimenty (piesky, íly, slabo spevnené pieskovce, prachovce a ílovce);

– Sedimenty flyģového charakteru (striedanie pieskovcov a ílovcov prevaģne paleogénneho veku);

– Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku.

V roku 2018 mierne prevládali zosuvy, ktoré vznikli v horninovom prostredí flyģového charakteru.

Okrem takéhoto úļelového zjednoduģenia geologickej stavby je nevyhnutné pri výbere reprezentatívnych lokalít zohĎadniŠ ich aktuálnu celospoloļenskú dôleģitosŠ, ako aj stav monitorovacej siete. Uvedené skutoļnosti podmieŕujú rozsah aplikovaných monitorovacích metód, ako aj frekvenciu meraní. Na základe celospoloļenskej dôleģitosti boli lokality rozdelené do troch skupín významnosti:

– ***Lokality veĎmi významné*** ï stupeŕ dôleģitosti III (ide o svahové poruchy, ktoré aktuálne ohrozujú významné objekty technosféry, prejavy ich aktivity boli zaznamenané v nedávnej minulosti a existujúca monitorovacia sieŠ umoģŕuje aplikovaŠ ģirģí súbor monitorovacích meraní s dostatoļnou frekvenciou);

– ***Lokality významné*** ï stupeŕ dôleģitosti II (predstavujú svahové poruchy ļiastoļne stabilizované alebo nachádzajúce sa mimo významných objektov technosféry s monitorovacou sieŠou, umoģŕujúcou vykonávaŠ iba niektoré zo základného sortimentu monitorovacích meraní);

– ***Lokality menej významné*** ï stupeŕ dôleģitosti I (ide o svahové poruchy, ktoré sú stabilizované a ich význam je z celospoloļenského hĎadiska v súļasnosti niģģí, nemoģno vģak vylúļiŠ ich opätovnú aktivizáciu v súvislosti s rôznymi ļinnosŠami ï napr. výstavbou nových objektov). Monitoring na týchto lokalitách má prevaģne udrģiavací charakter; v prípade potreby sa môģe jeho rozsah i frekvencia zvýšiŠ a lokality môģu byŠ preradené do vyššej kategórie významnosti.

Zoradenie jednotlivých monitorovaných lokalít (stav z roku 2018) na základe regionálneho inģinierskogeologického ļlenenia Západných Karpát a podĎa typu svahových pohybov je v tab. 1.1. Zoradenie lokalít podĎa zjednoduģených typových modelov horninového prostredia a celospoloļenskej významnosti pozorovaných svahových porúch je v tab. 1.2 a ich situovanie je na obr. 1.1.

VzhĎadom na rozdielnosŠ monitorovacích metód, aplikovaných pre rôzne typy svahových deformácií, je práve typ svahovej poruchy primárnym kritériom ļlenenia súboru lokalít. RozmanitosŠ charakteru svahových pohybov v rôznych geologických prostrediach podmieŕuje druhú úroveŕ ļlenenia súboru hodnotených lokalít. Koneļným kritériom je rozdelenie lokalít podĎa celospoloļenskej významnosti. Poradie reprezentatívnych lokalít, uvedené v tab. 1.2, zodpovedá postupnosti ich opisu v podkapitole 1.4.

Okrem napĎĺňania základných cieĎov ļiastkového monitorovacieho systému sa snaģíme o optimalizáciu monitorovacích aktivít na základe kvalitatívnych vlastností monitorovacích objektov. Pre tento úļel realizujeme analýzy, zamerané na verifikáciu spoĎahlivosti nameraných údajov. Na základe výsledkov analýzy, ale aj dlhodobých skúseností, boli viaceré monitorované body vyhodnotené ako nereprezentatívne, resp. namerané výsledky na týchto bodoch za málo vierohodné.

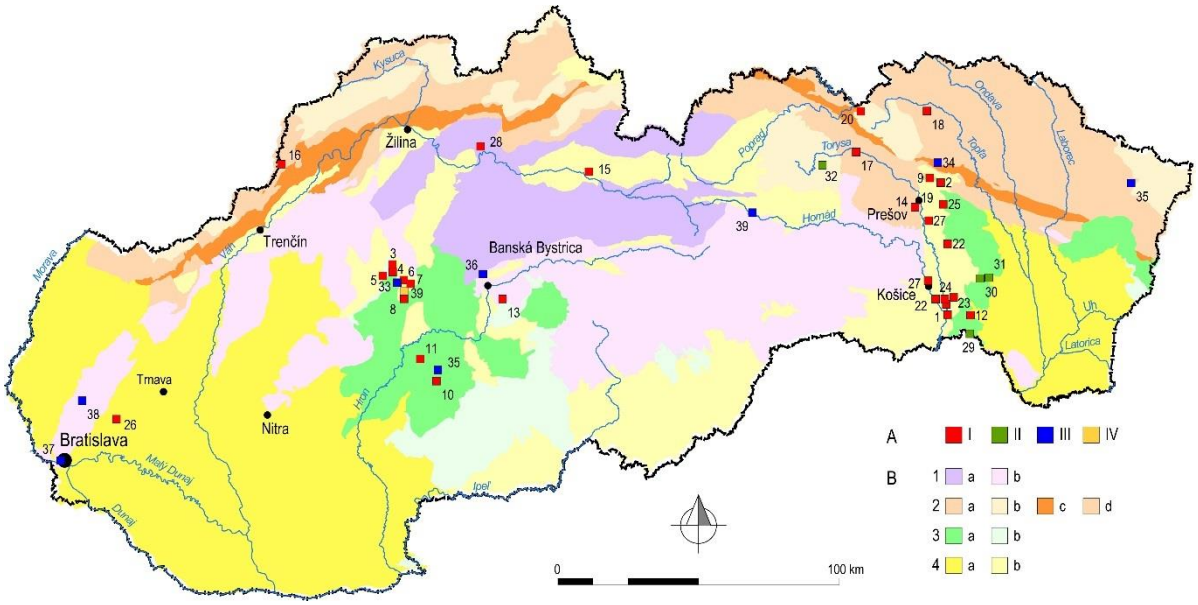
Tab. 1.1. Zaradenie reprezentatívnych lokalít podľa základných typov svahových pohybov a podľa regionálneho inžinierskogeologického členenia slovenských Karpát

Inžiniersko-geologický región	Inžiniersko-geologická oblasť	Lokality svahových pohybov			
		Zosúvanie	Plazenie	Rútenie (stabilita skalných zárezov)	Iné
Región jadrových pohorí	Oblasť vysokých jadrových pohorí	- Kračovany			
	Oblasť jadrových stredohorí			- Bratislava Železná St. - Jakub - Pezinská Baba	
Región karpatského flyša	Oblasť flyšových hornatín		- Jaskyňa pod Spišskou		
	Oblasť flyšových vrchovín	- Bardejovská Zábava - Ľubeľ - Ňagľov - Fintice* - Prešov-Horárska ul. - Prešov-Pod Wilec Hôrkou* - Ľubeľ Červený Kameň		- Demjata - Starina	
Región neovulkanitov	Oblasť vulkanických hornatín	- Handlová* - Kapušany - Slanec-TP - Prievidza-Hradec - Prievidza-V. Lehôtka - Hodruša-Hámre	- Košický Klečenov - Sokol - Veľká Izra	- Banská Štiavnica - Handlová-Baňa	
	Oblasť vulkanických vrchovín	- Dolná Mičiná			
Región neogénnych tektonických vkleslín					
	Oblasť vnútrohorských kotlín	- Handlová (Kunešovská cesta) - Handlová-Mor. sídlisko - Nižná Hutka - Nižná Myšľa - Okoličné - Petrovany - Ruská N. Ves* - Varhaňovce* - Veľká Ľubica* - Vyšná Hutka - Vyšný Ľaj			- Handlová (Stabilizačný násyp)
	Oblasť vnútrokarpatských kotlín	- Štenkvice			

** Svahový pohyb sa nachádza na hraniciach inžinierskogeologických celkov*

Tab. 1.2. Prehľad lokalít monitorovania zosuvov a iných svahových deformácií

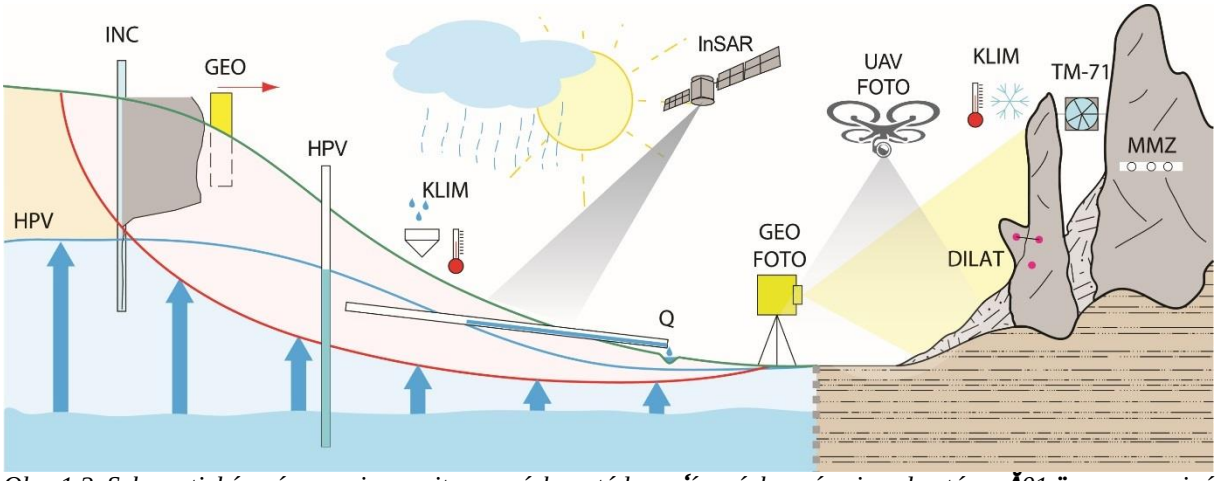
Typ svahového pohybu	Geologická stavba	Celospoločenská dôležitosť	Lokality
Zosúvanie	Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi	Veľmi významná	1. Nižná Myšľa 2. Kapušany 3. Veľká Lesná 4. Prievidza-Hradec 5. Prievidza-V. Lehôtka 6. Handlová-Morovnianske sídlisko 7. Handlová-Kunešovská cesta 8. Handlová ú 1960 9. Fintice 10. Svätý Anton 11. Hodruša-Hámre
		Významná	12. Slanec-TP 13. Dolná Miština
	Sedimenty flyšového charakteru	Veľmi významná	14. Prešov-Pod Wilec Hôrkou 15. Okoličné 16. Červený Kameň 17. ňanišov 18. Bardejovská Zábava
		Významná	19. Prešov-Horárska ul. 20. Čirč
	Neogénne sedimenty	Veľmi významná	21. Vyšná Hutka 22. Varhaňovce 23. Vyšný Čaj 24. Nižná Hutka 25. Ruská Nová Ves
		Významná	26. Šenkvice 27. Petrovany
	Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku	Veľmi významná	28. Kračúnovany
Plazenie	Neogénne vulkanity	Významná	29. Veľká Izra 30. Sokoľ 31. Košický Klečenov
	Sedimenty flyš. char.	Významná	32. Jaskyňa p. Spišskou
Rútenie	Neogénne vulkanity	Menej významná	33. Handlová-Baňa
	Sedimenty flyšového charakteru	Významná	34. Demjata
		Menej významná	35. Starina
	Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku	Menej významná	36. Jakub 37. Bratislava-Železná st. 38. Pezinská Baba
Iné: Stabilita vodohospodárskeho diela	Antropogénne sedimenty na kvartérnych a paleogén. horninách	Veľmi významná	39. Handlová-Stabilizačný násyp



Obr. 1.1. Rozmiestnenie monitorovaných lokalít svahových deformácií na území SR (číslo lokalít zodpovedajú číslovaniu v tab. 1.2); A – typologické členenie svahových pohybov: I – lokality zo skupiny zosúvania, II – lokality zo skupiny plazenia, III – lokality zo skupiny rútenia (stabilita skalných zárezov), IV – špeciálne lokality (Handlová-Stabilizačný násyp); B – regionálne inžinierskogeologické členenie slovenských Karpát (Hraško a Klukanová, 2002 in Atlas krajiny SR, 2002): 1 – región jadrových pohorí: a – oblasť vysokých jadrových pohorí, b – oblasť jadrových stredohorí, 2 – región karpatského flyšu: a – oblasť flyšových vrchovín, subregión vonkajších flyšových Karpát, b – oblasť flyšových hornatín, subregión vonkajších flyšových Karpát, c – oblasť flyšových vrchovín, subregión bradlového pásma, d – oblasť flyšových vrchovín, subregión vnútorných flyšových Karpát, 3 – región neogénnych vulkanitov: a – oblasť vulkanických hornatín, b – oblasť vulkanických vrchovín, 4 – región neogénnych tektonických vkleslín: a – oblasť vnútrokarpatských níží, b – oblasť vnútrohorských kotlín.

1.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia

Súborný prehľad používaných metód monitorovania svahových pohybov je uvedený v tab. 1.3 a na obr. 1.2. Vzhľadom na rozdielnu podstatu meraní sú v tabuľke 1.3. samostatne vyčlenené metódy monitorovania, používané pre rôzne typy svahových pohybov a pozorované ukazovatele, ktoré sa týmito meraniami získavajú.



Obr. 1.2. Schematické znázornenie monitorovacích metód používaných v rámci podsystému A01 – zosuvy a iné svahové deformácie. INC – presná inklinometria (prenosný a stacionárny inklinometer), GEO – geodetické metódy (terestrické, GNSS), HPV – merania hĺbky hladiny podzemnej vody, jej teploty (vykonávané pozorovateľmi, resp. automatickými hladinomermi) a pórového tlaku, Q – merania výdatnosti odvodňovacích zariadení, KLIM – merania zrážkových úhrnov a meranie teploty vzduchu (zabezpečené SHMÚ), InSAR – radarová interferometria, FOTO – fotogrametrické metódy (laserové skenovanie terestrické, optické skenovanie skalných masívov atď.), UAV FOTO – letecká fotogrametria, DILAT – dilatometrické merania tyčovým meradlom Somet a meradlom posunov, TM-71 – dilatometrické merania opticko-mechanickým dilatometrom TM-71, mmZ – merania mikromorfologických zmien povrchu horniny.

A. Zosúvanie

a/ Merania posunov

Základným monitorovacím meraním na zosuvných územiach je meranie pohybu zosuvných hmôt, vykonávané prostredníctvom merania posunov bodov monitorovacej siete v určitých časových intervaloch.

Na meranie posunov bodov sa používa viacero metód; najpoužívanejšie z nich sú rôzne *terestrické geodetické metódy*, ktoré majú v tejto oblasti použitia najbohatšiu tradíciu. Podstata terestrických metód zostáva v zásade rovnaká, avšak vďaka výraznému progresu v kvalite meracej techniky i v spôsoboch spracovávania údajov sa postupne dosahuje čoraz väčšia presnosť meraní.

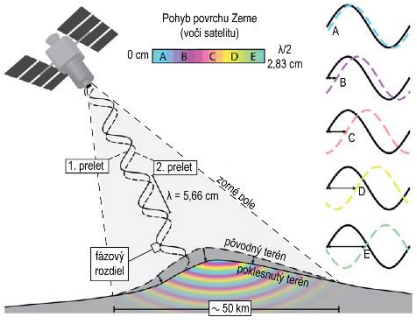
Pre získanie informácií z výrazne väčším počtom bodov, pri tvorbe ortofoto podkladov atď., sú využívané *fotogrametrické metódy*. Viac informácií o tejto metodike uvádzame v časti venovanej riešeniu.

Terestrické metódy na určitých typoch lokalít sú v poslednom desaťročí v značnej miere nahrádzané *presnou družicovou technológiou GNSS (Globálne navigačné satelitné systémy)*, často nie celkom správne nazývanou ako meranie GPS, ktorá je významne využívaná v geodézii na veľmi presné meranie priestorovej polohy diskrétnych bodov. Napriek nesporným výhodám a vývoju meracej technológie GNSS z hľadiska metodického i inštrumentálneho, nemôže na zosuvných územiach zatiaľ úplne nahradiť klasické terestrické metódy vzhľadom na to, že v prípade zalesnených častí územia je aplikovateľnosť metódy GNSS značne obmedzená. Preto i v budúcnosti možno za perspektívnu považovať vzájomnú kombináciu terestrických a GNSS metód v závislosti od charakteru meranej lokality.

V zosuvných územiach sme od roku 2015 zaľali s využívaním inovatívnej monitorovacej technológie InSAR – radarová interferometria (z angl. Interferometric Synthetic Aperture Radar). Metódy tejto technológie patria v súčasnosti medzi najdynamickejšie sa rozvíjajúce oblasti diaľkového prieskumu Zeme; stali sa dôležitým nástrojom presného určovania a monitorovania deformácií zemského povrchu. Techniky radarovej interferometrie nachádzajú uplatnenie napríklad pri geodeticko-geologickom monitorovaní prírodných nebezpečenstiev (svahové pohyby, zemetrasenia, vulkanická činnosť), pozorovaní pretvorení veľkých, ale aj malých stavebných objektov (vodné diela, atómové elektrárne, priemyselné závody, mosty, výškové budovy), tvorbe digitálneho modelu reliéfu, klasifikácii druhov krajinnej pokrývky a pri monitorovaní a prieskumoch životného prostredia. Hlavným dôvodom širokého uplatnenia tejto technológie je možnosť využívať družicové radarové merania nezávisle na počasí, dennej alebo nočnej dobe snímkovania s vysokým priestorovým rozlíšením a pokrytím veľkej oblasti jednou snímkou. Dôležitým faktorom je tiež nižšie ekonomické zaťaženie pri zachovaní podobnej presnosti v porovnaní s tradičnými geodetickými metódami.

Družicová radarová interferometria využíva elektromagnetické žiarenie (EMŽ) s vlnovou dĺžkou od 3 cm do 25 cm (oblasť frekvenčných pásiem L, C a X). Vysielané je vo forme pulzov aktívnym radarovým systémom na družici smerom k Zemi a po interakcii so zemským povrchom následne prijaté späť. Zo signálu sa využíva amplitúda a fáza prijatého elektromagnetického vlnenia.

Pri interferometrickom spracovaní sa používa minimálne dvojica snímok, pričom sa primárne využíva fázová zložka. Ak chceme určiť deformácie zemského povrchu za určité obdobie, je nutné pracovať so snímkami, ktoré sú vyhotovené z rovnakého miesta na obežnej dráhe družice, ale v rôznych časových okamihoch. Principiálne ide o rozdiel fázovej zložky signálu medzi korešpondujúcimi obrazovými elementmi z prvého a druhého (n-tého) preletu družice nad daným územím (obr. 1.3; Ferreti et al., 2007). Rozdiel fáz sa následne opraví o účinok zakrivenia Zeme, topografie, vplyvu atmosféry, nepresnosti určenia dráhy družice a zobrazí sa na danom území vo forme interferenčných pásov. Takto získaný diferenčný interferogram je prvým ukazovateľom miery deformácie na danom území (Ondrejka et al., 2016).



Obr. 3.1. 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; Global Volcanism Program, 2012).

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 ploché sledovanie stability daného územia (Ferreti et al., 2001; Kampes, 2006).

b/ Merania deformácií

Svojou podstatou sú merania deformácií veľmi príbuzné meraniam posunov; vykonávajú sa však v podpovrchových horizontoch zosuvných hmôt.

Z viacerých metód azda najviac overená a používaná je *metóda presnej inklinometrie* (Gajdoš a Wagner, 2005). Vzhľadom na kvalitu výstupov (úplná informácia o vektore deformácie v príslušnej hĺbke merania) táto metóda prakticky úspešne vytlačila ďalšie iné spôsoby merania, aplikované na tento účel v minulosti (napr. priechodomery, kyvadlá). Súčasne možno konštatovať, že prevažná väčšina novších metód merania deformácií je odvodená práve zo základného typu merania presnou inklinometriou.

Z metód, ktoré sa v súčasnosti začínajú overovať a možno ich považovať za perspektívne pri ďalšom vývoji a skvalitňovaní monitorovania deformácií, treba uviesť *metódu stacionárnej inklinometrie*. Metóda umožňuje merať vývoj deformácií v určitej hĺbke, zvyčajne na úrovni šmykovej plochy. Merania stacionárnym inklinometrom majú podstatne vyššiu frekvenciu, ako merania prenosným inklinometrom, čo významne mení pohľad na vývoj deformácie v čase a umožňuje porovnávať výsledky s inými kontinuálnymi meraniami, a tak odvodiť prípadné závislosti medzi nimi (Ondrejka et al., 2011). Nevýhodou tohto spôsobu monitorovania deformácie je, že získať informácie z celého profilu vrtu je technicky, a teda aj ekonomicky, veľmi náročné. Pozornosť sa preto venuje vybraným zónam či šmykovým plochám, ktoré treba určiť s vysokou presnosťou ešte pred inštaláciou zariadenia. Úspešne bola táto metóda v rokoch 2009 či 2010 aplikovaná na lokalite Veľká Čausa (Ondrejka et al., 2011). V rokoch 2014 a 2015 boli stacionárnymi inklinometrickými sondami vybavené tri vrty na zosuvných lokalitách v Handlovej a Nižnej Myšli.

c/ Merania napätostného stavu

Ide o merania, ktoré majú oproti predchádzajúcim metódam nespornú výhodu v tom, že indikujú zmeny napätostného stavu prostredia pred vlastným zosuvným pohybom či v prípade dlhšieho časového radu meraní možno odvodiť trendy vývoja napätostného stavu svahu a do určitej miery prognózovať ďalší vývoj jeho stability.

Ich keď obe používané metódy či *povrchových reziduálnych napätí* (Fussgänger a Jadroň, 1977) a *pod. pulzných elektromagnetických emisií* (PEE či Vybíral a Wagner, 2002) či boli pri riešení úlohy ĽMS či GF postupne nahradené (posledné meranie metódou PEE bolo v roku 2014 na lokalite Hlohovec-Posádka) inými progresívnejšími technológiami, v praxi sa naďalej využívajú. Počas ich dlhodobého používania sa zhromaždil pomerne rozsiahly súbor údajov z viacerých zosuvných území, v ktorých boli jednotlivé metódy aplikované. V súčasnom období poskytujú údaje podklad pre analýzy a porovnávanie s inými typmi meraní.

d/ Merania zmien zosuvotvorných faktorov

V rámci meraní zmien zosuvotvorných faktorov sa v našich podmienkach pozornosť tradične sústreďuje na režimové pozorovania zmien úrovne hladiny podzemnej vody v pozorovacích objektoch a zmien výdatnosti odvodňovacích zariadení (tab. 1.3).

Pri *meraní zmien hĺbky hladiny podzemnej vody* sa na všetkých významnejších lokalitách merania pozorovateľov nahrádzajú kontinuálnym zberom údajov pomocou automatických hladinomerov, ktoré navyše kontinuálne zaznamenávajú i zmeny teploty podzemnej vody, čo vytvára potenciál pre širšie analýzy medzi rôznymi pozorovanými faktormi. Na vybraných lokalitách bola vďaka špeciálnym automatickým hladinomerom zvýšená úroveň monitorovania na varovné systémy (ide o systém, ktorý v autonómnom režime poskytuje informácie o prekročení nastavených kritických hĺbkach hladiny podzemnej vody).

V nedávnej minulosti, v prípadoch, v ktorých údaje o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody, vzhľadom na filtračné parametre monitorovaného prostredia, nepodávali relevantné

informácie o režimových ukazovateľoch, boli do vrtov zabudované snímače pre priame *meranie pórového tlaku*.

Tab. 1.3. Prehľad metód monitorovania svahových pohybov

Typ svahového pohybu	Pozorované ukazovatele	Metódy monitorovania
Zosúvanie	a/ Posuny	ï Geodetické ï terestrické ï Geodetické ï GNSS ï Fotogrametria ï terestrická a letecká ï Laserové skenovanie ï terestrické ï Radarová interferometria (InSAR)
	b/ Deformácie	ï Presná inklinometria (prenosným a stacionárnym inklinometrom)
	c/ Napätostný stav	ï Merania počas pulzných elektromagnetických emisií (PEE; do roku 2014)
	d/ Zosuvotvorné faktory (režimové pozorovania)	ï Merania hĺbky hladiny podzemnej vody a jej teploty (vykonávané pozorovateľmi, resp. automatickými hladinomermi) ï Meranie pórových tlakov ï Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení ï Merania zrážkových úhrnov ï Meranie teploty vzduchu
Rútenie	a/ Posuny	ï Dilatometrické (tyčovým meradlom Somet a meradlom posunov) ï Fotogrametrické (metóda stereofotogrametrie, metóda časovej základnice, konvergentná fotogrametria, terestrické laserové a optické skenovanie ï metódy využívane v minulosti)
	b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu	ï Merania zrážkových úhrnov ï Záznam počtu mrazových dní
	c/ Zmeny morfológie skalnej steny	ï Merania mikromorfologických zmien povrchu horniny
Plazenie	a/ Posuny	ï Dilatometrické (opticko-mechanickým dilatometrom TM-71)
	b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu	ï Merania zrážkových úhrnov

Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení vo väčšine prípadoch vykonávajú pozorovatelia. Na vybraných lokalitách možno v budúcnosti uvažovať tiež s inštaláciou kontinuálnych meracích zariadení ï ich použitie však v značnej miere závisí od možností technickej inštalácie prístrojov na konkrétnej lokalite.

Nevyhnutnou súčasťou informácií o stave zosuvotvorných faktorov sú *údaje o zrážkach*. Táto informácia sa zvyčajne preberá zo siete staníc SHMÚ; na celospoločensky dôležitých lokalitách je však snaha inštalovať lokálne zrážkomerné stanice, zaznamenávajúce i údaje o teplote vzduchu (v minulosti boli v prevádzke na zosuvných lokalitách Veľká Ľubeľa a Okoličné).

B. Rútenie

Metódy monitorovania náznakov svahových pohybov typu rútenia majú špecifický charakter. V doterajšej praxi sa najčastejšie používali dva okruhy metód na meranie posunov bodov – metódy dilatometrické a metódy fotogrametrické (tab. 1.3). Možno konštatovať, že obidva tieto okruhy metód zostávajú stále aktuálne a dochádza iba k skvalitňovaniu postupu merania i vyhodnocovania výsledkov.

a/ Merania posunov

Z *dilatometrických meraní* sa najčastejšie aplikujú *merania tyčovým meradlom Somet*, ktorými sa zisťuje zmena vzdialenosti medzi bodmi, pevne osadenými v horninovom masíve. Určitým zdokonalením tohto merania je použitie *meradla posunov*, ktorým možno zaznamenať posun bodov nielen v rovine merania, ale aj v priestore (Wagner et al., 2002). Napriek širokému rozsahu použitia dilatometrických metód pri hodnotení stability skalných svahov treba upozorniť na zásadný a všeobecne platný technický problém ich aplikácie – pevné meracie body možno osadiť iba v relatívne pevnom skalnom prostredí. V dôsledku toho sú zmeny v najproblematickejších častiach skalného masívu (poruchové pásma, výrazné diskontinuity a pod.) zvyčajne nemerateľné.

Veľká výhoda *fotogrametrických meraní* vo všeobecnosti spočíva v optickom bezkontaktnom meraní a vo fotografickom zázname reality s vysokým stupňom rozlíšenia. Takéto záznamy pokrývajú celú lokalitu a je možné sa k nim kedykoľvek vrátiť a domerať požadované parametre. Majú teda aj vysokú dokumentačnú a archivačnú hodnotu. V súčasnosti sa fotografické záznamy spracovávajú výlučne v digitálnej forme (digitálna fotogrametria), čím sa výrazne zvýšila efektivita a presnosť prác. Na pozorovaných lokalitách sa v súčasnosti alebo v nedávnej minulosti aplikujú a aplikovali nasledujúce fotogrametrické metódy:

– *Časová základnica*, predstavujúca dvojsnímkovú stereofotogrametrickú metódu, kedy sa ako ľavá snímka použije predošlá časová etapa a ako pravá snímka súčasná etapa. Zmena častí lokality v smere kolmom na os záberu (optickú os objektívu) sa prejaví ako horizontálna alebo vertikálna paralaxa. Výhodou metódy je jej jednoduchosť a presnosť, nevýhody spočívajú predovšetkým v zabezpečení rovnakej polohy a orientácie každej snímky v každej etape merania.

– *Stereofotogrametria* je tiež dvojsnímkovou metódou, ktorá však využíva princíp prirodzeného stereoskopického videnia. Hlavnou výhodou metódy je jej vysoká efektivita, keďže na stereomodeli sa merajú priamo priestorové referenčné súradnice. Nevýhodou metódy je nižšia presnosť v smere kolmom na snímkovaciu základnicu.

– *Konvergentné snímkovanie* predstavuje viacsnímkovú metódu, pričom snímky sa vyhotovujú tak, aby ich osi záberu boli konvergentné. Metóda je menej efektívna ako stereofotogrametria, avšak vyznačuje sa vyššou a homogénnou presnosťou vo všetkých osiach súradnicového systému. Na menších objektoch tak možno dosahovať presnosť priestorového určenia bodu vyššiu ako 1 mm (Fraštia, 2009).

– *Terestrické laserové skenovanie* je metóda, ktorá môže doplniť spomenuté fotogrametrické merania a niektoré i nahradiť. Pulzné („time-of-flight") skenery merajú čas letu svetelnej vlny od vyslania po prijatie a na základe známej rýchlosti šírenia vlnenia sa vypočíta meraná dĺžka. Pulzné skenery majú dosah merania až niekoľko sto metrov s nepatrným poklesom presnosti v závislosti od narastajúcej vzdialenosti. Presnosť určenia priestorovej polohy bodu sa pritom pohybuje od 5 do 30 mm pri rýchlosti merania viac ako 50 000 bodov.s^{-1}. Presnosť modelovanej plochy sa pohybuje pri súčasných skeneroch od hodnoty 2 mm. Výsledkom laserového skenovania je tzv. mračno bodov, teda množina diskrétnych priestorových bodov definovaných súradnicami XYZ. Nespornou výhodou a perspektívou tejto

technológie je možnosť niektorých spracovateľských softvérov vytvárať rozdielové mapy takto meraných povrchov a určiť tak prípadné zmeny povrchu masívu (Fraštia, 2009).

– *Optické skenovanie (pozemná fotogrametria)* sa podobne ako laserové skenovanie uplatňuje pri automatizovanej tvorbe 3D modelov s hustým (bodovým) pokrytím povrchu. Metóda je využívaná predovšetkým na objekty s náhodne premenlivou textúrou a nie príliš členitou štruktúrou, aj keď posledné výsledky poukazujú na možnosti jej využitia aj pri objektoch doposiaľ rekonštruovaných výlučne metódou konvergentnej fotogrametrie (Fraštia, 2011). 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 priestorovú polohu bodov, resp. prvkov zaznamenaných na digitálnych obrazoch (Fraštia, 2012).

b/ Merania zmien faktorov vplývajúcich na stabilitu svahu

Okrem tradičného zberu údajov o zrážkových úhrnoch zo staníc SHMÚ patria pri posudzovaní stability skalných svahov k dôležitým informáciám údaje o počte mrazových dní, ako aj vyčíslenie počtu náhlych extrémnych zmien teploty (prudké oteplenie, prudké ochladenie), významne vplývajúcich na fyzický stav hodnoteného skalného masívu.

c/ Merania zmien morfológie skalnej steny

Tieto merania možno považovať za doplňujúce, zamerané na zaznamenanie postupu zvetrávacích procesov na povrchu skalného masívu. Merania *mikromorfologických zmien* povrchu skalnej steny majú už pomerne bohatú tradíciu a preukázalo sa nimi viacero zaujímavých výsledkov (Jánová a Liščák, 2001).

C. Plazenie

a/ Merania posunov

Pri monitorovaní svahových pohybov charakteru plazenia sa najčastejšie používa meranie *opticko-mechanickým dilatometrom TM-71* (Petro et al., 1999, 2004). Dilatometer umožňuje zaznamenať deformáciu medzi meranými blokmi v priestorových súradniciach s vysokou presnosťou (do 0,1 mm za rok). Doterajšie výsledky meraní a ich vyhodnotenia naznačujú, že ide o vhodný a dostatočne reprezentatívny spôsob monitorovania svahových pohybov tohto typu a možno odporučiť zachovanie uvedeného spôsobu merania i v budúcnosti.

b/ Merania zmien faktorov vplývajúcich na stabilitu svahu

V prípade lokalít charakteru plazenia sa vykonával zber údajov o zrážkových úhrnoch zo staníc SHMÚ.

Pri monitorovaní prieťnych deformácií prekrytého oceľového potrubia, prevádzajúceho tok Handlovky a Nepomenovaného potoka na lokalite Stabilizačného násypu v Handlovej sa okrem vyššie uvedených metód používajú i konvergenčné merania deformácií oceľového potrubia, ktoré vzhľadom na špecifickosť riešenej problematiky v tab. 1.3 nie sú uvedené.

Metódy hodnotenia nameraných údajov

V snahe dosiahnuť väčšiu prehľadnosť, zrozumiteľnosť a porovnateľnosť výsledkov monitorovania z rôznych lokalít, boli v minulosti vykonané viaceré analýzy zamerané na vytvorenie klasifikačnej stupnice, ktorá by umožňovala okamžite posúdiť význam nameranej veličiny z hľadiska aktuálneho stabilitného stavu v čase merania a v mieste meraného objektu. V priebehu obdobia monitorovania sa vykonali viaceré analýzy, ktorých cieľom bola čo najvyššia objektivizácia hodnotenia jednotlivých parametrov. Vždy sa prihliadalo na výsledky meraní, na ktoré sa klasifikačný systém vzťahoval. Od výlučne empirických prístupov

hodnotenia v období, kedy časový rad nameraných údajov neposkytoval možnosti komplexných analýz, až po klasifikácie, vychádzajúce z výsledkov dlhodobého monitorovania zmien pozorovaných bodov. Algoritmy, definujúce jednotlivé úrovne hodnotiacej stupnice nameraných veličín, využívali výlučne len výsledky dlhodobého monitoringu. Napríklad v prípade poslednej zostavenej klasifikačnej škály (využívanej do roku 2014) pre výsledky meraní metódami presnej inklinometrie a geodézie (podrobne opísanej v práci: Wagner et al., 2012) bola dĺžka časového radu údajov stanovená explicitne na 10 rokov. Pri hodnotení režimových parametrov bola konvenčne stanovená dĺžka meraní na 3 roky, avšak za predpokladu, že budú dodržané isté požiadavky kladené na frekvenciu meraní. Tieto kritéria boli účelovo vytvorené pre podmienky lokalít, monitorovaných od deväťdesiatich rokov do súčasnosti. Tento pôvodný súbor monitorovaných lokalít sa postupne redukuje, respektíve dochádza k zanikaniu počtu funkčných monitorovacích objektov (inklinometrické vrty v aktívnych časťach zosuvov sa postupne stávajú nepriechodné). Zároveň pribúda množstvo nových zosuvných lokalít, teda i početná množina monitorovacích objektov, pre ktoré nie je možné na základe definovaných kritérií stanoviť referenčné hodnoty jednotlivých klasifikačných stupníc. Problémy hodnotenia výsledkov meraní na aktuálnej monitorovacej sieti je možné zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- Režimové merania na nových piezometrických vrtoch sú zabezpečované s nízkou frekvenciou, zvyčajne 10 meraní za jeden rok. Aktuálne výsledky režimových pozorovaní tak podávajú informáciu o okamžitom stave hladiny podzemnej vody v priestore svahovej poruchy, prípadne v jej okolí. Neponúkajú však priestor na komplexnejšie analýzy, vedúce k odvodeniu referenčných hodnôt.
- Hodnotenie výdatnosti drenážnych objektov, resp. množstva vody odtekajúcej zo zosuvného územia je vo všeobecnosti problematické a nie je možné k nemu dospieť len na základe aktuálne nameranej výdatnosti, ako to je v hodnotení používanom do roku 2014. Pri konkrétnom praktickom riešení môže pokles prietoku znamenať tak pokles hladiny podzemnej vody (čo je pri hodnotení stability zosuvného územia vnímané pozitívne), ako aj zníženej funkčnosti odvodňovacieho zariadenia (čo je z hľadiska stability vnímané negatívne).
- Pohybová aktivita na zosuvoch, ktoré sa do súboru monitorovaných lokalít dostali po roku 2010, nie je monitorovaná dostatočne dlhé obdobie na to, aby mohli byť odvodené referenčné hodnoty používaných klasifikačných stupníc.
- Existujúce monitorovacie body – inklinometrické vrty – vybudované v dávnejšom období (deväťdesiate roky 20. storočia), nespĺňajú prísne kvalitatívne kritériá, kladené na tento typ meraní. Výsledky meraní poukazujú na problémy súvisiace so zabudovaním jednotlivých monitorovacích objektov.
- Pri geodetických meraniach sa vo väčšine prípadoch zmenil spôsob technológie z výlučne terestrickej na GNSS, prípadne ich kombináciu. Táto zmena technológie, ale i postupne zvyšujúca sa presnosť používaných prístrojov, sa prejavuje i na dosiahnutých výsledkoch meraní. Z tohto dôvodu, klasifikačné schémy vytvorené na základe výsledkov „starších“ meraní nie sú vždy vyhovujúce pre hodnotenie aktuálne nameraných posunov.

Aplikovanie zaužívaného semikvantitatívneho hodnotenia by vo viacerých prípadoch pôsobilo zavádzajúco, čo by v konečnej miere viedlo k strate vierohodnosti klasifikačného systému. Z uvedeného dôvodu, od roku 2015, nie sú výsledky meraní semikvantitatívne hodnotené. Zvýšená pozornosť je ale venovaná kvalitatívnej stránke monitorovacích objektov, teda i nameraným parametrom.

1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov

Základný spôsob zberu údajov je uvedený v predchádzajúcej kapitole a čiastočne i v tab. 1.3. Vo všeobecnosti možno konštatovať, že vývoj v oblasti spôsobov a frekvencie zberu údajov smeruje od jednorazových, prevažne mechanicky vykonávaných meračských

operácií, ku kontinuálnym automatickým meraniam a ďalej až k zavádzaniu diaľkových systémov prenosu nameraných údajov do centier monitorovania, kde sa priebežne, zvyčajne automaticky, vyhodnocujú.

Dosiaľ používaná frekvencia zberu údajov je vo všeobecnosti podmienená viacerými faktormi:

– celospoločenskou dôležitosťou monitorovanej lokality,
– fyzikálnou podstatou monitorovaného javu,
– aktuálnym stupňom stability svahu,
– nákladnosťou monitorovacích meraní.

V nadväznosti na tieto faktory sa v predchádzajúcich rokoch, ale i v roku 2018, zaužívala nasledujúca frekvencia zberu údajov z lokalít svahových pohybov:

a/ Merania na zosuvoch

– Geodetické terestrické merania sa vykonávajú na lokalitách Veľká Lúka a Kračovany. Merania sú vykonávané na konci jarného obdobia, prípadne na začiatku letného obdobia (apríl až júl);

– Geodetické (GNSS) merania sa v posledných rokoch vykonávali na lokalitách: Veľká Lúka a Fintice – 1-krát ročne;

– Radarová interferometria – InSAR. Táto metóda bola v rámci informačného podsystému úspešne aplikovaná na zosuvných územiach Prievidza-Hradec a Nižná Myšľa. Konkrétne išlo o snímky družice Sentinel-1A (zo vzostupnej obežnej dráhy č. 175 a zostupnej dráhy č. 51). Tieto snímky zachytávajú vývoj s priemernou opakovateľnosťou 12 až 15 dní.

– Merania metódou presnej inklinometrie (prenosný variant) sa zvyčajne vykonávali raz ročne, najčastejšie v období apríl až jún príslušného roku. V prípade pohybovo najaktívnejších lokalít sa merania vykonávajú častejšie, maximálne 3-krát za rok. V poslednom období pribudli na lokalitách Nižná Myšľa, Handlová – zosuv z roku 1960 a Handlová-Morovnianske sídlisko po jednej stacionárnej inklinometrickej sonde. Prístroje zaznamenávajú deformácie s frekvenciou jeden deň.

– Režimové pozorovania (merania hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení) sa vykonávali v širokej škále frekvencií – od nepravidelných meraní (1 až 2-krát ročne), ktoré sú súčasťou obhliadok stavu monitorovacích zariadení, cez pravidelné merania s jedno alebo dvojtýždenným, resp. mesačným intervalom, vykonávané pozorovateľmi, až po kontinuálny (hodinový) zber údajov prostredníctvom automatických hladinomerov;

– Zrážkové úhrny – denné, resp. mesačné, sú preberané zo zrážkomerných staníc siete SHMÚ, ako aj z automatickej zrážkomernej stanice situovanej priamo na zosuvnej lokalite Veľká Lúka.

b/ Merania náznakov pohybov typu rútenia

– Dilatometrické merania meradlom Somet a meradlom posunov sa v minulosti vykonávali pravidelne dvakrát ročne, v jarnom a jesennom cykle, v súčasnosti sa ich frekvencia znížila na jedno meranie za rok;

– Merania mikromorfologických zmien povrchu horniny sa uskutočňujú jeden až dvakrát ročne. V prípade, že sú merania vykonávané dvakrát za rok, zabezpečujú sa v jarnom a jesennom období;

– Informácie o zrážkach a počte mrazových dní sa preberali z údajov SHMÚ.

c/ Merania svahových pohybov typu plazenia

– Odčítanie údajov z dilatometra TM-71 sa v súčasnosti uskutočňuje 3 až 4-krát ročne. V minulosti frekvencia meraní dosahovala v niektorých prípadoch aj 5 meraní za rok;

– Zrážkové úhrny či denné, resp. mesačné, sú preberané zo zrážkomerných staníc siete SHMÚ.

Vo všeobecnosti platí, že frekvencia pozorovaní je o to hustejšia, čím je lokalita z celospoločenského hľadiska dôležitejšia, pričom je snaha postupne prejsť na kontinuálny spôsob merania.

Frekvencia rôznych monitorovacích meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018 na jednotlivých lokalitách, je uvedená v prehľadnej tabuľke pri opise každej z pozorovaných lokalít. Na základe zhodnotenia výsledkov meraní za určité obdobie sa odvodzuje rozsah a frekvencia meraní v ďalšom roku.

1.4. Výsledky monitorovania

Podrobný opis vşetkých monitorovaných lokalít, vrátane geologickej situácie sa nachádza v správach z predchádzajúcich rokov, z ktorých niektoré boli i v publikovaných ļlánkoch (napr. Wagner et al., 2002, Petro et al., 2011). Primárne informácie o svahových poruchách sú vşak v správach z prieskumov a sanácií. Z tohto dôvodu sa pri opise jednotlivých lokalít sústreŇujeme najmä na opis výsledkov monitorovania z roku 2018 a na porovnanie uvádzame i výsledky meraní z roku 2017.

Ştruktúra opisu jednotlivých monitorovaných lokalít je nasledujúca:

– Struļná charakteristika lokality (v snahe redukovaŠ obsah správy sa na dlhodobo hodnotených lokalitách uvádzajú iba základné informácie o monitorovanej svahovej poruche; podrobnejşie charakteristiky sú uvedené v správach z predoşlého rieşenia úlohy ï napr. Ondrejka et al., 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 a 2017);

– PrehĽad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018 zhrnutý v tabuĽke;

– Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateĽov za roky 2017 a 2018. Výsledky monitorovania sú opísané postupne podĽa aplikovaných monitorovacích metód, vyjadrené sú v situáciách, grafoch a tabuĽkách a charakterizujú stav pozorovaných parametrov do konca kalendárneho roka 2018, alebo ï pri niektorých typoch meraní ï do momentu posledného merania, uskutoļ neného v roku 2018;

– Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateĽov za dlhşie obdobie, vyjadrené vo vývojových grafoch zmien pozorovaných ukazovateĽov. Vývojové grafy podávajú informáciu vşdy za posledných 10 rokov, v prípade şe je sledovaný parameter hodnotený kratşie obdobie, uvádzajú sa len výsledky za monitorované obdobie;

– Zhrnutie výsledkov a upozornenia. Spracované sú najdôleşitejşie poznatky z monitorovania, praktické upozornenia a návrh ŇalşieHo postupu pozorovania a hodnotenia lokality.

1.4.1. Lokalita Nižná Myšľa

Stručná charakteristika lokality

V intraviláne obce Nižná Myšľa sa v roku 2010 aktivizovala svahová deformácia, ktorá postihla značnú časť obce. Zosuvy sa aktivizovali v priestore starších potenciálnych zosuvov (Tometz et al., 2010) v dôsledku mimoriadne nepriaznivých klimatických pomerov.

Počas geologických a sanačných prác v rokoch 2010 až 2014 bola v zosuvnom území vybudovaná pomerne hustá sieť monitorovacích objektov. Zároveň v rámci realizácie okamžitých protihavarijných opatrení a sanačných prác bola na lokalite vybudovaná hustá sieť subhorizontálnych vrtov. Podrobný opis zosuvnej lokality je súčasťou správ z predchádzajúcich rokov (Ondrejka et al., 2012), ako aj správ z realizovaných prieskumov a sanácií (Tometz et al., 2010, Sláma et al., 2012, Grech et al., 2014 in Šimeková et al., 2014).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Nižná Myšľa, sú zhrnuté v tab. 4.1.1.

Tab. 4.1.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Nižná Myšľa v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	13 *(2017)* 14 *(2018)*	INK-12, 21, 22, 24A, 26, 32, 34, 42, 43, 44, 52, 53, 55, 56, INM-2, 5[1]	2 *(19. apríl, 20. apríl, 25. apríl, 8. november, 9. november)*	1 – 2 *(3. máj, 4. máj, 23. máj, 15. október, 16. október)*
	2	INK-12, INK-56 stacionárna inkli. sonda	kontinuálne *(každý deň)*	
Radarová interferometria (InSAR)	341 353	Prirodzené odrážače (body): dráha č. 102: 1 – 341 dráha č. 153: 1 – 353	dráha č. 102: 61 s. dráha č. 153: 50 s. *(január – december)*	dráha č. 102: 59 s. dráha č. 153: 60 s. *(január – december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	69 *(2017)* 76 *(2018)*	J-1, JC-1 až 5, JJ-1 až 4, JK-1, 3, 4, 6, JS-1, 2, 2A, 3, 4, 4A, JV-11, 12, 15, 16, 18[2], 22, 23, 23A, 24, 25, 25A, 26, 26A, 27, 31, 33, 34, 35, 41, 42, 43, 43A, 44, 45, 51, 52, 53, 53A, 54A, 55, P-1, 2[2], 3, 4, 5, 6, PZ-1, 1A, 2, 2A, 4, 5, 5A, 6 až 12, ŠS-1, 2	prevažne 43 *(cca 1x za týždeň)*	46 *(cca 1x za týždeň)*
	4 *(2017)* 2 *(2018)*	JV-17, JV-14[3], JV-22, JV-54[4] – automatické hladinomery	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	34 *(2017)* 31 *(2018)*	HNM-1 až 3, SHV-11 až 15, SHV-21 až 23[5], SHV-31 až 34, SHV-51 až 53, SHV-61 až 64, SHV-71 až 73, SHV-81 a 82, SHV-91 až 93, SHV-101, SHV-111 a 112, ST-12	37 až 43 *(cca 1x za týždeň)*	46 *(cca 1x za týždeň)*
Meranie zrážkových úhrnov	3	Stanice SHMÚ: Ľubľa (indikatív 60140) Vyšný Ľaj (indikatív 60100)	*Denné úhrny zrážok*	

[1] – vo vrtoch INM-2 a INM-5 sa merania v roku 2018 prerušili, [2] – vrt bol v roku 2018 meraný iba raz, [3] – vo vrte JV-14 boli merania automatickým hladinomerom prerušené 20. apríla 2017, [4] – vo vrte JV-54 boli merania automatickým hladinomerom prerušené 13. decembra 2017, [5] – vrty SHV-21 až 23 v roku 2018 neboli merané

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2016 a 2017 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

V zosuvnom území sa nachádza 25 inklinometrických vrtov, z ktorých 4 pochádzajú z inžinierskogeologického prieskumu z roku 2010 (Tometz et al., 2010) a 21 z I. etapy sanácie, realizovanej v roku 2012 (Sláma et al., 2012; obr. 4.1.1). Inklinometrické merania sa začali realizovať už v roku 2011 (nulté meranie) v štyroch vrtoch, označených INM a neskôr v roku 2012 k nim pribudli vrty označené INK. Údaje, získané v rokoch 2017 a 2018, sú spracované v tab. 4.1.2 a informácie o pohybovej aktivite v jednotlivých vrtoch sú znázornené na obr. 4.1.1.

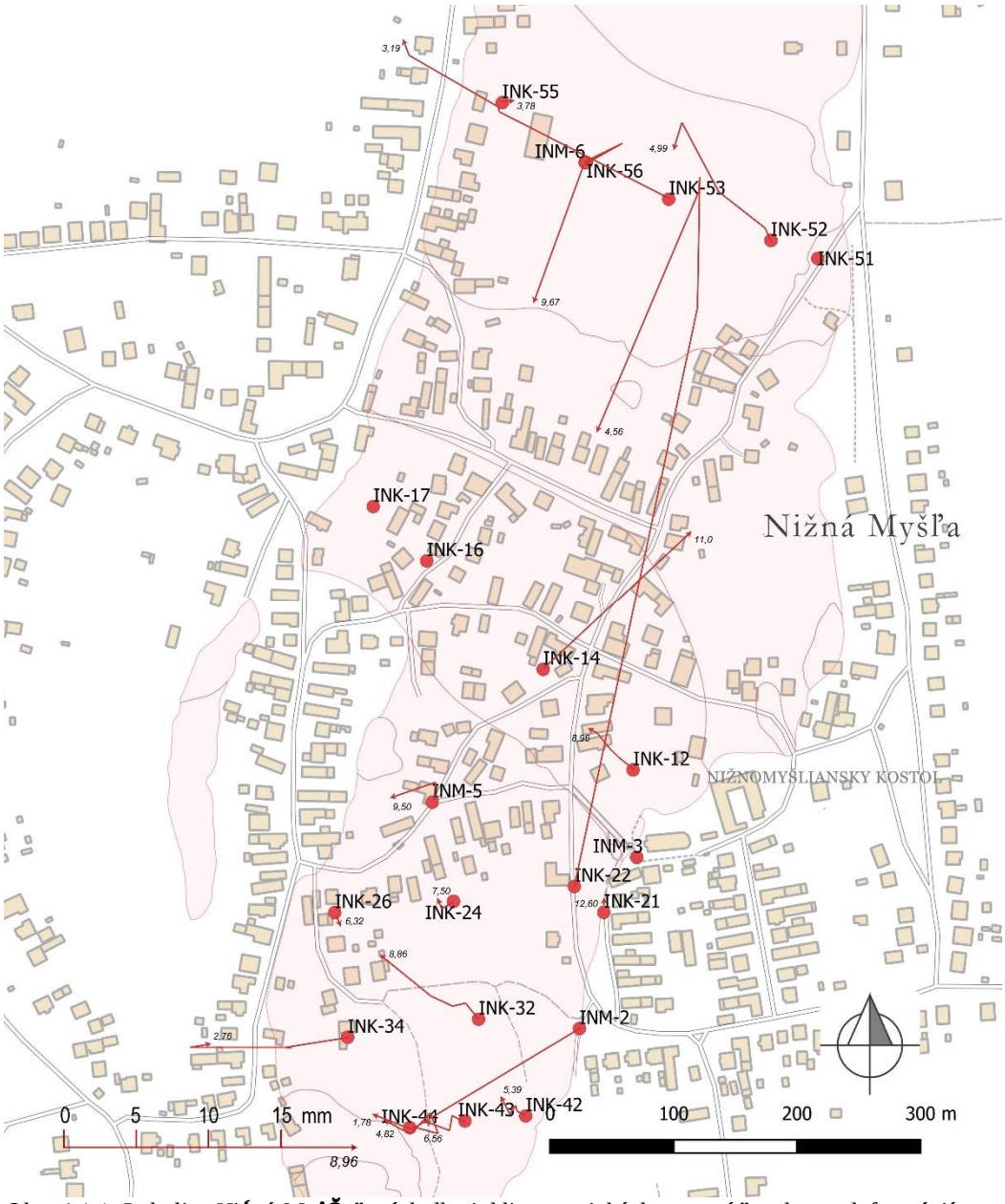
V roku 2017 sa merania zabezpečovali v 13 vrtoch (INK-12, 22, 24A, 32, 34, 42, 43, 44, 52, 53, 56, INM-2 a 5) v druhej polovici apríla (namerané vektory charakterizujú pohybovú aktivitu za posledných päť mesiacov) a v prvej polovici novembra. Počas jarnej etapy bola mimoriadne vysoká pohybová aktivita nameraná vo vrte INK-22. V hĺbke šmykovej plochy bola nameraná etapová deformácia 41,02 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu až 93,58 mm.rok^{-1}. Nameraný vektor je najväčší za celé monitorované obdobie a jeho orientácia mala severný smer (12°). Pomerne vysoké hodnoty pohybovej aktivity, v rozsahu 13,2 – 13,5 mm, boli namerané aj vo vrtoch INM-2 a INK-53 (30,11 – 30,89 mm.rok^{-1}). Vektor zaznamenaný vo vrte INM-2 bol orientovaný na juhozápad a vektor nameraný vo vrte INK-53 na severozápad. Vrt INM-2 je situovaný v juhovej časti obchodnej ulice a vrt INK-53 sa nachádza nad základnou škôlkou.

Deformácie nad 2 mm boli namerané vo vrtoch INK-34 (4,4 mm; 10,04 mm.rok^{-1}) a INK-56 (2,92 mm; 6,66 mm.rok^{-1}). V ostatných vrtoch, počas aprílovej etapy, boli na sledovaných šmykových plochách namerané deformácie v intervale 0,14 mm (INK-42 v hĺbke 8,39 m pod terénom; 0,32 mm.rok^{-1}) do 1,88 mm (INK-44 v hĺbke 4,82 m pod terénom; 4,29 mm.rok^{-1}).

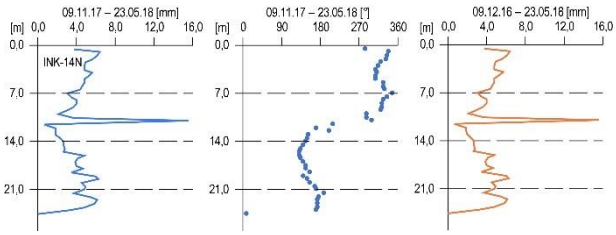
Počas novembrovej etapy boli merania zabezpečené na 12 vrtoch. Z nameraných výsledkov vyplýva, že v území došlo, v porovnaní s predchádzajúcim obdobím, k poklesu pohybovej aktivity. Najväčšia etapová deformácia bola opätovne nameraná vo vrte INK-22. V hĺbke 4,56 m pod terénom bol nameraný prírastok deformácie s hodnotou 9,01 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 16,12 mm.rok^{-1}. Azimut deformácie sa v porovnaní predchádzajúcim meraním prakticky nezmenil (orientácia na sever). Zvýšené hodnoty pohybovej aktivity boli zaznamenané i vo vrtoch INM-2, INM-5 a INK-52 (deformácie v intervale 2,65 – 4,07 mm). Ich azimuty boli orientované prevažne na západ až severozápad.

V ostatných vrtoch prevládali hodnoty deformácie do 1 mm. Relatívne priaznivé stabilitné pomery sú dorazom zrážkového deficitu, ktorý bol sledovaný prakticky počas celého hodnoteného roka (viac informácii o zrážkach je uvedené v podkapitole „Merania zrážkových úhrnov“).

V roku 2018 sa pokračovalo v monitorovacích meraniach v 15 vrtoch (INK-12, 14N, 21, 22, 24A, 26, 32, 34, 42, 43, 44, 52, 53, 55, 56) v dvoch etapách. V prvej etape, ktorá bola realizovaná v prvej polovici mája a vo väčšine vrtov charakterizuje pohybovú aktivitu za posledných šesť mesiacov, boli merania zabezpečené v 11 vrtoch. Počas druhej etapy, ktorá bola vykonaná v polovici októbra bolo monitorovaných 13 vrtov.



Obr. 4.1.1. Lokalita Nižná Myšľa – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.1.2 a 4.1.3; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Slámu et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.



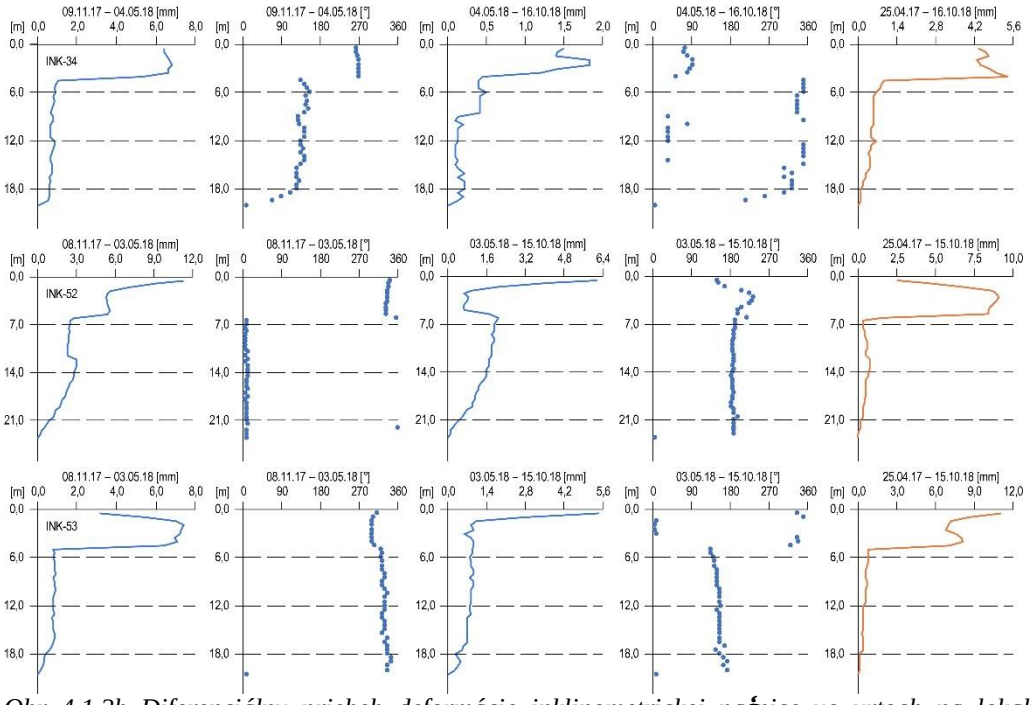
Obr. 4.1.2a. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Tab. 4.1.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Nižná Myšľa v rokoch 2017 a 2018

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	10. 11. 16 – 19. 4. 17			25. 4. 17 – 9. 11. 17			9. 11. 17 – 3. 5. 18			3. 5. 18 – 15. 10. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-12	8,96	16,98	1,32	309	0,82	0,82	314	2,21	1,39	321	2,69	0,50	300
INK-12	13,96	0,22	0,42	165	0,20	0,20	210	0,14	0,32	48	0,14	0,20	300
INK-14N	11,00												
INK-21	5,60										1,94	1,94[1]	145[1]
INK-21	12,60										0,20	0,20[1]	0[1]
INK-21	15,10										0,14	0,14[1]	315[1]
INK-22	4,56	46,15	41,02	12	9,01	9,01[2]	1[2]	8,01	1,00	184	10,84	17,78	203
INK-24A	4,50				1,06	1,06[2]	229[2]					19,68	193
INK-24A	7,50				0,94	0,94[2]	238[2]					0,54	338
INK-24A	17,00				0,28	0,28[2]	225[2]					0,41	346
INK-26	6,32										0,51	0,51[3]	159[3]
INK-26	16,32										0,91	0,91[3]	86[3]
INK-32	8,86	39,66	1,42	321	0,92	0,92[4]	257[4]	2,45	1,66[5]	295[5]	6,54	4,26[6]	309[6]
INK-32	16,36	1,41	0,76	337	1,14	1,14[4]	128[4]	0,86	0,28[5]	315[5]	0,76	1,56[6]	320[6]
INK-34	2,76	59,32	4,40	261	0,41	0,41	94	6,18	6,59[7]	270[7]	5,00	1,20[8]	80[8]
INK-42	5,39	20,34	0,67	297	0,41	0,41[4]	346[4]	0,54	0,72[9]	214[9]	1,28	1,12[8]	333[8]
INK-42	8,39	5,21	0,14	315	0,32	0,32[4]	108[4]	1,08	0,91[9]	174[9]	0,20	0,89[8]	333[8]
INK-42	13,39	1,22	0,40	270	0,22	0,22[4]	117[4]	0,94	0,76[9]	157[9]	0,14	0,98[8]	336[8]
INK-43	6,56	17,14	1,04	297	0,10	0,10[4]	190[4]	1,51	1,53[9]	291[9]	2,16	0,67[8]	307[8]
INK-44	4,82	25,54	1,88	105	1,53	1,53[4]	339[4]	1,92	2,00[9]	223[9]	3,58	1,78[8]	298[8]
INK-44	12,82	0,78	0,36	24	0,63	0,63[4]	332[4]	0,58	1,21[9]	146[9]	0,10	0,54[8]	328[8]
INK-52	4,99	46,83	1,08	336	4,07	4,07[10]	308[10]	9,28	5,42[5]	332[5]	8,41	1,71	197
INK-52	19,49	1,88	0,22	217	0,36	0,36[10]	156[10]	1,02	1,30[5]	10[5]	0,36	0,70	190
INK-53	3,19	73,07	13,20	297	0,36	0,36[10]	346[10]	7,35	7,10[5]	300[5]	8,10	0,92	339
INK-53	10,19	0,57	0,22	317	0,50	0,50[10]	147[10]	0,28	0,78[5]	330[5]	0,57	0,85	155
INK-55	3,78										0,61	0,61[3]	86[3]
INK-55	13,78										0,10	0,10[3]	5[3]
INK-56	9,67	1,22	2,92	64				2,25	3,05[11]	241[11]			
INK-56	16,17	1,20	2,10	37				0,72	1,49[11]	212[11]			
INM-2	1,78	52,83	13,54	239	2,65	2,65[4]	291[4]						
INM-5	9,50	12,40	1,34	3	3,05	3,05[4]	251[4]						

CD – Celková def. od nultého merania ([do roku 2017] 5. 12. 11 – vrty: INM-2, INM-5; 7. 8. 12 – vrty: INK-12, INK-14, INK-16, INK-17, INK-21, INK-22, INK-26, INK-32, INK-34, INK-42, INK-43, INK-44, INK-51; 8. 8. 12 – vrty: INK-52, INK-53, INK-55; 6. 5. 14 – vrt INM-3A; 28. 4. 15 – vrt INK-56; [po roku 2017] 20. 4. 17 – vrty: INK-22, INK-24A, INK-32, INK-42, INK-43, INK-44, INM-2, INM-5; 25. 4. 17 – vrty: INK-12, INK-34, INK-52, INK-53); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 9. 11. 17 – 15. 10. 18; [2] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 20. 4. 17 – 9. 11. 17; [3] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 9. 11. 17 – 16. 10. 18; [4] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 20. 4. 17 – 8. 11. 17; [5] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 8. 11. 17 – 3. 5. 18; [6] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 3. 5. 18 – 16. 10. 18; [7] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 9. 11. 17 – 4. 5. 18; [8] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 4. 5. 18 – 16. 10. 18; [9] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 8. 11. 17 – 4. 5. 18; [10] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 25. 4. 17 – 8. 11. 17; [11] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 19. 4. 17 – 23. 5. 18.

Počas jarnej etapy bola najvýznamnejšia pohybová aktivita nameraná vo vrte INK-14N (obr. 4.1.1 a 4.1.2a). V hĺbke 11 m pod terénom bol v období od 9. novembra do 23. mája nameraný prírastok deformácie s hodnotou 15,6 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť 29,2 mm.rok^{-1}) s azimutom 299°. Vrt sa nachádza v blízkosti kríženia ulice Hlbokej a Obchodnej ul. Zvýšené hodnoty deformácie (nad 5 mm) boli počas jarnej etapy namerané ešte i vo vrtoch INK-34 (6,59 mm; 13,68 mm.rok^{-1}), INK-52 (5,42 mm; 11,24 mm.rok^{-1}), INK-53 (7,1 mm; 14,73 mm.rok^{-1}). Vrt INK-34 sa nachádza v južnej časti Varhednej ulice a vrty INK-52 a INK-53 sa nachádzajú v území medzi základnou školou a miestnym cintorínom. Etapové vektory nad 2 mm boli namerané vo vrtoch INK-44 (2 mm; 4,13 mm.rok^{-1}) a INK-56 (3,05 mm; 2,79 mm.rok^{-1}). V ostatných vrtoch boli na sledovaných šmykových plochách počas jarnej etapy namerané deformácie v rozsahu od 0,72 mm (INK-42) do 1,53 (INK-43).

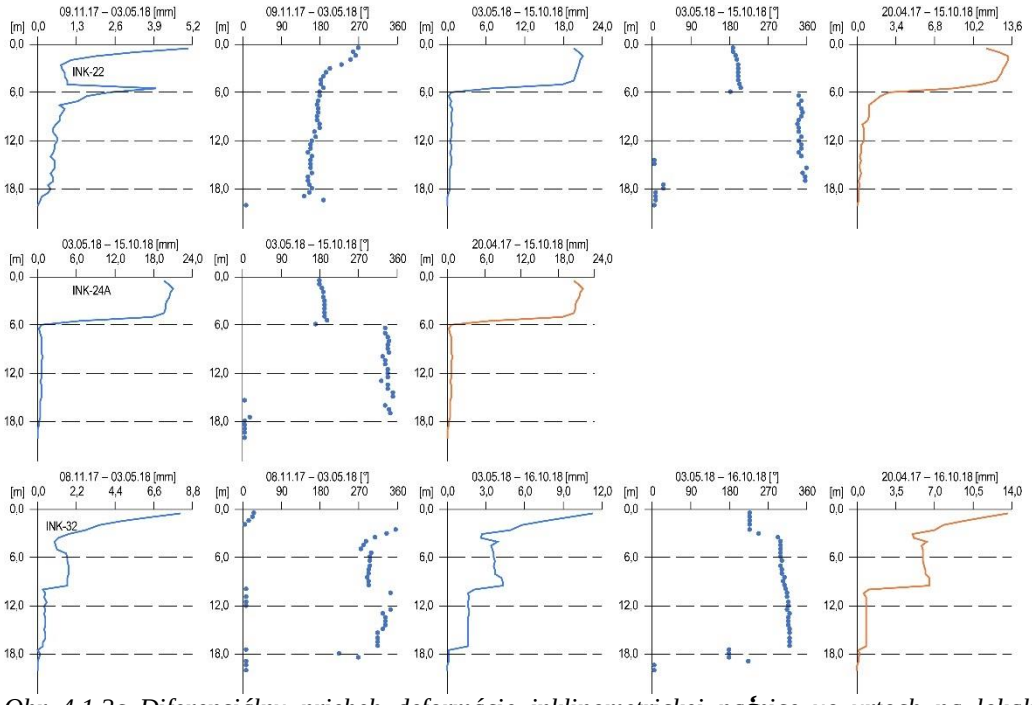


Obr. 4.1.2b. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Počas jesennej etapy bola vysoká pohybová aktivita zaznamenaná v oblasti vrtu INK-22. V hĺbke 4,56 m pod terénom, na hlavnej šmykovej ploche, bol v období od 3. mája do 15. októbra nameraný vektor 17,78 mm (39,32 mm.rok^{-1}) s azimutom na juhozápad. Vrt sa nachádza na Obchodnej ul. pod kostolom. Celková deformácia na sledovanej šmykovej ploche, v období od 20. apríl 2017 (nulté meranie druhej epochy) do aktuálneho etapového merania (15. október 2018), dosiahla 10,84 mm, čo v prepočte na priemernú rýchlosť prestavuje 7,29 mm.rok^{-1} (obr. 4.1.2c). Prakticky rovnaký charakter deformácie bol pozorovaný vo vrte INK-24A (v hĺbke 4,5 m pod terénom, bola nameraná etapová deformácia s veľkosťou 19,68 mm (priemerná rýchlosť 43,52 mm.rok^{-1}) s azimutom na juho-juhozápad.

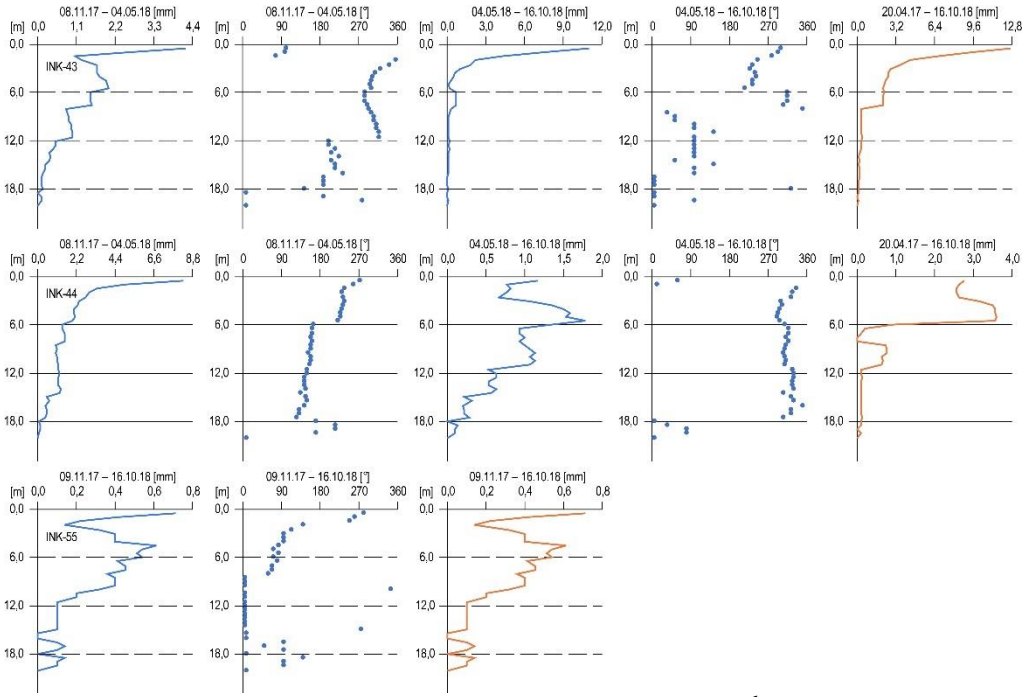
Pomerne vysoké hodnoty pohybovej aktivity na sledovaných šmykových plochách boli počas jesennej etapy namerané i vo vrtoch INK-14N (13,72 mm), INK-56 (17,78 mm). Z priebehu deformácie inklinometrickej pažnice v uvedených vrtoch však nie je možné jednoznačne usúdiť, či sa jedná o posun súvisiaci s pohybovou aktivitou zosuvu alebo ide o chybu merania.

Mierne zvýšená pohybová aktivita bola nameraná vo vrte INK-32 v hĺbke 8,86 m pod terénom (4,26 mm; 9,37 mm.rok^{-1}; azimut 309°). Vrt sa nachádza v juhnej časti zosuvného územia. V uvedenom vrte sa okrem deformácii na aktívnej šmykovej ploche (v hĺbke 8,86 m pod terénom) začali prejavovať i deformácie v horizonte 16,36 m pod terénom (1,56 mm; 3,43 mm.rok^{-1}) a pomerne vysoká pohybová aktivita je sledovaná i plytko pod terénom.

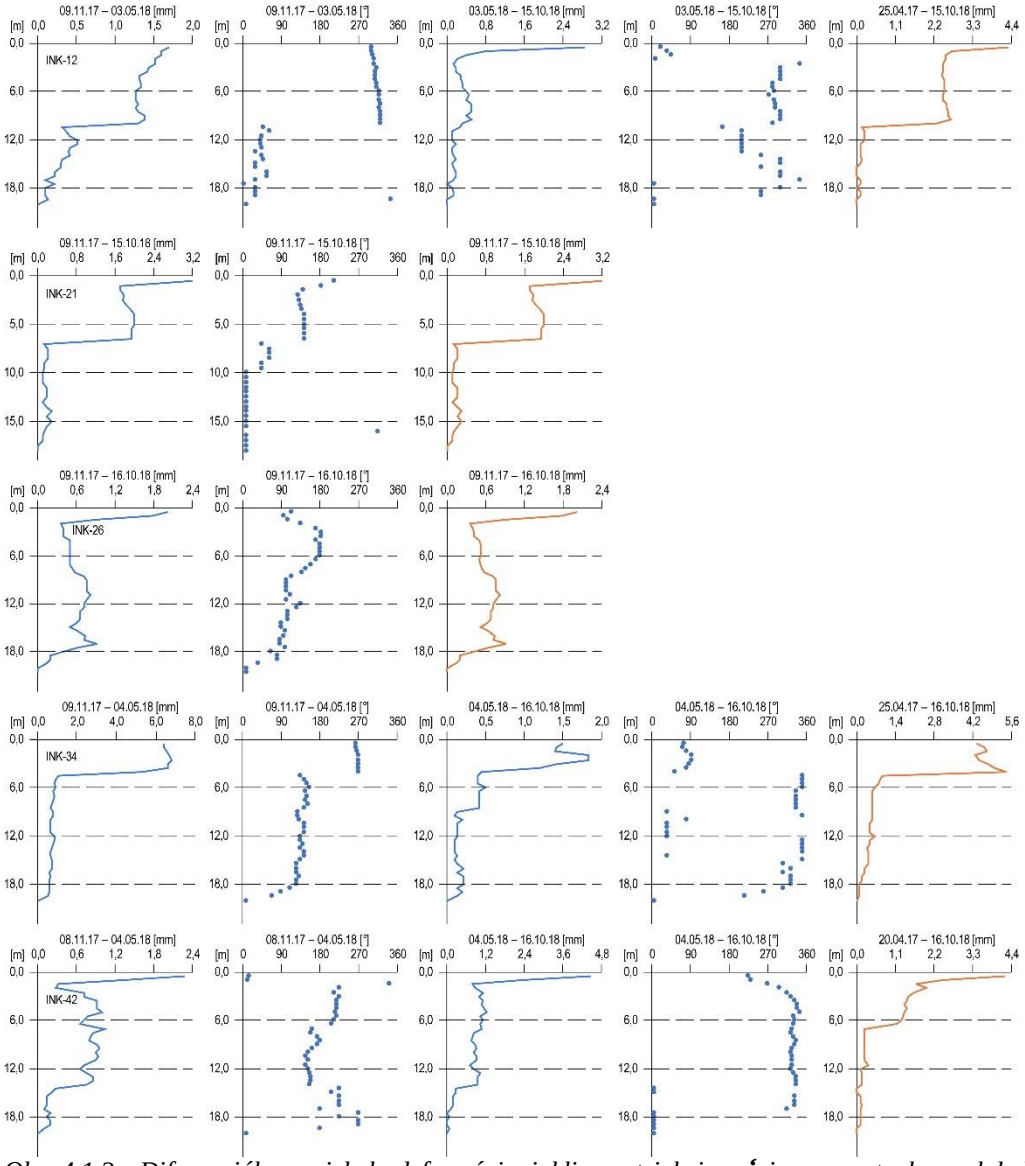


Obr. 4.1.2c. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Počas jesennej etapy však prevládali prevažne vektory do 2 mm (INK-12, 21, 26, 34, 42, 43, 44, 52, 53, 55 – obr. 4.1.2d, e), a teda celkovo je možné konštatovať, že v období od mája do októbra prevládali v zosuvnom území relatívne priaznivé stabilitné pomery.



Obr. 4.1.2d. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

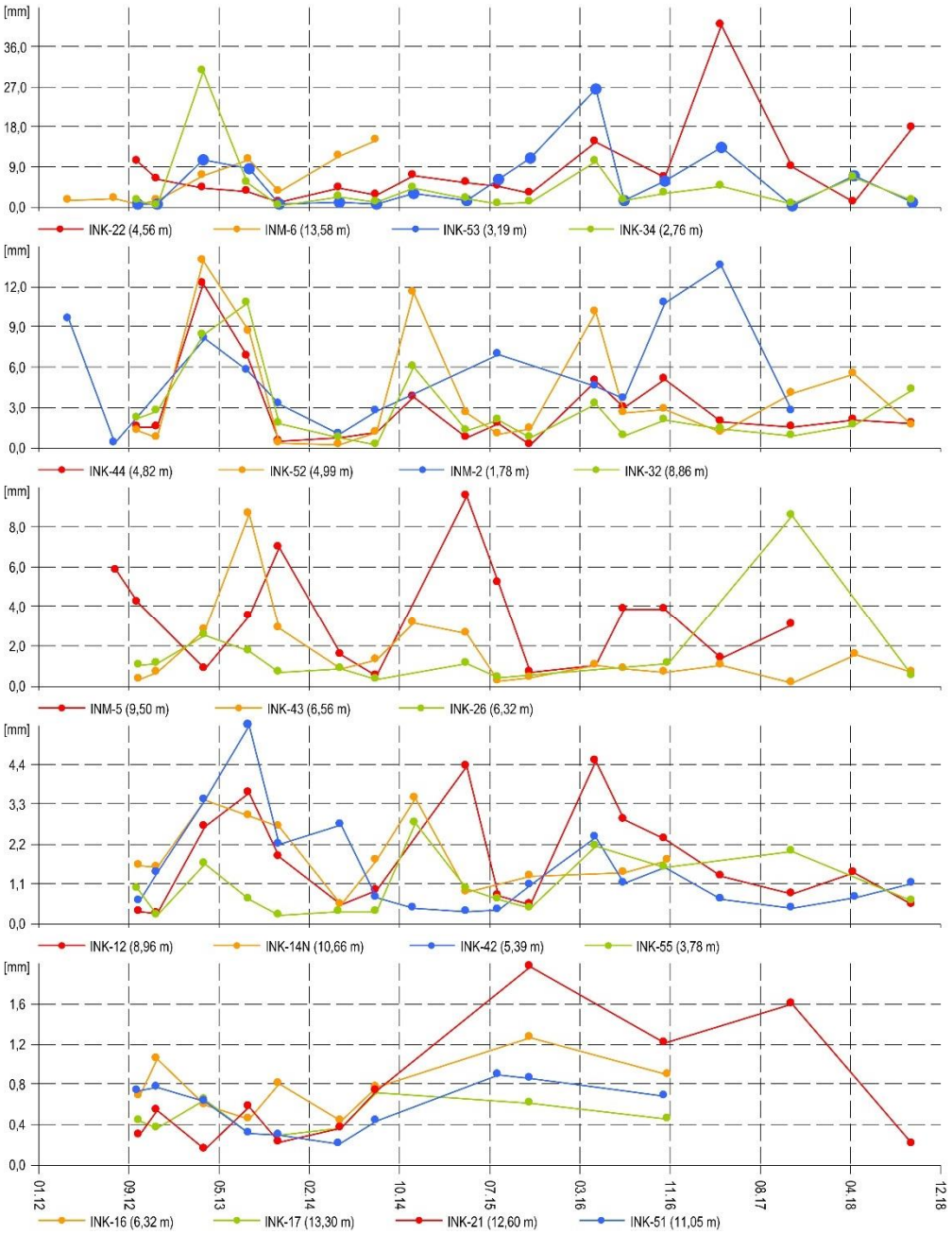


Obr. 4.1.2e. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Z nameraných údajov, ktoré sú prezentované na obr. 4.1.2 a 4.1.3 vyplýva, že najďalej sú najväčšie deformácie pozorované v oblasti nad základnou škárou. Na základe výsledkov, ktoré boli získané etapovými meraniami do roku 2017 (pred výmenou inklinometrickej sondy, ktorou sa začala nová epocha merania) je možné konštatovať, že najväčšia výsledná deformácia bola namerané vo vrte INK-53 (monitorovaný od 7. augusta 2012) v hĺbke 3,19 m pod terénom (73,07 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 15,54 mm.rok^{-1}). Zároveň treba poznamenať, že zaznamenaná deformácia v jarnom období roku 2016 vysoko presahovala všetky namerané hodnoty. O niečo nižšia hodnota výslednej deformácie bola nameraná vo vrte INK-34 (59,32 mm; 12,62 mm.rok^{-1}). Približne rovnako vysoké hodnoty boli pozorované aj vo vrtoch INK-32, 22, 52 a INM-2 (od 39,66 mm do 52,83 mm).

Počas monitorovacieho obdobia (od roku 2012) bol najväčší etapový prírastok nameraný v roku 2017 vo vrte INK-22 (41,02 mm). V minulosti boli vysoké hodnoty namerané vo vrtoch INK-34 (30,4 mm) v roku 2013 a INK-53 (26,46 mm) v roku 2016. Na obrázku 4.1.3 je možné

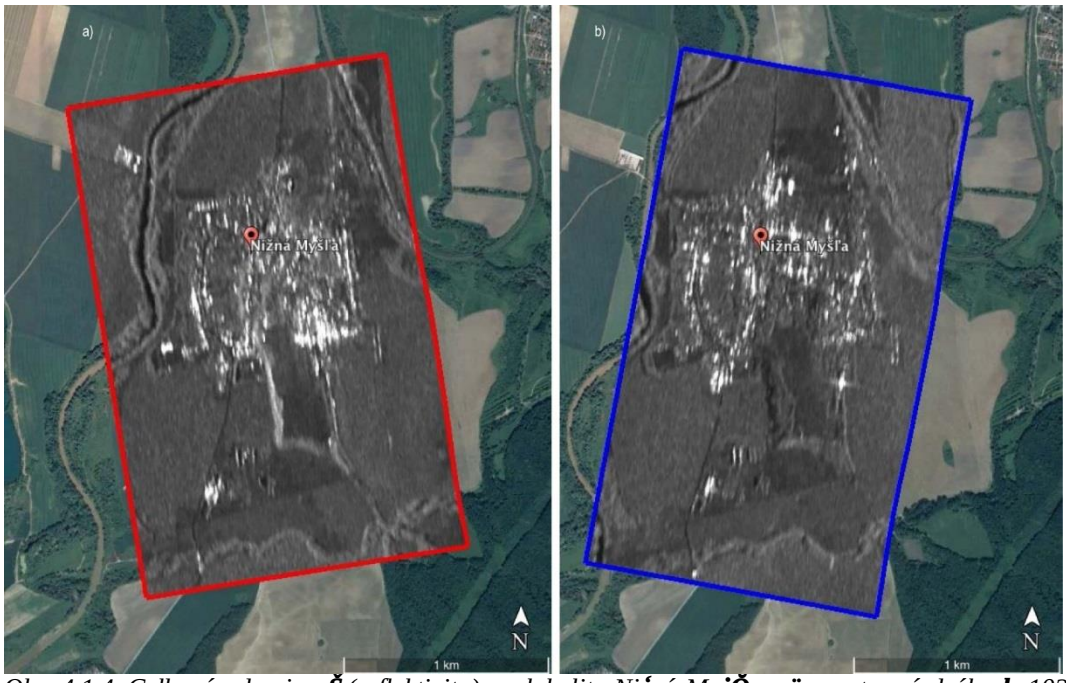
pozorovaš striedanie období so zvýšenou pohybovo aktivitou s obdobiami relatívne stabilnými. Táto skutoľnosš je do veľkej miery ovplyvňovaná klimatickými pomermi pôsobiacimi v príslušných ľasových obdobiach. Zároveň je možné urľiš i oblasti, v ktorých sa pohybová aktivita nachádza na najnižšej úrovni. Ide o územia v blízkosti vrtov INK-16 a 17, ktoré sa nachádzajú západne od Mäsiarskej ulice. Za stabilné územie možno považovaš aj územie, ktoré sa nachádza tesne pod cintorínom ï vrt INK-51 (vrt sa nachádza v blízkosti stabilizaľného prvku vybudovaného v minulosti). Podobná situácia je i v prípade vrtu INM-2, v blízkosti ktorého bola vybudovaná kotvená pilótová stena (Obchodná ul.).



Obr. 4.1.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Nižná Myšľa v období rokov 2012 až 2018.

b/ Radarová interferometria

Na lokalite Nižná Myšľa bola ako ďalšia monitorovacia metóda (na určenie pohybovej aktivity) aplikovaná radarová interferometria (InSAR; prezentované výsledky analýzy sú podrobne spracované v správach Papčo a Bakoň, 2018 a 2019). Pred samotným spracovaním bol vykonaný prieskum dostupnosti radarových snímok z radarovej družicovej misie Sentinel-1. Spracované boli snímkové sady z družice Sentinel-1A/B, vzostupná dráha č. 102 a zostupná dráha č. 153. Pri analýze boli výlučne využívané stabilné odrazové prvky na zemskom povrchu (PS InSAR, z angl. Persistent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar). Na obr. 4.1.4 je znázornená celková odrazivosť objektov na snímkach z družice Sentinel-1. Z obidvoch snímok je evidentné stredné priestorové rozlíšenie snímacieho IWS módu družice Sentinel-1 (približne 20 m v smere dráhy letu družice).



Obr. 4.1.4. Celková odrazivosť (reflektivita) na lokalite Nižná Myšľa; a – vzostupná dráha č. 102, b – zostupná dráha č. 153.

Spracovanie bolo uskutočnené pre obidve snímkové sady. V roku 2017 vstupovalo do spracovania vzostupnej dráhy č. 102 celkovo 61. snímok za obdobie od januára do konca roka. V roku 2018 ich bolo v rovnakom období 60. Za hlavnú snímku, voči ktorej boli následne spracovávané ostatné snímky metódou STAR GRAPH-u, bola v roku 2017 zvolená, vzhľadom na svoje najmenšie zašumenie, snímka zo dňa 22. júla 2017, v roku snímka zo 17. júna 2018. Do spracovania zostupnej dráhy č. 153 nám vstupovalo v roku v roku 2017 50 snímok (za obdobie január až december), v roku 2018 60 snímok. Hlavnou snímkou, voči ktorej boli následne spracovávané ostatné snímky metódou STAR GRAPH-u, bola v roku 2017 snímka zo dňa 15. mája 2017, v roju 2018 snímka z 9. júla 2018. Pri spracovaní bol ako referenčný bod zvolený rodinný dom vo východnej časti obce, ktorú považujeme za stabilné územie. Stabilita referenčného bodu bola overená nezávislým spracovaním.

Primárnym výsledkom spracovania sú rýchlosti pohybu detegovaných prirodzených odrážačov a ich stredné chyby. Ďalšími podpornými parametrami sú koherencia a rozdiel odhadnutej výšky prirodzeného odrážača voči referenčnému DMR. InSAR je v princípe schopný merať len deformácie v smere šírenia sa signálu, resp. v smere pohľadu radaru (z angl. Line-of-Sight – LOS), čo je dané jeho orientáciou smerom k Zemi. Pohyby sú pre každý stabilný odrazový prvok detegované pre družicu Sentinel-1A/B cca 38 stupňov od zvislice

a v smere kolmom na smer letu. Presnú horizontálnu a vertikálnu zložku pohybu je možné získať spracovaním niekoľkých rôznych (vzostupných a zostupných) dráh družíc (Katelaar, 2009). Pomer medzi deformáciou v smere šírenia sa signálu a ňskutoľnými pohybom (so známym smerom) sa nazýva citlivosťou. Pre väčšinu družíc je citlivosť najlepšia vo vertikálnom smere a v horizontálnom smere je relatívne vysoká pre zložku pohybu z východu na západ.

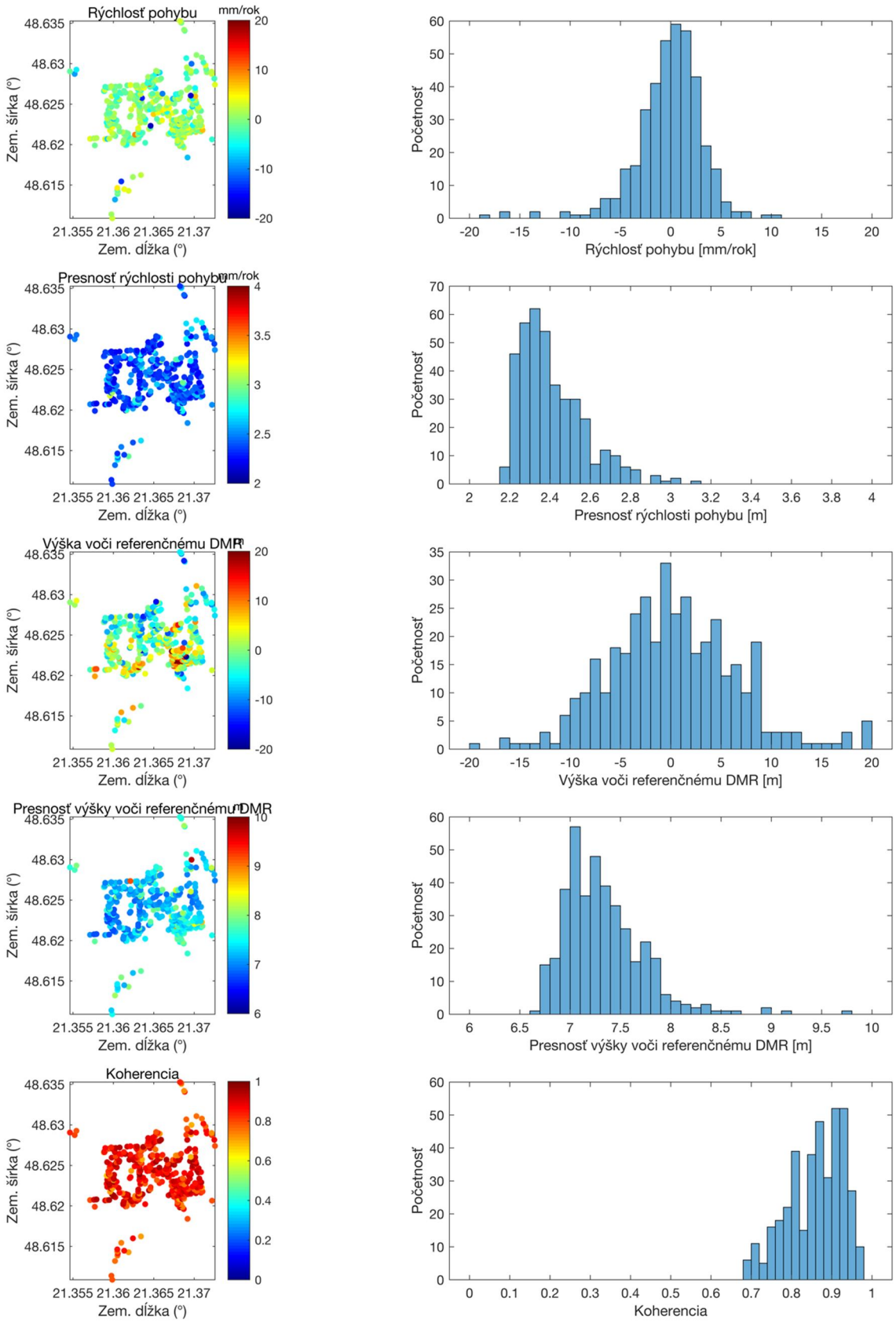
Na vymedzenie vhodných prirodzených odrážačov boli stanovené nasledovné kritériá:

- rýchlosť pohybu bodov v rozsahu ± 30 mm.rok^{-1};
- koherencia v rozsahu 0,7 – 1,0;
- rozdiel odhadnutej výšky bodu voči referenčnému DMR v rozsahu ± 15 m (obr. 4.1.5).

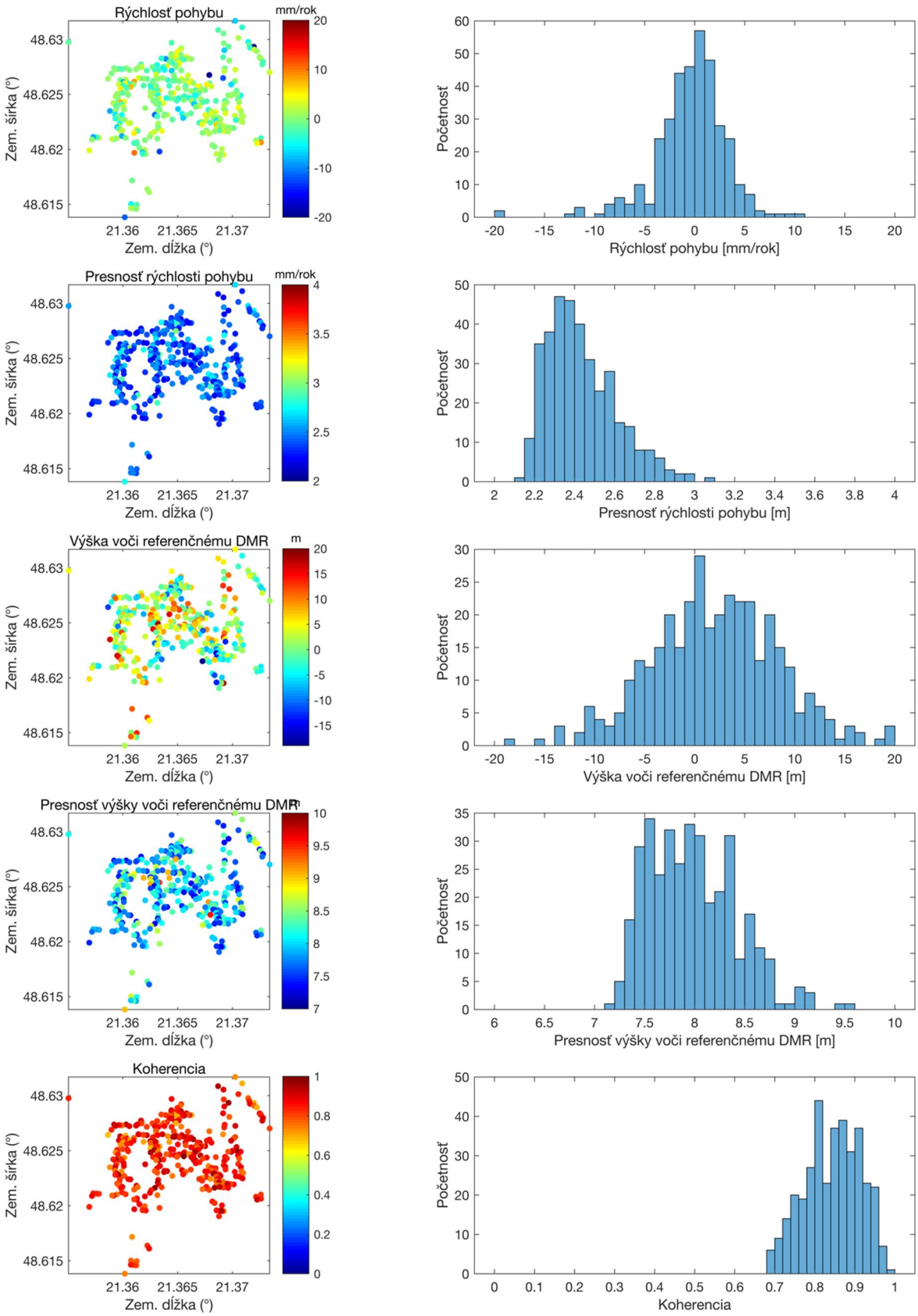
Počet bodov sa v jednotlivých rokoch mení v závislosti splnenia uvedených kritérií.

V roku 2017 bolo v riešenej oblasti celkovo detegovaných 390 (vzostupná dráha), resp. 359 (zostupná dráha) vhodných prirodzených odrážačov (obr. 4.1.6a, b). V roku 2018 bolo vhodných odrážačov 341 (vzostupná dráha), resp. 359 (zostupná dráha; obr. 4.1.6c, d).

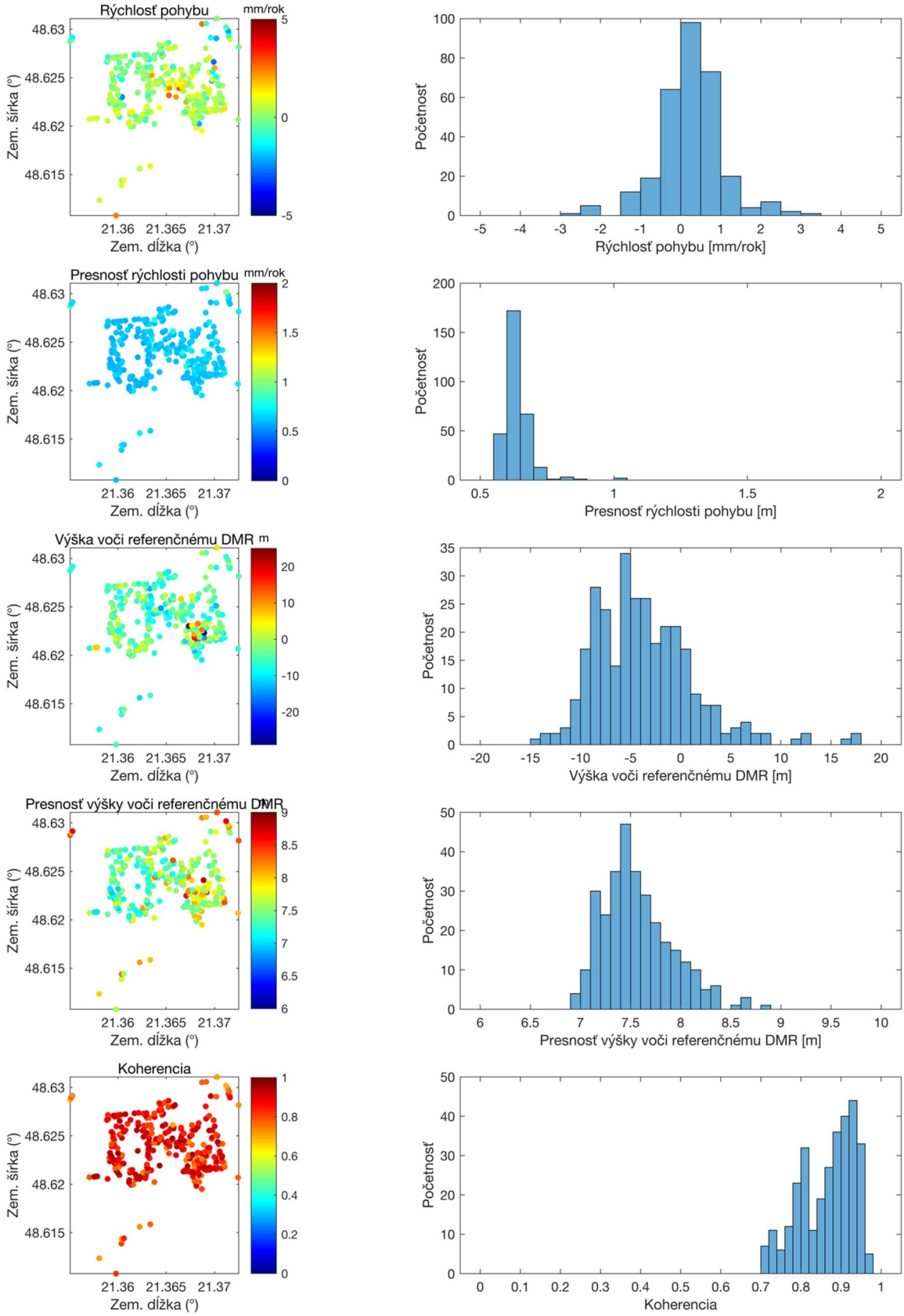
Z analýzy metódou stabilných odrazových prvkov (PSInSAR), vyplýva, že väčšina územia obce je relatívne stabilizovaná, avšak s výskytom bodov dosahujúcich výraznejšie hodnoty rýchlosti (obr. 4.1.6 a 4.1.7), ktoré môžu indikovať lokálne deformácie, zmeny na zemskom povrchu alebo môžu byť dôsledkom vyššieho šumu v interferometrickej fáze. V niekoľkých prípadoch je pozorovaný poklesávajúci trend vývoja deformácie (vzostupná dráha č. 102: ulica Kompaničná, objekt na rohu ulíc Školská a Staničná, zostupná dráha č. 153 – okolie ulíc Slivková, Skladná a Hlavná), ktorý sa strieda s výzdvihovým charakterom pohybu polohovo blízkych odrážačov (vzostupná dráha č. 102 a okolie ulice Strmá pri hostinci s poklesovým charakterom). Príčinou môže byť iná geometria snímania pri zostupnej a vzostupnej obežnej dráhe, ale tiež zameranie spracovania na odhad pohybovej tendencie v rámci 1 roka. Využitie kompletnej sady snímok (od roku 2014) a tým väčšieho počtu vstupných dát by potenciálne mohlo poukázať na dlhodobý vývoj deformácie v sledovaných bodoch, ktorý sa môže líšiť od ročných lineárnych trendov. Prevažná väčšina bodov s identifikovanou pohybovou tendenciou prislúcha budovám, ktoré podliehajú zastaraniu, respektíve potenciálne indikujú prítomnosť svahových pohybov. Odporúčané je preto individuálne hodnotenie jednotlivých bodov, resp. skupiny bodov v príslušnej časti záujmovej lokality. Rovnako vhodné je dopĺňať spracovanie o radarové snímky s vyšším priestorovým rozlíšením (TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed, ALOS-2), vykonať dôkladnú inšpekciu s porovnaním s pozemnými meraniami a zakomponovaním hodnotiteľa so znalosťou lokálnych špecifík a tiež možného deformačného charakteru daného sledovaného územia. Sieť bodov pri monitorovaní technológiou InSAR zároveň pozostáva len z tzv. „prirodzených“ odrazových prvkov terénu. Ide v prevažnej miere o skaly, plochy s jemným trávnatým porastom a objekty vybudované ľudskou činnosťou (cesty, mosty, stožiare, strechy budov, rozmerné antény, priemyselné objekty atď.).



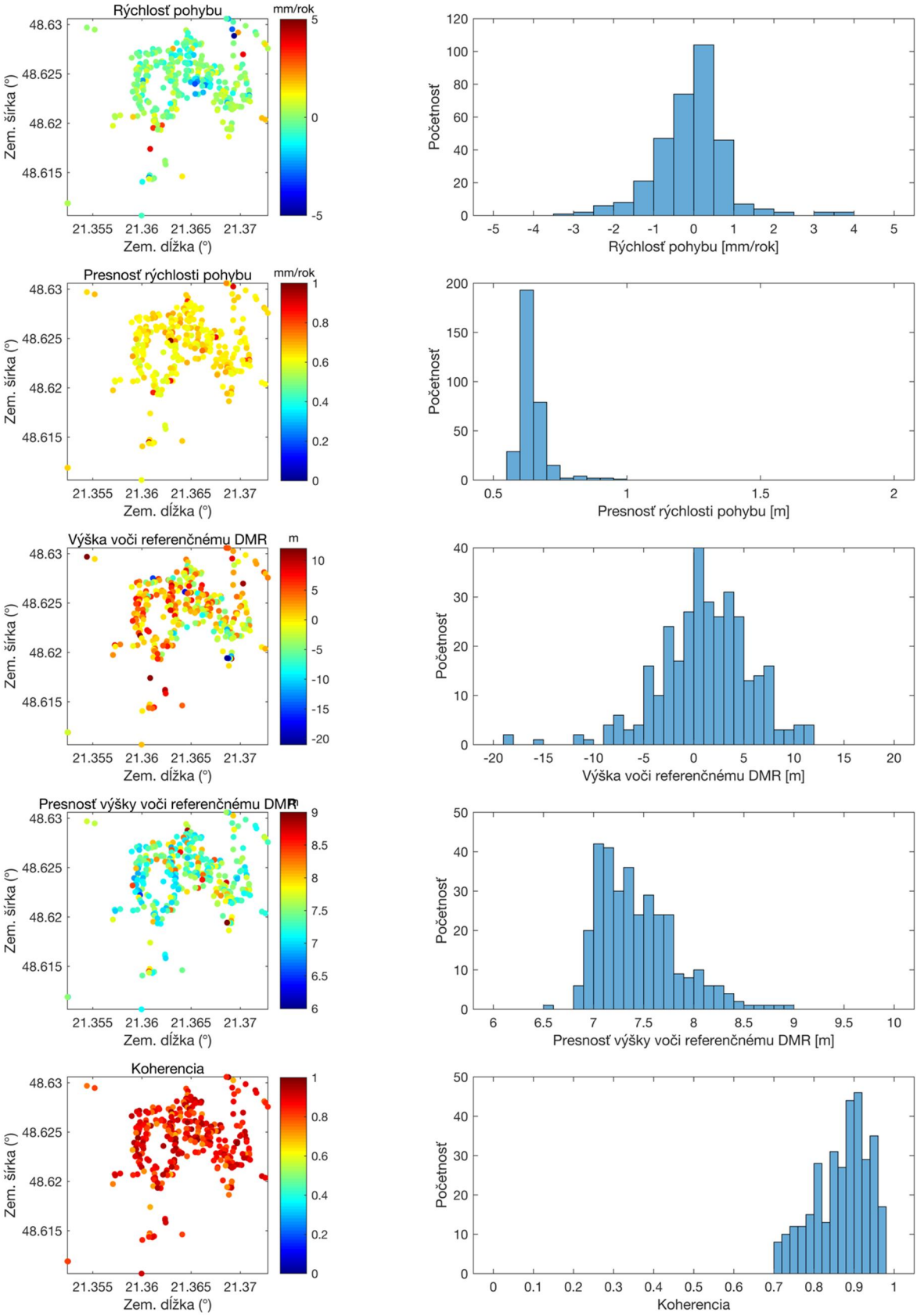
Obr. 4.1.5a. Histogramy početnosti primárnych a pomocných parametrov odrazových bodov na lokalite Nižná Myšľa v roku 2017 (vzostupná dráha č. 102 – Papčo a Bakoň, 2018).



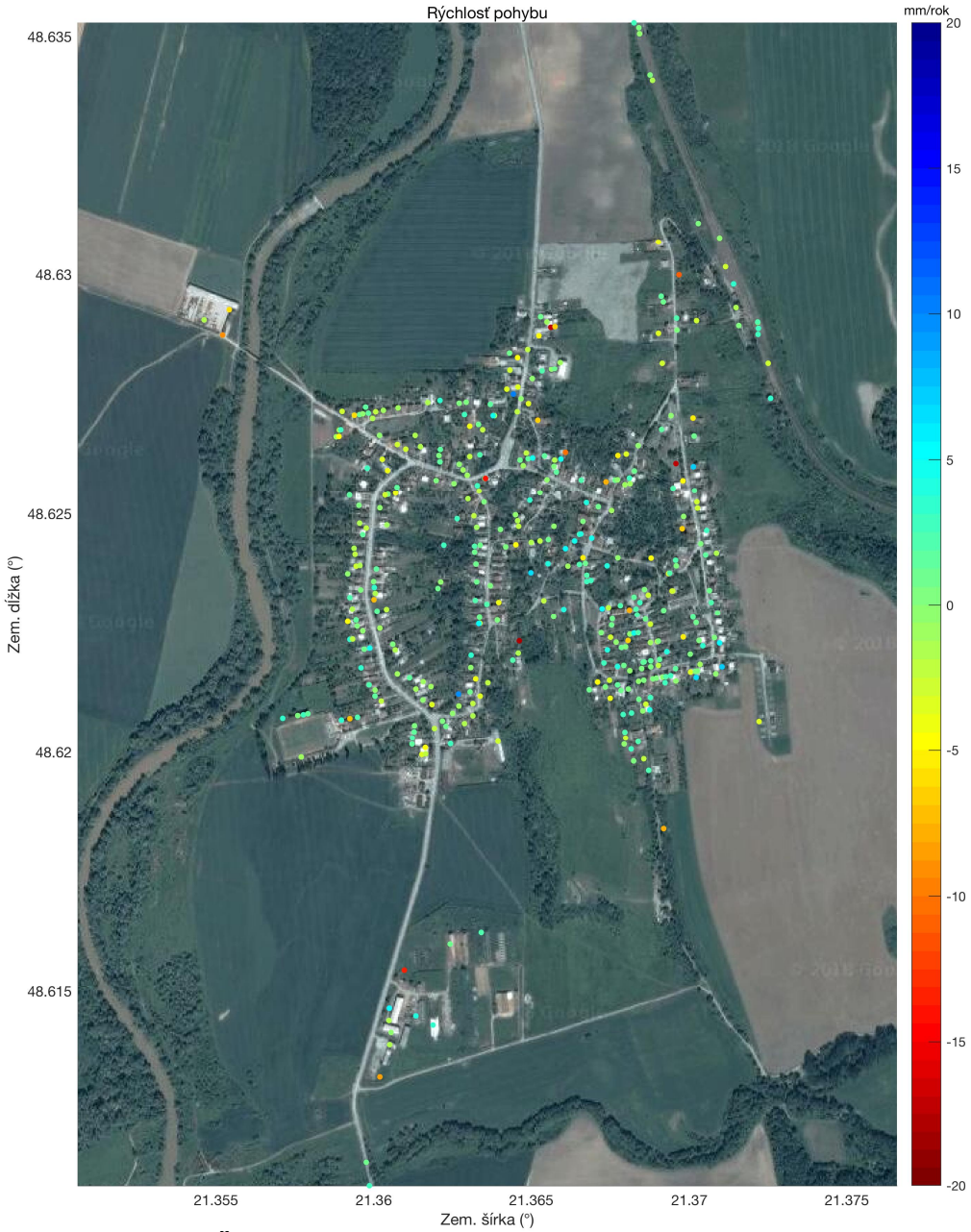
Obr. 4.1.5b. Histogramy početnosti primárnych a pomocných parametrov odrazových bodov na lokalite Nižná Myšľa v roku 2017 (zostupná dráha č. 153 – Papčo a Bakoň, 2018).



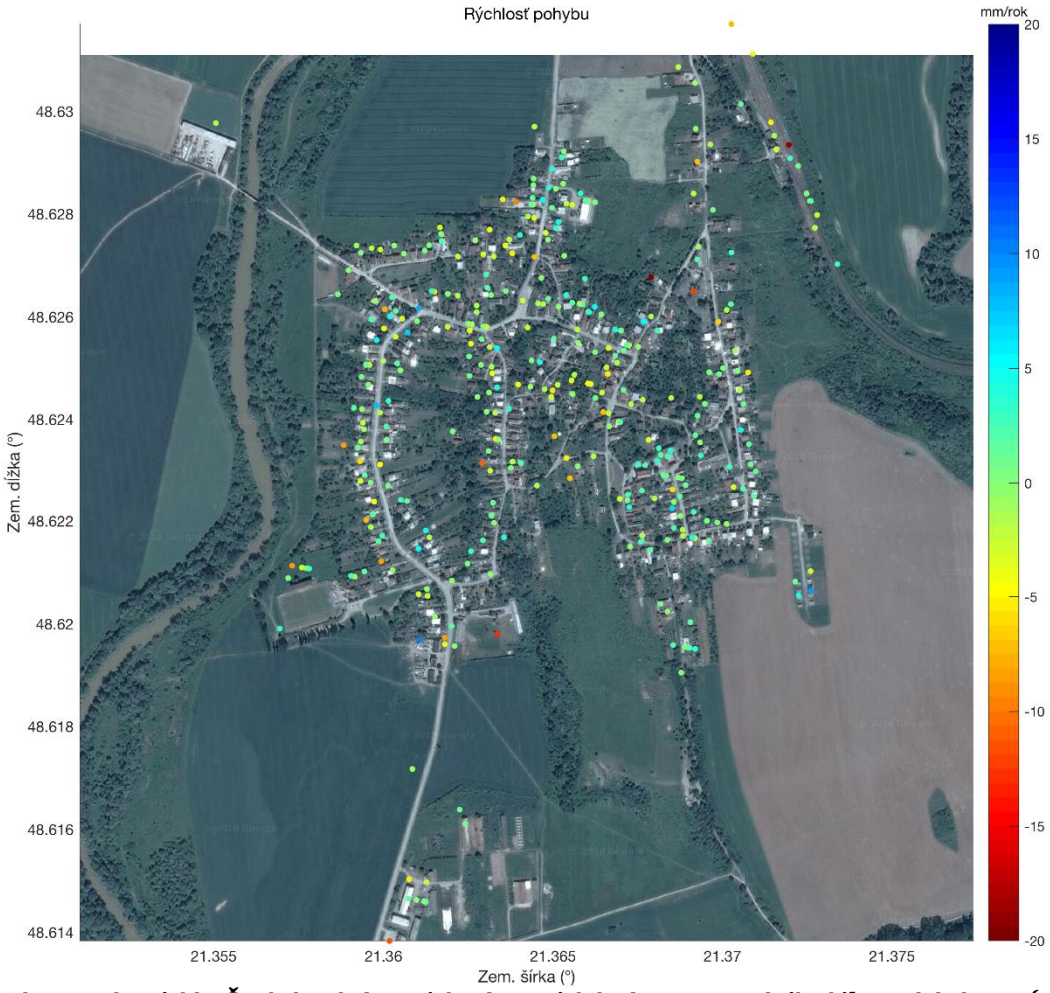
Obr. 4.1.5c. Histogramy početnosti primárnych a pomocných parametrov odrazových bodov na lokalite Nižná Myšľa v roku 2018 (vzostupná dráha č. 102 – Papčo a Bakoš, 2019).



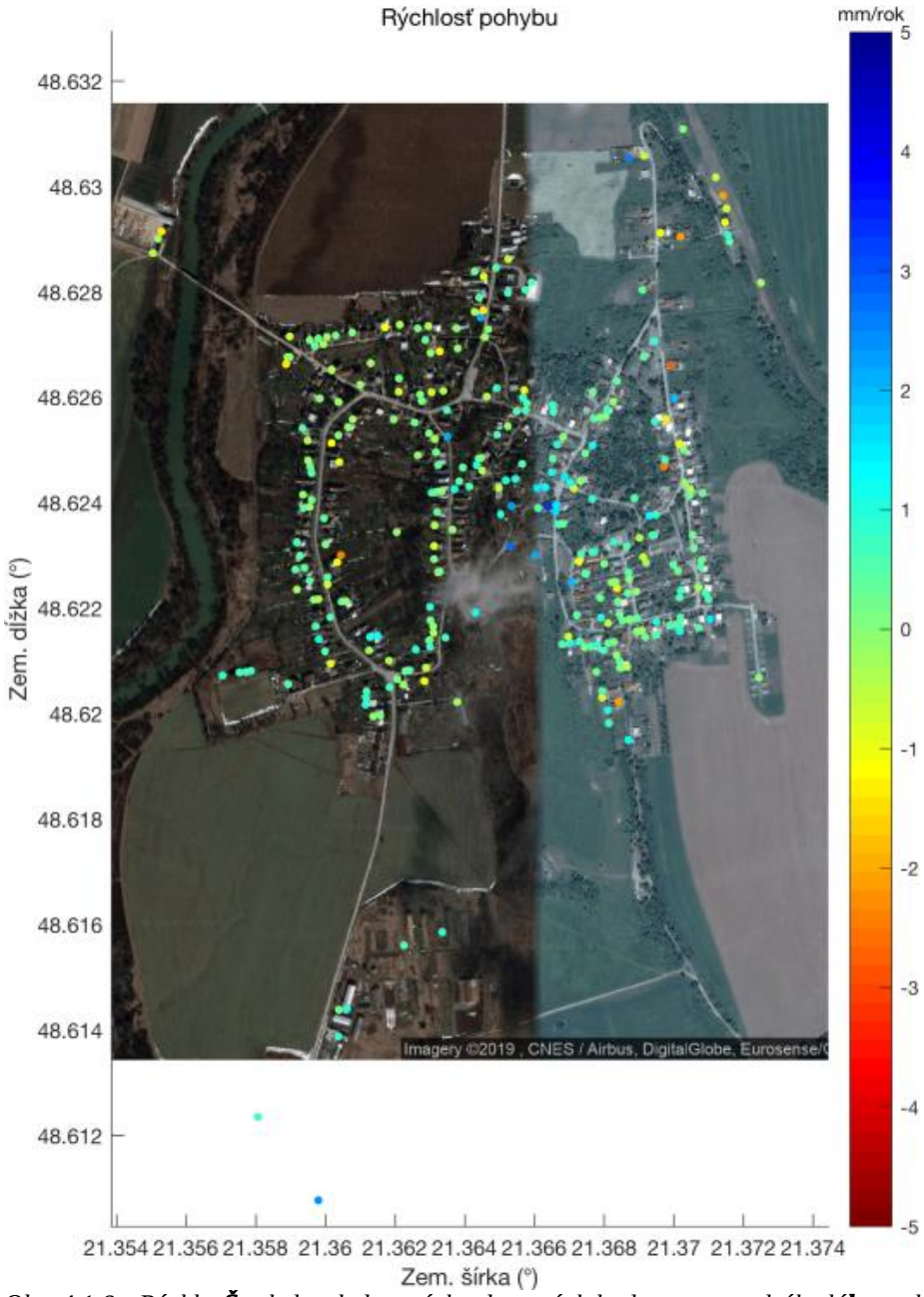
*Obr. 4.1.5d. Histogramy po*ľ*etnosti primárnych a pomocných parametrov odrazových bodov na lokalite Ni*ģ*ná Myģ*ğ*a v roku 2018 (zostupná dráha* ľ*. 153 ï Papľo a Bako*Ŕ*, 2019).*



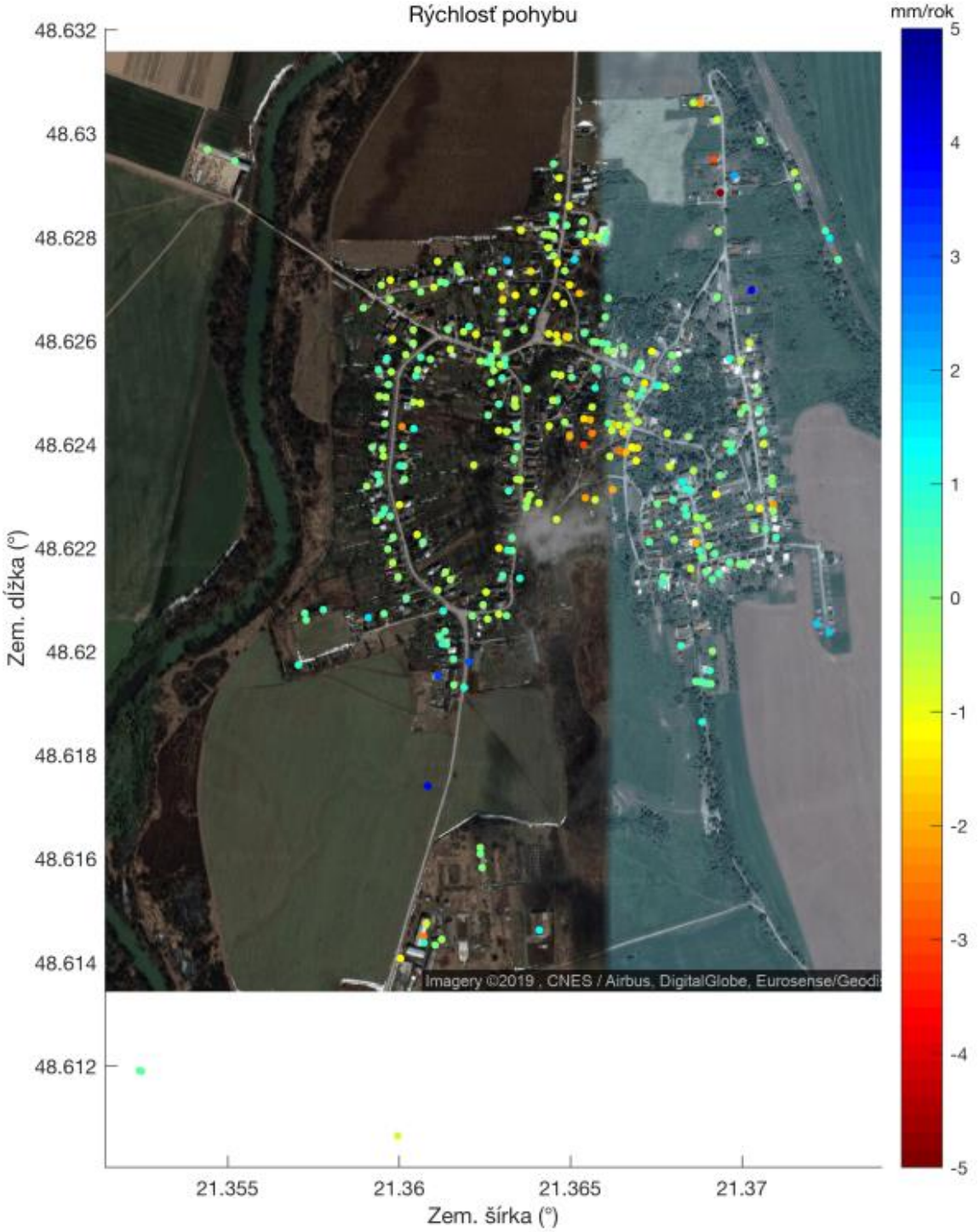
Obr. 4.1.6a. Rýchlosť pohybu sledovaných odrazových bodov v smere dráhy lúča na lokalite Nižná Myšľa v roku 2017 (vzostupná dráha č. 102 – Papčo a Bakoň, 2018).



Obr. 4.1.6b. Rýchlosť pohybu sledovaných odrazových bodov v smere dráhy lúča na lokalite Nižná Myšľa v roku 2017 (vzostupná dráha č. 153 – Papčo a Bakoň, 2018).



Obr. 4.1.6c. Rýchlosť pohybu sledovaných odrazových bodov v smere dráhy lúča na lokalite Nižná Myšľa v roku 2018 (vzostupná dráha č. 102 – Papčo a Bakoš, 2019).



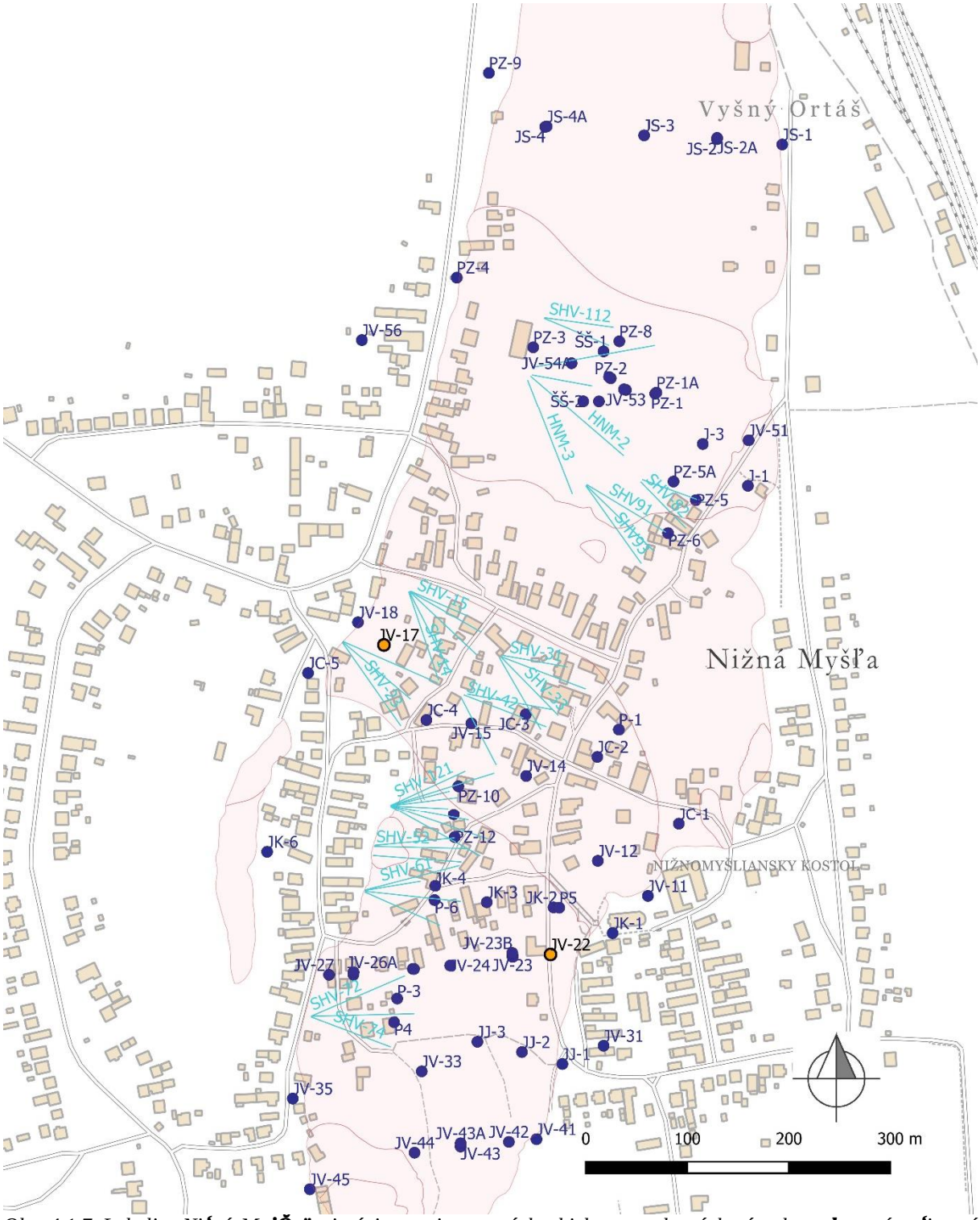
Obr. 4.1.6d. Rýchlosť pohybu sledovaných odrazových bodov v smere dráhy lúča na lokalite Nižná Myšľa v roku 2018 (vzostupná dráha č. 153 – Papčo a Baková, 2019).

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Nižná Myšľa boli zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2017 a 2018 monitorované v 69 vrtoch (v roku 2018 ich bolo 70; tab. 4.1.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.1.3 a 4.1.4; situovanie vrtov v rámci zosuvného územia je na obr. 4.1.7 priebehy zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch v rokoch 2017 a 2018 spolu so štatistickými ukazovateľmi sú vyjadrené obr. 4.1.8a a 4.1.8b; výsledky

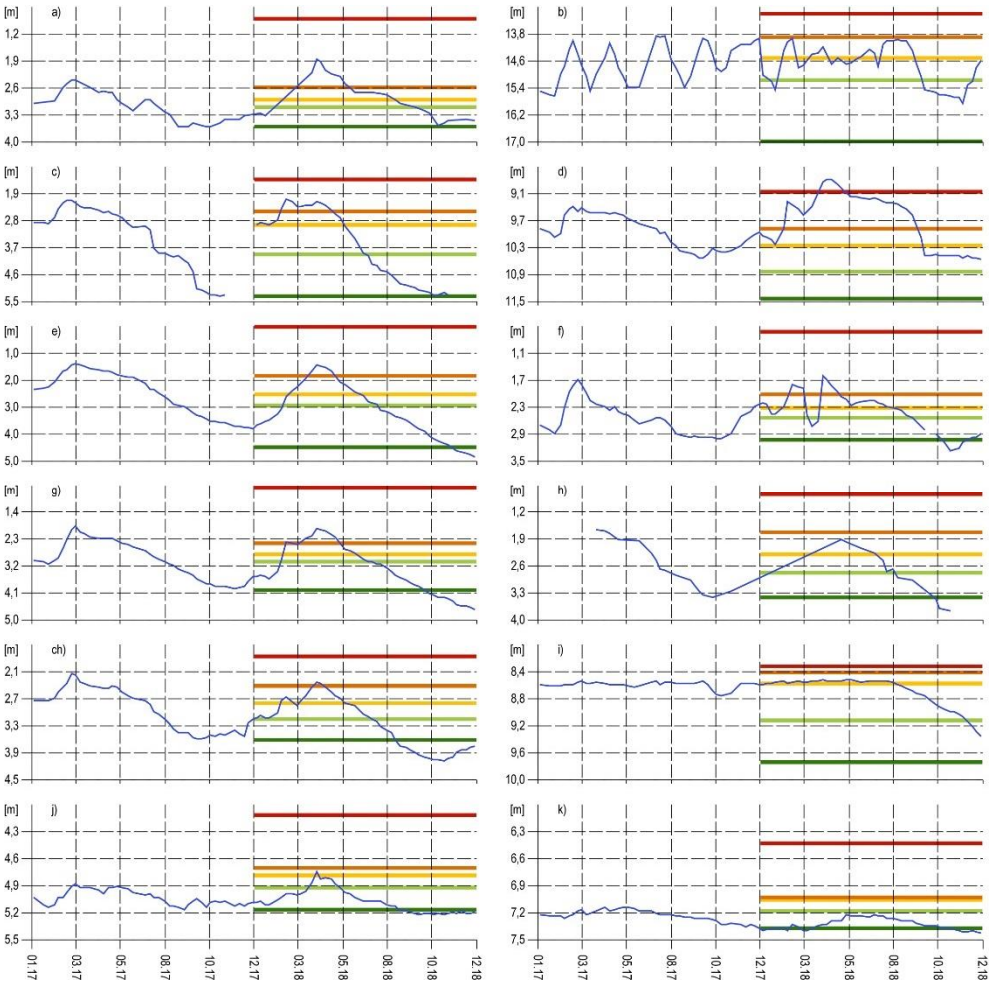
reģimových meraní poľas dlhšieho obdobia sú znázornené na obr. 4.1.9). Na lokalite Nižná Myšľa sú mnohé z vrtov dlhodobo suché, prípadne sú znaľnú ľasť roka neprístupné, z tohto dôvodu sa poľet pozorovaných vrtov poľas obdobia monitorovania priebežne mení.



Obr. 4.1.7. Lokalita Nižná Myšľa – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované reţimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvu podľa Slámu et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.1.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Myšľa v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-1	43	10,43	208,70	7. 3. 17	15,28	203,85	5. 1. 17	11,10	208,03	4,85
JC-1	43	9,55	214,69	5. 1. 17	10,49	213,75	29. 11. 17	10,20	214,04	0,94
JC-2	40	7,32	206,05	28. 2. 17	7,95	205,42	29. 8. 17	7,72	205,65	0,63
JC-3	41	4,01	203,30	29. 11. 17	4,99	202,32	16. 6. 17	4,61	202,70	0,98
JC-4	32	2,39	190,81	14. 3. 17	3,63	189,57	21. 10. 17	3,09	190,11	1,24
JC-5	24	2,30	178,06	13. 5. 17	2,99	177,37	29. 8. 17	2,69	177,67	0,69
JJ-1	43	13,85	210,42	14. 7. 17	15,66	208,61	28. 1. 17	14,64	209,63	1,81
JJ-2	43	8,01	208,57	7. 3. 17	8,47	208,11	29. 11. 17	8,26	208,32	0,46
JJ-4	39	2,13	199,32	28. 2. 17	suchý					
JK-1	35	15,51	217,03	21. 10. 17	15,93	216,61	16. 6. 17	15,69	216,85	0,42
JK-3	43	9,38	205,18	28. 2. 17	10,54	204,02	29. 9. 17	9,97	204,59	1,16
JK-4	43	12,21	193,24	30. 12. 17	16,35	189,10	29. 8. 17	15,85	189,60	4,14
JS-1	43	16,20	193,47	13. 5. 17	16,46	193,21	30. 12. 17	16,38	193,29	0,26
JS-2	36	17,41	183,57	14. 2. 17	suchý					
JS-2A	43	1,42	200,44	14. 3. 17	3,81	198,05	30. 12. 17	2,53	199,33	2,39
JS-3	43	8,27	188,24	28. 2. 17	8,53	187,98	30. 12. 17	8,46	188,05	0,26
JS-4	43	7,52	180,81	28. 7. 17	suchý					
JS-4A	43	11,26	176,31	7. 7. 17	12,15	175,42	16. 12. 17	11,93	175,64	0,89
JV-11	43	8,22	224,94	5. 1. 17	9,22	223,94	7. 2. 17	8,72	224,44	1,00
JV-12	43	9,76	214,40	14. 3. 17	15,91	208,25	7. 2. 17	10,39	213,77	6,15
JV-15	33	14,43	186,50	29. 11. 17	14,84	186,09	8. 8. 17	14,62	186,31	0,41
JV-16	43	1,69	189,88	7. 3. 17	3,01	188,56	28. 10. 17	2,56	189,01	1,32
JV-22	43	7,10	213,09	7. 3. 17	7,58	212,61	30. 12. 17	7,38	212,81	0,48
JV-23	36	4,19	211,76	7. 3. 17	5,49	210,46	28. 1. 17	4,71	211,24	1,30
JV-23A	36	4,24	211,69	7. 3. 17	5,54	210,39	28. 1. 17	4,75	211,18	1,30
JV-25	43	1,87	201,60	14. 3. 17	3,99	199,48	29. 11. 17	3,02	200,45	2,12
JV-25A	43	8,99	194,48	7. 3. 17	9,27	194,20	30. 12. 17	9,12	194,35	0,28
JV-26	22	1,67	195,53	6. 4. 17	suchý					
JV-26A	22	1,43	195,83	28. 2. 17	suchý					
JV-27	43	5,67	186,64	14. 3. 17	9,16	183,15	6. 5. 17	6,29	186,02	3,49
JV-31	43	18,15	210,33	20. 5. 17	18,46	210,02	14. 7. 17	18,26	210,22	0,31
JV-33	43	2,15	203,50	7. 3. 17	3,60	202,05	29. 9. 17	2,95	202,70	1,45
JV-34	43	8,54	192,17	14. 3. 17	8,76	191,95	28. 10. 17	8,60	192,11	0,22
JV-35	43	4,88	176,06	14. 3. 17	5,17	175,77	8. 9. 17	5,04	175,90	0,29
JV-41	43	9,86	210,53	28. 1. 17	10,97	209,42	29. 11. 17	10,85	209,54	1,11
JV-42	43	7,14	208,78	21. 4. 17	7,38	208,54	30. 12. 17	7,24	208,68	0,24
JV-43	43	5,22	205,70	7. 3. 17	5,56	205,36	30. 12. 17	5,40	205,52	0,34
JV-43A	43	14,29	196,67	21. 2. 17	suchý					
JV-44	43	3,71	203,17	6. 4. 17	4,62	202,26	21. 10. 17	4,22	202,66	0,91
JV-45	43	3,17	173,51	6. 5. 17	3,97	172,71	28. 10. 17	3,79	172,89	0,80
JV-51	43	6,44	210,67	7. 3. 17	7,13	209,98	29. 8. 17	6,82	210,29	0,69
JV-52	43	7,84	203,83	7. 3. 17	9,22	202,45	29. 8. 17	8,65	203,03	1,38
JV-53	43	18,20	181,52	20. 5. 17	18,53	181,19	28. 10. 17	18,36	181,36	0,33
JV-53A	43	0,86	198,78	14. 3. 17	suchý					
JV-54A	43	0,52	192,02	28. 2. 17	4,72	187,82	16. 12. 17	2,93	189,61	4,20
JV-55	43	5,99	177,92	14. 3. 17	suchý					
P-1	43	6,66	204,13	21. 4. 17	7,32	203,47	23. 12. 17	7,04	203,75	0,66
P-3	43	14,40	187,08	29. 5. 17	15,13	186,35	14. 7. 17	14,91	186,58	0,73
P-4	43	14,52	186,66	5. 1. 17	15,04	186,14	28. 7. 17	14,67	186,51	0,52
P-5	43	7,78	212,62	28. 2. 17	8,62	211,78	9. 12. 17	8,24	212,16	0,84
PZ-1	43	0,76	201,49	7. 3. 17	4,29	197,96	29. 11. 17	2,58	199,67	3,53
PZ-10	43	9,58		7. 3. 17	11,90		14. 10. 17	10,38		2,32
PZ-11	43	8,61		7. 3. 17	8,86		16. 6. 17	8,75		0,25
PZ-12	43	5,68		15. 8. 17	5,96		29. 8. 17	5,77		0,28
PZ-1A	43	16,18	186,10	5. 1. 17	16,24	186,04	7. 3. 17	16,22	186,06	0,06
PZ-2	43	16,61	181,53	28. 3. 17	suchý					
PZ-2A	43	5,71	192,30	14. 3. 17	7,39	190,62	29. 9. 17	6,83	191,18	1,68
PZ-4	43	3,45	175,20	28. 2. 17	4,38	174,27	28. 1. 17	3,98	174,67	0,93
PZ-5	43	12,50	203,59	28. 2. 17	13,29	202,80	21. 10. 17	13,02	203,07	0,79
PZ-5A	43	2,42	209,91	14. 3. 17	6,08	206,25	23. 12. 17	4,20	208,13	3,66
PZ-6	43	5,29	211,83	28. 2. 17	7,41	209,71	9. 12. 17	6,70	210,42	2,12
PZ-7	43	1,48	196,86	14. 3. 17	4,23	194,11	28. 1. 17	3,61	194,73	2,75
PZ-8	43	4,94	192,33	14. 3. 17	6,77	190,50	23. 12. 17	6,11	191,16	1,83
PZ-9	43	3,42	173,81	13. 5. 17	3,86	173,37	9. 12. 17	3,67	173,56	0,44
ČS-1	43	4,23	192,16	28. 2. 17	suchý					
ČS-2	43	7,09	190,26	14. 3. 17	suchý					



Obr. 4.1.8a. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Nižná Myšľa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – JC-4 (RO: 5. 6. 13 – 16. 12. 17), b – JJ-1 (RO: 28. 3. 11 – 30. 12. 17), c – JJ-4 (RO: 5. 6. 15 – 29. 11. 17), d – JK-3 (RO: 21. 5. 13 – 30. 12. 17), e – JS-2A, f – JV-16, g – JV-25 (RO: 4. 5. 13 – 30. 12. 17), h – JV-26 (RO: 13. 5. 13 – 13. 11. 17), ch – JV-33, i – JV-34, j – JV-35, k – JV-42 (RO: 4. 5. 13 – 30. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

V roku 2017 bolo základné štatistické hodnotenie zabezpečené na údajoch o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody, ktoré pochádzajú zo 68 vrtov. Na jednotlivých monitorovacích objektoch bolo zabezpečené prevažne 43 kontrolných meraní (minimálne 35 kontrolných meraní). Merania sa vykonávali od 5. januára do 30. decembra. Najbližšie k povrchu terénu sa hladina podzemnej vody dostala vo vrtoch JV-54A (0,52 m pod terénom; 192,02 m n. m.) a PZ-1 (0,76 m pod terénom; 201,49 m n. m.). V prvom prípade bol tento vysoký stav hladiny podzemnej vody nameraný 28. apríla a v druhom prípade 7. marca. Počas uvedených termínov boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody pozorované až v 21 vrtoch. Ďalším často sa vyskytujúcim dátumom s maximálnymi stavmi bol 14. marec (max. hladina podzemnej vody bola nameraná v 11 vrtoch; najbližšie k povrchu terénu vystúpili hladiny podzemnej vody vo vrtoch: JS-2A – 1,42 m pod terénom – 200,44 m n. m., PZ-7 – 1,48 m pod terénom – 196,86 m n. m., JV-25 – 1,87 m pod terénom – 201,60 m n. m.). Znamená to, že najhoršie stabilitné pomery vládli v od konca februára do prvej polovice marca. Vo vrtoch JK-4, JV-26A a JV-41 boli prekročené doteraz namerané maximálne stavy hladiny podzemnej vody. Najvýraznejšie vo vrte JK-4 (až o 2,99 m), kde bol prekonaný maximálny stav z 20. decembra 2014, ktorého pôvodná hodnota bola 15,2 m pod terénom.

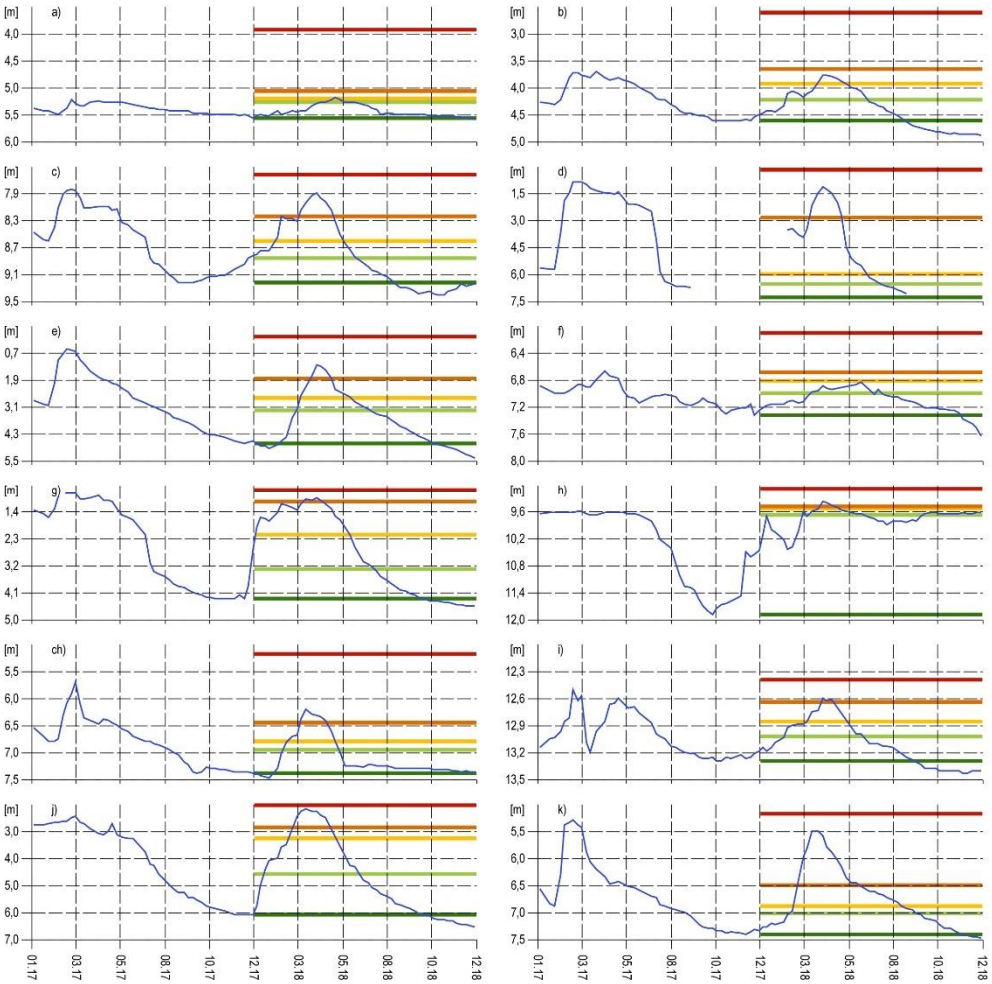
Tab. 4.1.4. Výsledky merania hĎbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná MyĐava v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-1	46	8,51	210,62	26.03.18	11,56	207,57	29.11.18	10,91	208,22	3,05
JC-1	46	9,80	214,44	06.04.18	suchý					
JC-2	42	7,51	205,86	13.04.18	8,16	205,21	28.12.18	7,75	205,62	0,65
JC-3	46	4,41	202,90	22.02.18	5,11	202,20	28.12.18	4,67	202,64	0,70
JC-4	25	1,86	191,34	13.04.18	3,58	189,62	29.10.18	2,86	190,34	1,72
JC-5	23	2,45	177,91	08.02.18	3,26	177,10	15.10.18	2,93	177,43	0,81
JJ-1	46	13,94	210,33	22.02.18	15,87	208,40	29.11.18	14,76	209,51	1,93
JJ-2	46	8,09	208,49	27.04.18	8,81	207,77	28.12.18	8,41	208,17	0,72
JJ-4	46	2,11	199,34	22.02.18	suchý					
JK-1	46	15,41	217,13	21.07.18	16,05	216,49	28.12.18	15,61	216,93	0,64
JK-3	45	8,78	205,78	27.04.18	10,56	204,00	28.12.18	9,72	204,84	1,78
JK-4	46	12,26	193,19	05.01.18	15,63	189,82	20.04.18	13,75	191,70	3,37
JS-1	46	15,40	194,27	06.04.18	16,50	193,17	21.09.18	16,33	193,35	1,10
JS-2A	46	1,43	200,43	13.04.18	4,84	197,02	28.12.18	3,18	198,68	3,41
JS-3	46	8,53	187,98	05.01.18	8,68	187,83	22.11.18	8,62	187,89	0,15
JS-4	46	7,55	180,78	07.07.18	9,80	178,53	28.12.18	7,80	180,53	2,25
JS-4A	46	11,74	175,83	13.04.18	12,24	175,33	28.12.18	12,01	175,56	0,50
JV-11	46	8,28	224,88	19.01.18	9,46	223,70	28.12.18	8,73	224,43	1,18
JV-12	46	9,29	214,87	27.04.18	10,57	213,59	28.12.18	10,01	214,15	1,28
JV-15	26	14,53	186,40	19.01.18	14,84	186,09	28.12.18	14,61	186,32	0,31
JV-16	46	1,61	189,96	13.04.18	3,27	188,30	08.11.18	2,45	189,12	1,66
JV-22	46	7,17	213,02	27.04.18	7,75	212,44	28.12.18	7,41	212,78	0,58
JV-23	35	4,31	211,64	27.04.18	5,08	210,87	14.12.18	4,74	211,21	0,77
JV-23A	35	4,37	211,56	27.04.18	5,13	210,80	14.12.18	4,79	211,14	0,76
JV-25	46	1,96	201,51	13.04.18	4,67	198,80	28.12.18	3,32	200,15	2,71
JV-25A	46	9,19	194,28	12.03.18	9,37	194,10	28.12.18	9,26	194,21	0,18
JV-26	12	1,92	195,28	14.05.18	3,76	193,44	08.11.18	2,75	194,45	1,84
JV-27	46	5,71	186,60	13.04.18	6,64	185,67	29.10.18	6,31	186,00	0,93
JV-31	46	18,21	210,27	14.08.18	18,40	210,08	28.12.18	18,30	210,18	0,19
JV-33	46	2,33	203,32	13.04.18	4,08	201,57	08.11.18	3,28	202,37	1,75
JV-34	46	8,52	192,19	13.04.18	9,37	191,34	28.12.18	8,70	192,01	0,85
JV-35	46	4,75	176,19	13.04.18	5,23	175,71	28.09.18	5,08	175,86	0,48
JV-41	46	10,83	209,56	14.05.18	11,00	209,39	21.12.18	10,92	209,47	0,17
JV-42	46	7,22	208,70	21.05.18	7,43	208,49	28.12.18	7,34	208,59	0,21
JV-43	46	5,18	205,74	14.05.18	5,58	205,34	28.12.18	5,44	205,48	0,40
JV-43A	46	14,20	196,76	29.08.18	14,37	196,59	26.01.18	14,29	196,67	0,17
JV-44	46	3,76	203,12	13.04.18	4,89	201,99	28.12.18	4,41	202,47	1,13
JV-45	46	3,37	173,31	13.04.18	4,09	172,59	28.09.18	3,83	172,85	0,72
JV-51	46	6,26	210,85	27.04.18	suchý					
JV-52	46	7,89	203,78	13.04.18	9,40	202,27	29.10.18	8,85	202,82	1,51
JV-53	46	18,18	181,54	21.05.18	18,50	181,22	14.12.18	18,35	181,37	0,32
JV-53A	46	1,15	198,49	13.04.18	suchý					
JV-54A	46	1,23	191,31	13.04.18	5,37	187,17	28.12.18	3,76	188,78	4,14
JV-55	46	5,92	177,99	27.04.18	6,35	177,56	29.11.18	6,19	177,72	0,43
P-1	41	6,84	203,95	14.06.18	7,64	203,15	28.12.18	7,14	203,64	0,80
P-2	1	7,01	203,78	30.06.18	7,01	203,78	30.06.18	7,01	203,78	0,00
P-3	46	14,63	186,85	07.12.18	14,99	186,49	19.01.18	14,79	186,69	0,36
P-4	46	14,52	186,66	06.04.18	14,62	186,56	28.09.18	14,57	186,61	0,10
P-5	45	7,91	212,49	13.04.18	8,73	211,67	15.10.18	8,31	212,09	0,82
P-6	30	14,79	190,60	12.03.18	suchý					
PZ-1	46	0,93	201,32	13.04.18	4,56	197,69	28.12.18	2,88	199,37	3,63
PZ-10	46	9,38		13.04.18	10,44		15.02.18	9,74		1,06
PZ-11	46	8,48		30.06.18	8,90		28.09.18	8,73		0,42
PZ-12	46	5,68		13.04.18	5,81		07.12.18	5,73		0,13
PZ-1A	46	16,19	186,09	26.03.18	19,23	183,05	19.01.18	16,35	185,93	3,04
PZ-2	46	16,60	181,54	21.05.18	16,94	181,20	14.12.18	16,79	181,35	0,34
PZ-2A	46	6,21	191,80	26.03.18	7,47	190,54	26.01.18	7,10	190,91	1,26
PZ-4	46	3,70	174,95	26.03.18	13,36	165,29	29.11.18	4,19	174,46	9,66
PZ-5	42	12,60	203,49	13.04.18	13,43	202,66	29.11.18	13,14	202,95	0,83
PZ-5A	42	2,17	210,16	26.03.18	6,53	205,80	28.12.18	4,89	207,44	4,36
PZ-6	46	5,49	211,63	26.03.18	7,48	209,64	28.12.18	6,77	210,35	1,99
PZ-7	46	1,89	196,45	20.04.18	4,70	193,64	05.03.18	4,00	194,34	2,81
PZ-8	46	5,12	192,15	26.03.18	6,85	190,42	26.01.18	6,13	191,14	1,73
PZ-9	23	2,12	175,11	26.03.18	3,85	173,38	12.03.18	3,56	173,67	1,73
ĎS-1	46	5,61	190,78	26.03.18	suchý					
ĎS-2	46	5,93	191,42	13.04.18	suchý					

Poznámka: vrty JJ-3, JS-2 a JV-26A boli počas roka 2018 permanentne suché

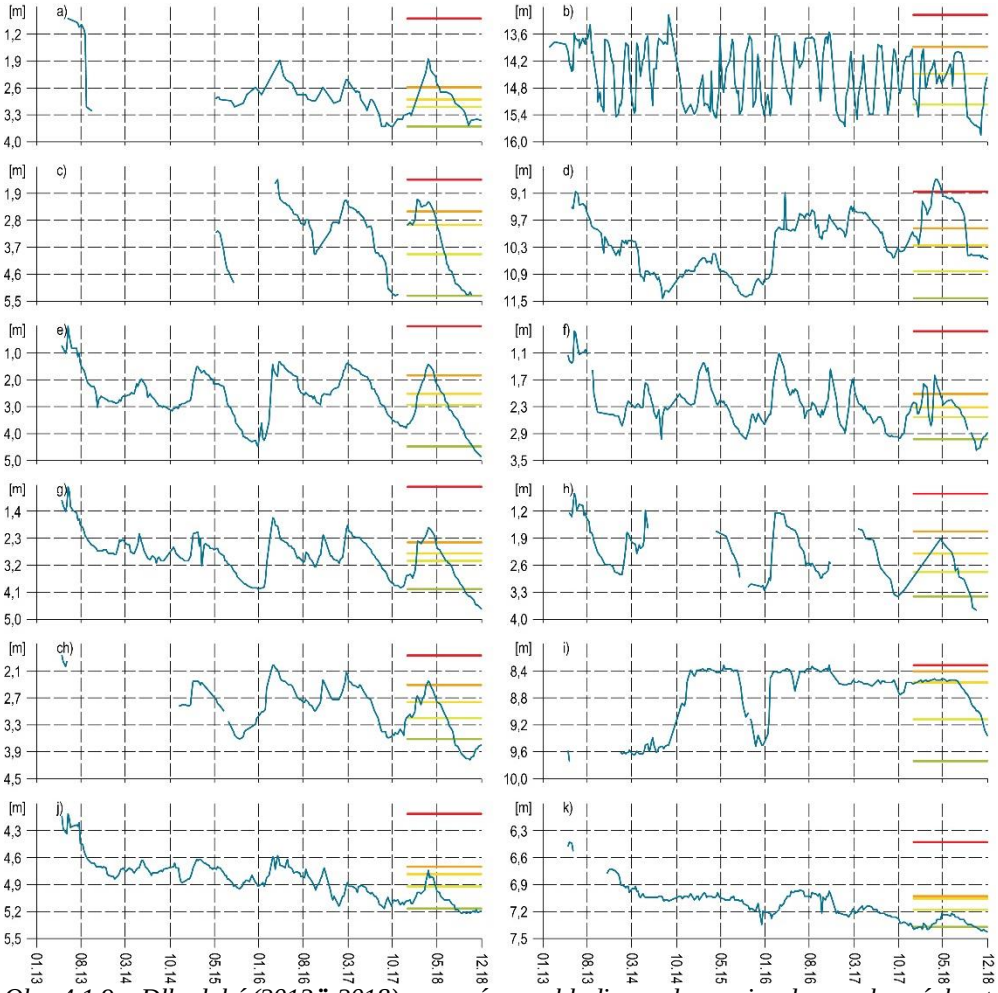
Minimálne stavy hladiny podzemnej vody boli zaznamenané najmä počas decembrových termínov meraní, avšak pribúdali už od konca augusta. Počas hodnoteného roka boli suché nasledujúce vrty (minimálne jedenkrát): JJ-4, JS-2 a 4, JV-26, 26A, 43A, 53A a 55, PZ-2, ŠS-1 a 2. Vrt JJ-3 bol v roku 2017 suchý počas všetkých meraní. Najhlbšie namerané hladiny podzemnej vody boli vo vrtoch JV-53 (18,53 m pod terénom; 181,19 m n. m.), JV-31 (18,46 m pod terénom; 210,02 m n. m.).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 8,16 m pod terénom. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,29 (vrt JV-18) do 18,36 m pod terénom (vrt JV-53).



Obr. 4.1.8b. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Nižná Myšľa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – JV-43, b – JV-44 (RO: 4. 5. 13 – 30. 12. 17), c – JV-52 (RO: 7. 11. 14 – 30. 12. 17), d – JV-53A, e – JV-54A (RO: 4. 5. 13 – 30. 12. 17), f – P-1 (RO: 21. 5. 13 – 30. 12. 17), g – PZ-1 (RO: 7. 11. 14 – 30. 12. 17), h – PZ-10 (RO: 13. 5. 15 – 30. 12. 17), ch – PZ-2A (RO: 6. 5. 15 – 30. 12. 17), i – PZ-5, j – PZ-5A, k – PZ-6 (RO: 13. 05. 15 – 30. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Amplitúdy ročných zmien sa počas roka v jednotlivých pozorovacích vrtoch nachádzali v intervale od 0,06 (PZ-1A) do 6,15 m (JV-12). Podobne ako v minulosti i v roku 2017 majú výrazné zastúpenie zmeny hladiny podzemnej vody menšie ako 1 m. V intervale od 0,06 do 0,98 ich bolo zaznamenaných až 32. Zmeny hladiny podzemnej vody väčšie ako 5 m boli pozorované len v 1 vrte.



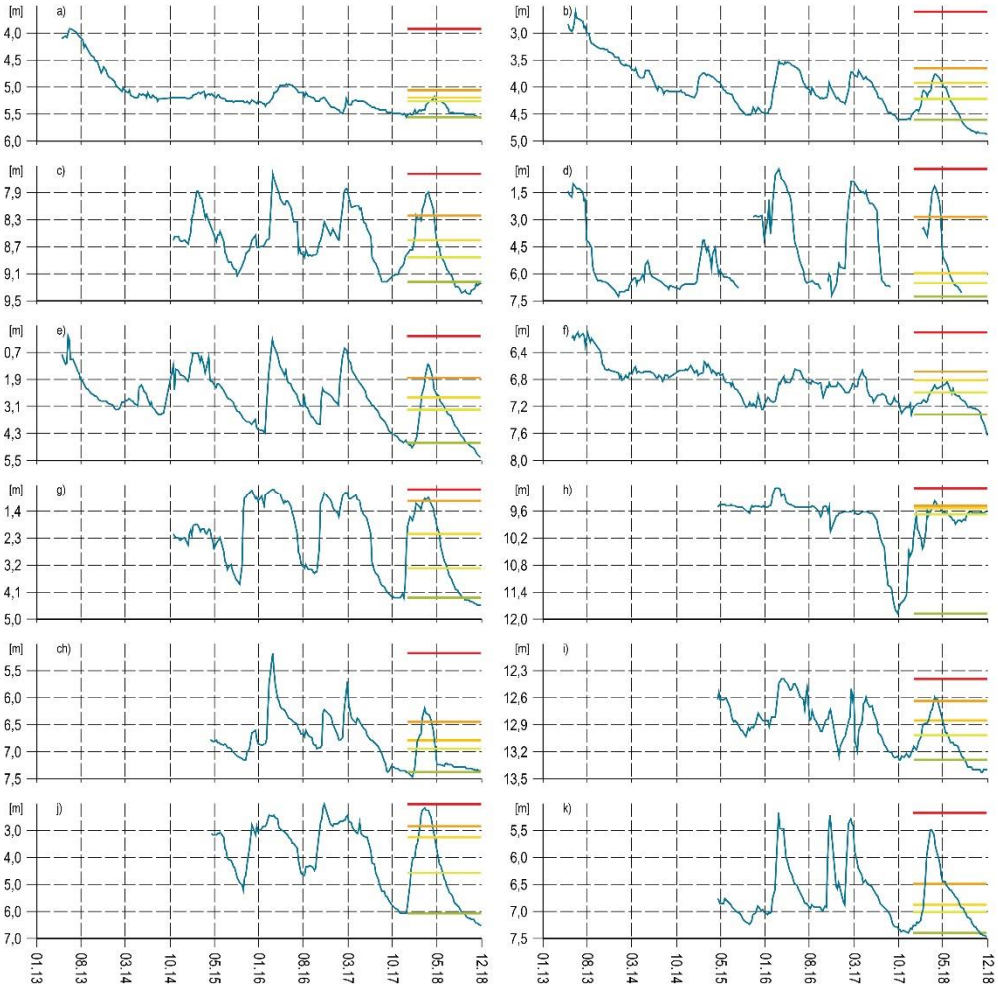
Obr. 4.1.9a. Dlhodobé (2013 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Nitrianska Myjava, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – JC-4 (RO: 5. 6. 13 – 16. 12. 17), b – JJ-1 (RO: 28. 3. 11 – 30. 12. 17), c – JJ-4 (RO: 5. 6. 15 – 29. 11. 17), d – JK-3 (RO: 21. 5. 13 – 30. 12. 17), e – JS-2A, f – JV-16, g – JV-25 (RO: 4. 5. 13 – 30. 12. 17), h – JV-26 (RO: 13. 5. 13 – 13. 11. 17), ch – JV-33, i – JV-34, j – JV-35, k – JV-42 (RO: 4. 5. 13 – 30. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

V období monitorovania sa hladina podzemnej vody viackrát dostala do blízkosti terénu, resp. presahovala jeho úroveň. Ide najmä o vrty: JS-2A (0,02 m pod terénom; 201,84 m n. m.), JS-3 (0,03 m pod terénom; 196,48 m n. m.) a JV-54A (0,01 m nad terénom; 192,55 m n. m.). Zaujímavosťou je, že všetky uvedené maximálne stavy boli namerané prakticky v rovnakom období, v prvej polovici júna 2013. Hladiny podzemnej vody v uvedených vrtoch počas suchších období klesajú až do hĺbok od 4,3 do 8,79 m pod terénom.

V roku 2018 bolo základné štatistické hodnotenie zabezpečené na údajoch o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody, ktoré pochádzajú zo 69 vrtov. Na jednotlivých monitorovacích objektoch bolo zabezpečené prevažne 46 kontrolných meraní (minimálne 12 kontrolných meraní). Merania sa vykonávali prevažne od 5. januára do 28. decembra. Najvyššie vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte PZ-1 (0,93 m pod terénom; 201,32 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody nameraný 13. apríla (ide o najčastejšie sa opakujúci dátum s maximálnou hodnotou hladiny podzemnej vody počas roku 2018; počas tohto termínu boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody pozorované aj v ďalších 18 vrtoch – JC-2, 4, JS-2A, 4A, JV-16, 25, 27, 33, 34, 35, 44, 45, 52, 53A, 54A, P-5, PZ-5, ČS-2 – v intervale od 1,15 do

12,6 m pod terénom). Maximálne hladiny podzemnej vody boli dosahované prevažne počas jarných mesiacov (apríl – v 31 vrtoch, marec – v 11 vrtoch a máj – v 6 vrtoch).

Minimálne stavy hladiny podzemnej vody boli zaznamenané najmä počas zimného obdobia. Výrazne prevládal termín 28. december, počas ktorého bola minimálna hĺbka hladiny podzemnej vody nameraná až v 24 vrtoch (JC-2, 3, JJ-2, JK-1, 3, JS-2A, 4, 4A, JV-11, 12, 15, 22, 25, 25A, 31, 34, 42 až 44, 54A, P-1, PZ-1, 5A a 6 – hĺbky hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale od 4,56 do 18,40 m pod terénom). Vrty JJ-3, JS-2 a JV-26A boli počas aktuálne hodnoteného roku prevažne suché, teda bez hladiny podzemnej vody. Najhlbšie namerané hladiny podzemnej vody (pod 15 m pod terénom) boli vo vrtoch JK-1 (16,05 m pod terénom; 216,49 m n. m.), JS-1 (16,50 m pod terénom; 193,17 m n. m.), PZ-2 (16,94 m pod terénom; 181,20 m n. m.), JV-31 (18,40 m pod terénom; 210,08 m n. m.), JV-53 (18,50 m pod terénom; 181,22 m n. m.), PZ-1A (19,23 m pod terénom; 183,05 m n. m.). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 8,31 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,15 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,45 (189,12 m n. m. – vrt JV-16) do 18,35 m pod terénom



Obr. 4.1.9b. Dlhodobé (2013 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Nižná Myšľa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – JV-43, b – JV-44 (RO: 4. 5. 13 – 30. 12. 17), c – JV-52 (RO: 7. 11. 14 – 30. 12. 17), d – JV-53A, e – JV-54A (RO: 4. 5. 13 – 30. 12. 17), f – P-1 (RO: 21. 5. 13 – 30. 12. 17), g – PZ-1 (RO: 7. 11. 14 – 30. 12. 17), h – PZ-10 (RO: 13. 5. 15 – 30. 12. 17), ch – PZ-2A (RO: 6. 5. 15 – 30. 12. 17), i – PZ-5, j – PZ-5A, k – PZ-6 (RO: 13. 05. 15 – 30. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

(181,37 m n. m. – JV-53). Amplitúdy ročných zmien sa počas roka v jednotlivých pozorovacích vrtoch nachádzali v intervale od 0,10 (P-4) do 9,66 m (PZ-4). Zmeny hladiny podzemnej vody menšie ako 1 m boli namerané v 32 vrtoch, a to v intervale od 0,10 do 0,93 m. Zmeny hladiny podzemnej vody v rozsahu 1 až 2 m boli namerané v 15 vrtoch a zmeny väčšie ako 5 m boli pozorované len v dvoch vrtoch.

Pri hodnotení zmien hladiny podzemnej vody počas obdobia monitorovania na lokalite Nižná Myšľa vyplýva, že amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo väčšine prípadov dosahujem len minimálne hodnoty. Namerané vzostupy a zostupy, súvisia prevažne vývojom klimatických faktorov počas roku. Minimálne úrovne sú vo všeobecnosti viazané na mesiac december, ale ich výskyt, v rámci lokality je dosť nejednotný (obr. 4.1.9). Všeobecne prevláda druhá polovica roka. Naopak, výskyt maximálnych stavov hladiny podzemnej vody je vo väčšej časti vrtov spojený s mesiacom jún, resp. marec.

V období monitorovania sa hladina podzemnej vody viackrát dostala do blízkosti terénu, resp. presahovala jeho úroveň. Ide najmä o vrty: JS-2A (0,02 m pod terénom; 201,84 m n. m.), JS-3 (0,03 m pod terénom; 196,48 m n. m.) a JV-54A (0,01 m nad terénom; 192,55 m n. m.). Zaujímavosťou je, že všetky uvedené maximálne stavy boli namerané prakticky v rovnakom období, v prvej polovici júna 2013. Hladiny podzemnej vody v uvedených vrtoch počas suchších období klesajú až do hĺbok od 4,3 do 8,79 m pod terénom.

b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomermi

Na lokalite Nižná Myšľa sú aktuálne zmena hladiny podzemnej vody sledované dvoma automatickými hladinomermi (JV-17 a JV-22; v roku 2017 došlo k technickým poruchám dvoch hladinomerov – tab. 4.1.1; štatistické spracovanie kontinuálnych meraní hĺbky hladiny podzemnej vody za posledné dva roky je v tab. 4.1.5 a 4.1.6; situovanie vrtov v rámci zosuvného územia je na obr. 4.1.7; priebehy zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrtoch s automatickými hladinomermi v rokoch 2017 a 2018, spolu so štatistickými ukazovateľmi sú vyjadrené obr. 4.1.10; výsledky kontinuálnych meraní hĺbky hladiny podzemnej vody počas dlhšieho obdobia sú znázornené na obr. 4.1.11).

Tab. 4.1.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Nižná Myšľa v roku 2017

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JV-17	8760	6,42	181,93	4. 3. 17	7,44	180,91	18. 9. 17	7,02	181,33	1,02
JV-14	2630	6,57	205,40	6. 2. 17	6,74	205,23	16. 4. 17	6,69	205,28	0,17
JV-22	8760	6,53	213,66	23. 2. 17	7,36	212,83	5. 12. 17	7,13	213,06	0,83
JV-54	8318	10,74	181,72	18. 3. 17	11,12	181,34	5. 12. 17	10,92	181,54	0,38

Vo vrte JV-17 v roku 2017 maximálna hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku 6,42 m pod terénom (181,93 m n. m.; 11. marec), čo je v porovnaní s rokom 2016 len nepatrná zmena. Maximálna hladina podzemnej vody súvisela so zrážkovou činnosťou počas prvých dvoch mesiacov. Následne, od prvej polovice marca až druhej polovice septembra hladina relatívne rovnomerne klesala. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,44 m (180,91 m n. m.), bola zaznamenaná 18. septembra. V porovnaní s rokom 2016 ide o pokles minimálnej hladiny o 0,13 m. Počas nasledujúcich mesiacov hladina podzemnej vody mierne stúpala. Išlo o reakciu na septembrové zrážky, ktorých 30-dňový úhrn dosiahol 87,9 mm (v období od 24. augusta do 23. septembra; obr. 4.1.11b). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v hodnotenom roku dosiahla 7,02 m pod terénom (181,33 m n. m.), čo je o 0,05 m nižšia hladina ako v roku 2016. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,02 m. Kolísanie hladiny podzemnej vody do značnej miery kopírovalo priebeh dlhodobej minimálnej hladiny, zaznamenané vo vrte od roku 2013 do roku 2016. Priemerná denná hodnota kolísania

podzemnej vody, rovnako ako jej maximálna hodinová zmena, predstavovali 0,01 m. Uvedené ľiastkové zmeny podzemnej vody v porovnaní s roľnou amplitúdou hladiny, predstavujú 0,98 %. 1. kvartil z nameraných hladín podzemnej vody predstavoval hĎbku 7,22 m pod terénom, 2. kvartil 7,03 m pod terénom a 3. kvartil 6,87 m pod terénom.

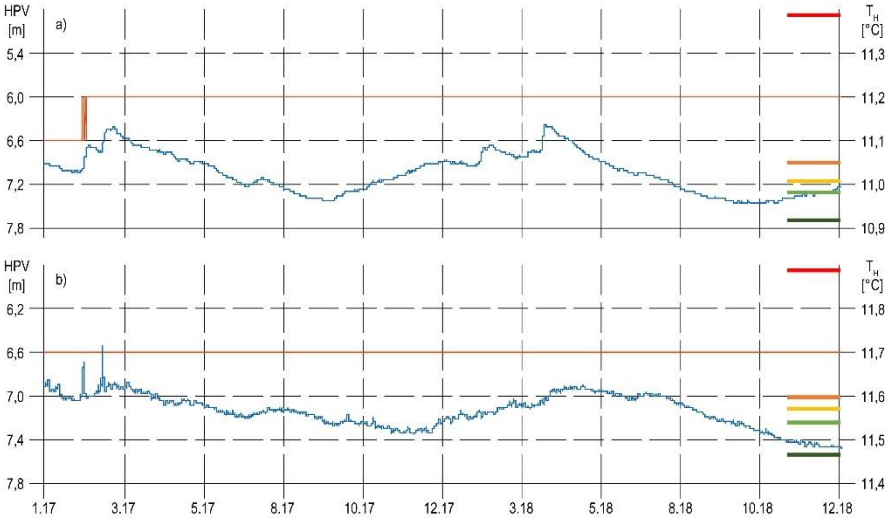
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,2 °C poľas 5. februára, naopak, najniģġia teplota (11,1 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,19 °C.

V roku 2018 nameraná maximálna hladina podzemnej vody v hĎbke 6,39 m pod terénom (181,96 m n. m.; 4. apríl), ľo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,03 m. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĎbkou 7,47 m (180,88 m n. m.), bola dosiahnutá 20. októbra (oproti roku 2017 ide o pokles o 0,03 m). Hladina podzemnej vody od zaľiatku roka viac-menej stúpala aģ do apríla, kedy zaľala klesaŠ. Pokles trval do októbra, kedy doģlo opäŠ k jej stúpaniu. Priemerná hĎbka hladiny podzemnej vody dosiahla 7,07 m pod terénom (181,28 m n. m.), ľo je o 0,05 m niģġia hladina ako v roku 2017. Amplitúda roľných zmien v roku 2018 dosiahla 1,08 m. 1. kvartil z nameraných hladín podzemnej vody predstavoval hĎbku 7,36 m pod terénom, 2. kvartil 7,06 m pod terénom a 3. kvartil 6,82 m pod terénom.

Teplota vody vo vrte v roku 2018 stagnovala, po celý ľas sa drģala na úrovni 11,2 °C.

Tab. 4.1.6. Výsledky merania hĎbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Niģná MyģĎa v roku 2018

Bod	Poľet mer.	Max. úroveŇ hpv			Min. úroveŇ hpv			Priem. úroveŇ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JV-17	8760	6,39	181,96	4. 4. 18	7,47	180,88	20. 10. 18	7,07	181,28	1,08
JV-22	8760	6,90	213,29	9. 5. 18	7,49	212,70	29. 12. 18	7,16	213,03	0,59



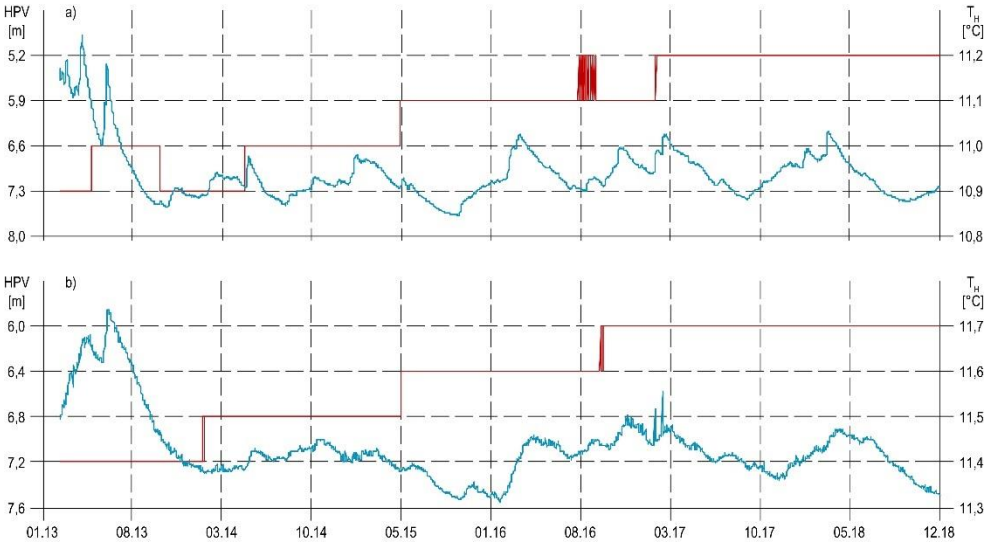
Obr. 4.1.10. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi v rokoch 2017 a 2018, spolu so ģtatistickými ukazovateľmi na lokalite Niģná MyģĎa. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a ï JV-17, b ï JV-22. Modrá línia ï hĎbka hladiny podzemnej vody (HPV), ľervená línia ï teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznaľené na Ďavej strane grafu ï ģtatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané poľas referenľného obdobia ï od 12. februára 2013 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás ï minimálna hĎbka HPV, zelený pás ï 1. kvartil, ģltý pás ï 2. kvartil, oranģový pás ï 3. kvartil, ľervený pás ï maximálna HPV.

Vo vrte JV-22 v roku 2017 bola maximálna hladina podzemnej vody (6,53 m pod terénom; 213,66 m n. m.) nameraná 23. februára a naopak, minimálna poľas 5. decembra (v hĎbke 7,36 m pod terénom; 212,83 m n. m.). Pri porovnaní uvedených ukazovateĎov s hodnotami z roku 2016 je moģné v oboch prípadoch konģtatovaŠ mierny vzostup. Výraznejģie kolísanie vo vrte bolo zaznamenané len poľas februára. V tomto období boli prekroľené aj maximá denné

stavy hladiny podzemnej vody, zaznamenané v predchádzajúcom období. Maximálna hladina podzemnej vody súvisela so zrážkovou činnosťou počas prvých dvoch mesiacov. V zvyšnom období roka hladina relatívne rovnomerne klesala. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v hodnotenom roku dosiahla 7,13 m pod terénom (213,06 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 len malá zmena (o 0,03 m nižšia hladina ako vlani). Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 1,0 m. Priemerná denná hodnota kolísania podzemnej vody dosiahla 0,04 m. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,09 m (čo je 10,84 % celkovej ročnej amplitúdy hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hladín podzemnej vody predstavoval hĺbku 7,22 m pod terénom, 2. kvartil 7,15 m pod terénom a 3. kvartil 7,03 m pod terénom. Teplota podzemnej vody sa počas celého roku ani raz nezmenila a udržala sa na hodnote 11,7 °C.

V roku 2018 bola vo vrte JV-22 nameraná minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,49 m (212,70 m n. m.) 29. decembra (oproti roku 2017 ide o pokles o 0,13 m). Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná na začiatku decembra v hĺbke 6,90 m pod terénom (213,29 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,47 m. Z uvedených údajov, ale predovšetkým priebehu hladiny na obr. 4.1.10 vyplýva, že hladina podzemnej vody mala od začiatku roka až do mája rastúci trend a od mája postupne klesala a ku koncu roka sa začala ustaľovať. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 7,16 m pod terénom (213,03 m n. m.), čo je oproti roku 2017 nepatrná zmena (pokles o 0,03 m). Amplitúda zmien dosiahla 0,59 m. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,27 m pod terénom, 2. kvartil 7,14 m pod terénom a 3. kvartil 7,01 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody sa, podobne ako roku 2017 počas celého roku ani raz nezmenila a udržala sa na hodnote 11,7 °C.



Obr. 4.1.11. Dlhodobé (2013 – 2018) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi na lokalite Nižná Myšľa. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – JV-17, b – JV-22. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; červená línia – teplota podzemnej vody.

Z dlhodobého hľadiska, na základe doposiaľ získaných údajov o zmenách hladín podzemnej vody, možno konštatovať, že kolísanie v jednotlivých vrtoch s inštalovaným hladinomermi je pomerne pravidelné. Vzostupy hladiny súvisia predovšetkým s jarným obdobím, naopak, minimálne stavy s jesenným a zimným obdobím. V oboch vrtoch je pozorovaný zostupný trend hĺbky hladiny podzemnej vody. Pre oba prípady je však typické, že ročné zmeny hladiny podzemnej vody sú veľmi malé. Len vzácne dosahujú jeden meter. Analogický vývoj je pozorovateľný aj v prípade zmien teploty. Teplota v oboch vrtoch počas rokov 2017 a 2018 bola konštantná. Je teda otázne, či ide o dôveryhodné údaje teploty vody.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Nitrianska Myjava v roku 2017 bol počet monitorovaných odvodňovacích vrtov 34 a v roku 2018 sa znížil na 31. Odvodňovacie vrty označené ako SHV sú sústredené do 7 jácht (obr. 4.1.7; súčasne sú merania vykonávané aj na troch vrtoch označených ĎHNMň; tab. 4.1.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.1.7 a 4.1.8; priebehy nameraných hodnôt výdatnosti sú zobrazené na obr. 4.1.12).

V roku 2017 bolo na väčšine vrtov zabezpečených 43 kontrolných meraní (len na vrtoch SHV-21, 22 a 23 bolo zabezpečených šesť meraní). Merania sa realizovali v období od 5. januára do 30. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 5. januára na odvodňovacom vrte SHV-112 (6,67 $l.min^{-1}$). V tomto vrte však 27. februára sledovaná výdatnosť klesla na hodnotou 0,0 $l.min^{-1}$. Vrt bol v roku 2017 suchý celkovo počas 30 termínov kontrolných meraní. Z uvedeného dôvodu priemerná hodnota výdatnosti dosiahla v tomto vrte len 0,46 $l.min^{-1}$. V rovnakom termíne bol maximálny prietok nameraný aj u väčšiny ďalších vrtov (SHV111, SHV-51, SHV-13, SHV-61, SHV-53, SHV-92), ale dosiahnuté hodnoty boli relatívne nízke, ich priemer bol na úrovni 0,76 $l.min^{-1}$). Najvyššiu efektivitu mali vrty SHV-63, SHV-52, SHV-12, ST-12, v ktorých ročný priemerný prietok bol väčší ako jeden liter za minútu (obr. 4.1.12).

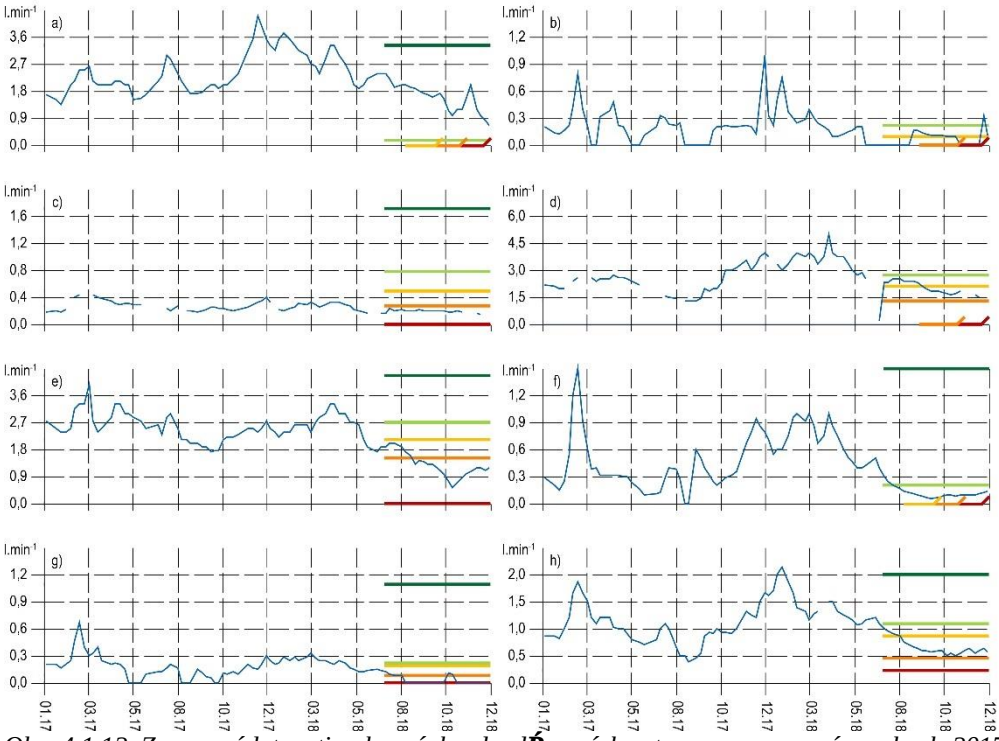
Tab. 4.1.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nitrianska Myjava v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min-1]	Max. kolísanie výdat. [l.min-1]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HNM-1	43	0,00	5. 1. 17	0,00	27. 4. 17	0,00	0,00
HNM-2	43	0,00	5. 1. 17	0,00	8. 3. 17	0,00	0,00
HNM-3	42	suché					
SHV-101	43						
SHV-11	43						
SHV111	43	3,33	5. 1. 17	0,00	27. 2. 17	0,15	3,33
SHV112	43	6,67	5. 1. 17	0,00	27. 2. 17	0,46	6,67
SHV-12	43	4,29	28. 1. 17	1,36	16. 12. 17	2,23	2,93
SHV-13	43	0,33	5. 1. 17	0,00	21. 8. 17	0,03	0,33
SHV-14	43	1,00	29. 3. 17	0,00	30. 12. 17	0,22	1,00
SHV-15	43	0,01	16. 6. 17	0,00	15. 3. 17	0,00	0,00
SHV-21	6	0,13	5. 4. 17	0,00	15. 3. 17	0,07	0,13
SHV-22	6	0,44	12. 5. 17	0,22	15. 3. 17	0,35	0,22
SHV-23	6	suché					
SHV-31	43						
SHV-32	43						
SHV-33	43						
SHV-34	43						
SHV-51	37	0,43	5. 1. 17	0,18	27. 2. 17	0,28	0,25
SHV-52	37	4,00	28. 8. 17	1,28	30. 12. 17	2,36	2,72
SHV-53	37	0,20	5. 1. 17	0,00	27. 2. 17	0,01	0,20
SHV-61	43	0,24	5. 1. 17	0,00	19. 5. 17	0,03	0,24
SHV-62	43	suché					
SHV-63	43	4,00	30. 9. 17	1,71	15. 3. 17	2,55	2,29
SHV-64	43	0,75	21. 8. 17	0,00	12. 5. 17	0,27	0,75
SHV-71	43	suché					
SHV-72	43						
SHV-73	43						
SHV-81	43						
SHV-82	43	1,50	28. 8. 17	0,00	27. 2. 17	0,42	1,50
SHV-91	43	0,67	14. 8. 17	0,00	27. 2. 17	0,17	0,67
SHV-92	43	0,01	5. 1. 17	0,00	13. 2. 17	0,00	0,01
SHV-93	43	0,00	5. 1. 17	0,00	27. 2. 17	0,00	0,00
ST-12	43	1,88	28. 8. 17	0,40	27. 2. 17	1,02	1,48

Počas roku 2017 bolo 24 vrtov suchých (minimálne počas jedného merania), resp. ojedinele z nich kvapkala voda. Do skupiny vrtov s veľmi nízkou výdatnosťou patrilo v roku 2017 až 28 objektov (priemerná výdatnosť 0,05 $l.min^{-1}$). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 10,61 $l.min^{-1}$, čo je v porovnaní

s predchádzajúcim rokom nárast o 1,5 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané v spomenutom vrte SHV-112 (6,67 l.min^{-1}).

V roku 2018 bolo na väčšine vrtov zabezpečených 46 kontrolných meraní (na vrte ST-12, SHV-53, SHV-93, SHV-2, SHV-52, SHV-51 o 1 až 5 meraní menej). Merania sa realizovali v období od 6. januára do 29. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 13. apríla na odvodňovacom vrte SHV-52 (6,67 l.min^{-1}). V tomto vrte minimálna výdatnosť klesla na hodnotou 0,19 l.min^{-1} a priemerná výdatnosť dosiahla 2,71 l.min^{-1}. V rovnakom termíne bol maximálny prietok nameraný aj vo vrte SHV-63 (3,33 l.min^{-1}). Najvyššiu efektivitu mali vrty SHV-52, SHV-12, SHV-63, ST-12, v ktorých ročný priemerný prietok bol väčší ako jeden liter za minútu (obr. 4.1.12).



Obr. 4.1.12. Zmeny výdatnosti vybraných odvodňovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Nitrianska Myjava, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – SHV-12, b – SHV-14 (max. hodnota počas RO: 1,50 l.min^{-1}), c – SHV-51, d – SHV-52 (max. hodnota počas RO:7,50 l.min^{-1}), e – SHV-63 (RO: 2. 5. 13 – 28. 12. 16; max. hodnota počas RO: 4,29 l.min^{-1}), f – SHV-82, g – SHV-91 (RO: 14. 5. 15 – 28. 12. 16), h – ST-12 (RO: 7. 5. 15 – 28. 12. 16), červená – minimálna, tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO (v prípadoch, v ktorých nie je vyjadrená v obr., je uvedená v zátvorke k príslušnému odvodňovaciemu zariadeniu), oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajovo výdatností, nameraných počas RO.

Počas roku 2018 bolo 25 vrtov suchých (minimálne počas jedného merania), resp. ojedinele z nich kvapkala voda. Pri hodnotení minimálnych ročných výdatností treba upozorniť na skutočnosť, že väčšina vrtov je permanentne suchá, resp. na vrtoch je pozorované len kvapkanie. V roku 2018 bola na týchto vrtoch nameraná priemerná výdatnosť 0,03 l.min^{-1}. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 9,35 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 1,26 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané v spomenutom vrte SHV-52 (4,81 l.min^{-1}).

Z analýzy výdatnosti vyplýva, že počas monitorovaného obdobia výrazne prevládajú hodnoty blízke nule. Prietoky v roku 2018 len v jednom prípade prekročili doteraz namerané maximálne hodnoty a to v prípade objektu ST-12. Z vykonanej analýzy je možné pozitívne vnímať napr. prietoky vo vrte SHV-63. V prvej polovici roka sa prietoky v tomto vrte

pohybovali v blízkosti 3. kvartilu (2,73 l.min^{-1}), odvodeného z predchádzajúcich meraní. Od augusta výdatnosti mierne klesli a oscilovali okolo hodnoty dlhodobého priemeru (2,11 l.min^{-1}). Podobná situácia bola pozorovaná aj vo vrtoch SHV-52 a ST-12. Okrem vrtov, ktoré sú dlhodobo suché, problematicky sa javia i vrty, ktorých priemerná hodnota sa nachádza pod úrovňou 0,1 l.min^{-1} (napr. SHV-21; priemerná hodnota ï 0,1 l.min^{-1}).

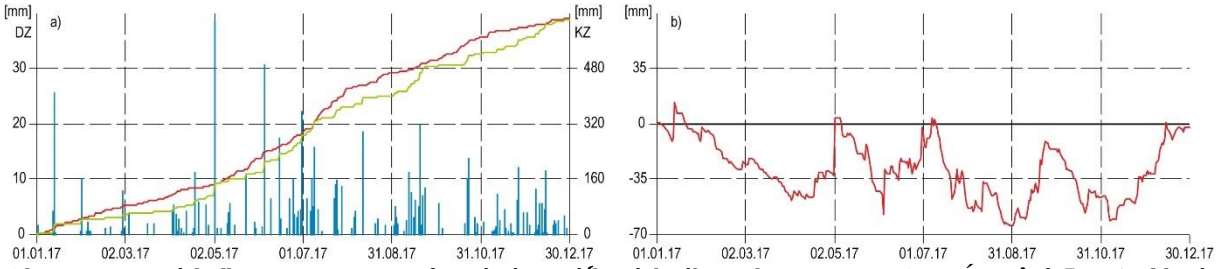
Tab. 4.1.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Niţná Myšľa v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HNM-1	46	suché					
HNM-2	46						
HNM-3	46						
SHV-101	46						
SHV-11	46						
SHV-111	46	1,00	6. 4. 18	0,00	6. 1. 18	0,03	1,00
SHV-112	46	2,61	27. 3. 18	0,00	6. 1. 18	0,27	2,61
SHV-12	46	3,75	27. 1. 18	0,67	29. 12. 18	2,20	3,08
SHV-13	46	0,11	27. 4. 18	0,00	13. 3. 18	0,01	0,11
SHV-14	46	0,75	27. 1. 18	0,00	28. 11. 18	0,15	0,75
SHV-15	46	0,01	21. 2. 18	0,00	6. 3. 18	0,00	0,01
SHV-31	46	suché					
SHV-32	46						
SHV-33	46						
SHV-34	46						
SHV-51	41	0,33	6. 1. 18	0,13	29. 12. 18	0,23	0,20
SHV-52	41	5,00	13. 4. 18	0,19	6. 7. 18	2,71	4,81
SHV-53	42	2,50	6. 7. 18	0,00	6. 1. 18	0,06	2,50
SHV-61	46	0,40	20. 4. 18	0,00	6. 1. 18	0,06	0,40
SHV-62	46	suchý					
SHV-63	46	3,33	13. 4. 18	0,55	30. 10. 18	1,93	2,79
SHV-64	46	0,67	27. 4. 18	0,00	8. 8. 18	0,15	0,67
SHV-71	46	suché					
SHV-72	46						
SHV-73	46						
SHV-81	46						
SHV-82	46	1,00	21. 2. 18	0,06	27. 9. 18	0,40	0,94
SHV-91	46	0,33	13. 3. 18	0,00	15. 8. 18	0,12	0,33
SHV-92	42	suché					
SHV-93	42						
ST-12	45	2,14	27. 1. 18	0,50	16. 10. 18	1,03	1,64

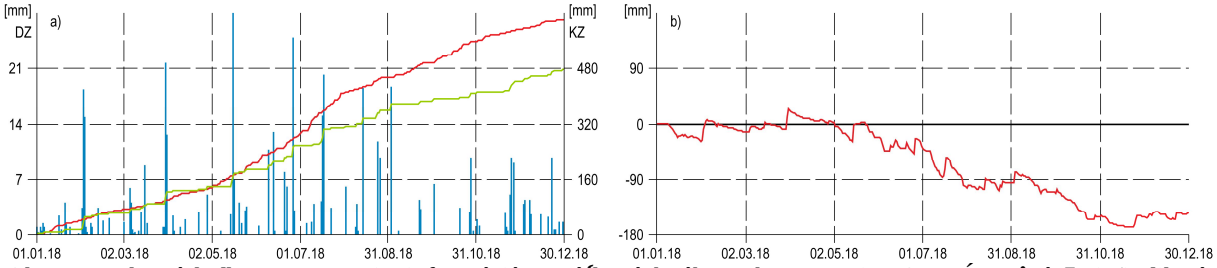
Pri hodnotení celého monitorovaného obdobia môţeme konštatovať, ţe do roku 2015 mala sumárna hodnota výdatnosti, vypočítaná zo všetkých odvodňovacích zariadení, monitorovaných na lokalite, mierne klesajúci trend. V posledných dvoch rokoch však došlo k zastaveniu zostupného trendu. V rokoch 2016 a 2017 boli zhodne v druhej polovici apríla namerané prietoky nad 20 l.min^{-1}.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Ľupča s indikatívom 60140 (obr. 4.1.14a a 4.1.14b). a Vyšný Ľubá s indikatívom 60100 (obr. 4.1.13a, 4.1.13b). Dlhodobý ročný zrážkový priemer na stanici Ľupča, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2017, predstavuje 590,5 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 691,9 mm (rok 2016); priemerný mesačný úhrn 49,2 mm a maximálny mesačný úhrn 181,1 mm (júl 2012). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 29. júna 2012 do 29. júla 2012) dosiahol 181,1 mm.



Obr. 4.1.13a. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Ľaj (indikatív 60100); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.

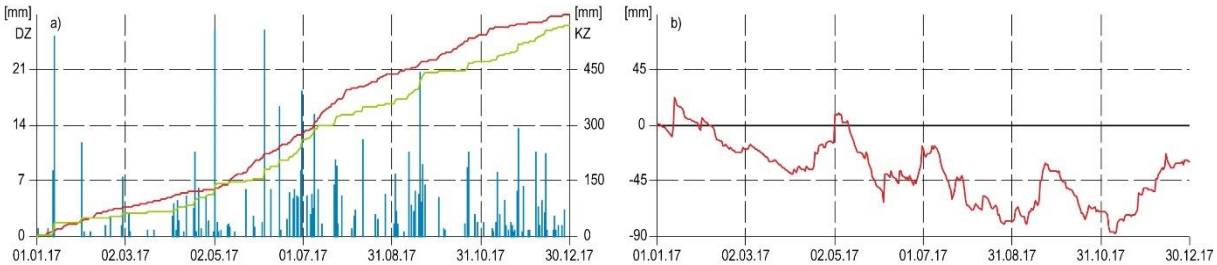


Obr. 4.1.13b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Ľaj (indikatív 60100); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2018 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

Na stanici Vyšný Ľaj dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2017, dosiahol 620,7 mm; maximálny ročný úhrn 691,3 mm (rok 2012); priemerný mesačný úhrn 51,7 mm a maximálny mesačný úhrn 189,3 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 22. júna 2011 do 22. júla 2011) dosiahol 203,2 mm.

Na stanici Ľaľa bol v roku 2017 zaznamenaný zrážkový úhrn 567,2 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (88,2 mm) a najvyšší denný úhrn 3. mája (25,9 mm). Najsuchším mesiacom bol marec so s 11,9 mm zrážok. Maximálne tridsaťdňové kumulatívne zrážky boli v období od 15. júna 2017 do 15. júla 2017 (110,1 mm).

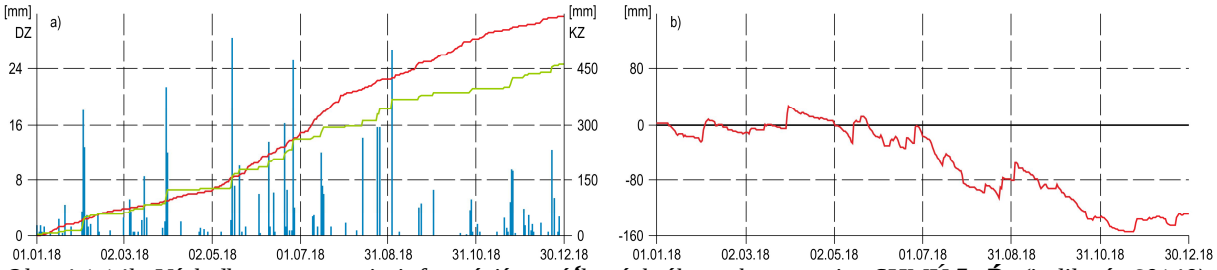
V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 462,3 mm, čo zodpovedá 78,29 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júna (82,8 mm) a najvyšší denný úhrn 16. mája (28,5 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 15,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. júna 2018 do 18. júla 2018 (87,5 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 10. apríla 2018 do 10. mája 2018), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,7 mm.



Obr. 4.1.14a. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Ľaľa (indikatív 60140); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená –

kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.

Na stanici Vyšný Čaj bol v roku 2017 nameraný zrážkový úhrn 620,7 mm. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas júla, dosiahol 101,6 mm a najvyšší denný úhrn, nameraný 3. mája, dosiahol hodnotou 38,5 mm. Najsuchším mesiacom bol marec, kedy spadlo len 15,9 mm zrážok. Maximálna tridsaťdňová hodnota kumulatívnych zrážok bola v období od 15. júna 2017 do 15. júla (119,6 mm).



Obr. 4.1.14b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Čaj (indikatív 60140); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2018 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

V roku 2018 bol nameraný zrážkový úhrn 476,3 mm, čo predstavuje 76,74 % dlhodobého priemeru a je ho možné charakterizovať ako veľmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas júna, dosiahol 68,1 mm a najvyšší denný úhrn bol nameraný 16. mája s hodnotou 27,9 mm. Najsuchším mesiacom bol január, kedy spadlo 14,6 mm zrážok. Najvyššia tridsaťdňová hodnota kumulatívnych zrážok bola dosiahnutá v období od 18. júna 2017 do 18. júla 2018 (89,3 mm), naopak najsuchšie tridsaťdňové obdobie bolo pozorované od 13. apríla 2018 do 13. mája 2018. Počas tohto obdobia bol nameraný kumulatívny úhrn 8,7 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Nižná Myšľa sa v roku 2018 pokračovalo v monitorovacích aktivitách s rovnakým sortimentom metód a technológií ako v prechádzajúcom roku (inklinometrické merania, aplikácia technológie InSAR, režimové pozorovania hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení a spracovanie údajov zo staníc SHMÚ).

Najvýznamnejšie výsledky o aktuálnom stabilitnom stave zosuvnej lokality priniesli merania metódou presnej inklinometrie. Najväčšie deformácie boli v roku 2018 namerané pri jesennom kontrolnom meraní vo vrtoch INK-22 (17,78 mm) a INK-24A (19,68 mm). Vrt INK-22 sa nachádza na Obchodnej ul. a vrt INK-24A juhne od križovatky ulíc Hlboká a Repiská. Počas predchádzajúcej jarnej etapy bol prírastok deformácie nad 10 mm nameraný len vo vrte INK-14N (15,6 mm). Vrt sa nachádza v oblasti križovatky ulíc Hlboká a Obchodná. Relatívne vysoké hodnoty prírastkov deformácie boli počas jarnej etapy namerané aj vo vrtoch INK-34, INK-52 a INK-53 (od 6,18 do 9,28 mm). Vrt INK-34 je situovaný v južnej časti Varhednej ul. a vrty INK-52 a INK-53 sa na svahu nad cestou. I napriek spomenutým vysokým hodnotám, počas oboch etáp prevládali etapové prírastky deformácie v rozsahu 0 až 1 mm.

Sledovanie pohybovej aktivity technológiou InSAR do veľkej miery korešponduje s výsledkami z inklinometrických meraní. Ďalej v najproblematickejších zónach nám chýbajú spoľahlivé prirodzené odrážače. Jedná sa najmä o územie nad základnou cestou.

Režimové merania zabezpečované pozorovateľom boli v roku 2018 realizované na všetkých dostupných piezometrických vrtoch; súčasne prebiehali kontinuálne merania

prostredníctvom dvoch automatických hladinomerov. Zároveň sa pokračovalo s kontrolnými meraniami prietoku na odvodňovacích vrtoch, ktoré v území predstavujú jedno z hlavných sanačných opatrení. Merania sa realizovali na 37 subhorizontálnych odvodňovacích vrtoch.

Hladiny podzemnej vody v roku 2018 vo viacerých prípadoch dosiahli, resp. prekročili doterajšie minimálne stavy z predchádzajúceho obdobia monitorovania. Výnimočne boli však prekročené i maximálne hladiny podzemnej vody, napr. vo vrte JK-3. Charakter zmien hladiny podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, mal pomerne ustálený priebeh. Kolísanie hladiny väčšie ako 3 m bolo zaznamenané vo ôsmich zo šesťdesiatich ôsmich vrtov. Výrazne prevládali zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody do 1 m v 32 vrtoch. Amplitúda zmien hĺbky hladiny v intervale 1,06 až 2,81 bola nameraná v 19 vrtoch. Za pozitívne možno považovať, že až v 10 piezometroch klesla hladina podzemnej vody pod úroveň dna vrtu; druhou kladnou skutočnosťou je, že v pomerne veľkom počte vrtov boli prekročené doterajšie minimálne stavy, zaznamenané v predchádzajúcom období. V prípade vrtov s inštalovanými automatickými hladinomermi, kde máme najlepší obraz o správaní sa hladiny podzemnej vody, sme pozorovali najväčšie kolísanie vo vrte JV-17. Hladina v tomto monitorovacom objekte zaznamenala vzostup hlavne v zimnom a jarnom období, po ktorom až do októbra bolo možné sledovať zostup hladiny podzemnej vody. Podobná situácia bola i vo vrte JV-22, avšak vzostup hladiny podzemnej vody pretrval prakticky až do júla. Od tohto obdobia začala hladina podzemnej vody v oblasti vrtu JV-22 postupne klesať.

Pri hodnotení odvodňovacích zariadení je nutné opakovane konštatovať veľmi nízku účinnosť. Značná časť vrtov bola počas všetkých meraní suchá a pomerne veľká časť vrtov vykazovala len veľmi nízke hodnoty prietoku. Na zosuvnej lokalite, podobne ako vlani, bolo len 5 vrtov, ktoré celoročne odvádzali podzemnú vodu (SHV-12, SHV-51, SHV-52, SHV-63 a ST-12). V roku 2018 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k poklesu sumárnej priemernej výdatnosti.

Monitorované územie v súčasnosti predstavuje oblasť, v ktorej zosuv ohrozuje veľké množstvo rôznych objektov infraštruktúry, stavebných objektov, ale najmä obyvateľov obce Nižná Myšľa. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú ďalej monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií“. Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií“, v porovnaní s projektom ĽMS – GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom – on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.2. Lokalita Kapušany

Stručná charakteristika lokality

Zosuv v obci Kapušany postihuje JV svah pod Kapušianskym hradom. Pri aktivizácii tohto zosuvu došlo k poruše niekoľkých rodinných domov, z ktorých viaceré museli byť asanované.

Zosuvné územie sa monitoruje od roku 2012. Podrobný opis zosuvnej lokality je súčasťou správ z predchádzajúcich rokov (Liščák et al., 2012 a 2013), ako aj správ z realizovaných prieskumov (Lafférs et al., 2012) a sanácií (Fekete et al., 2014c in Šimeková et al., 2014).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Na lokalite Kapušany boli v rokoch 2017 a 2018 monitorovacie aktivity zamerané najmä na inklinometrické merania a režimové pozorovania. Termíny realizácie meraní sú zhrnuté v tab. 4.2.1.

Tab. 4.2.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Kapušany v rokoch 2017 a 2018

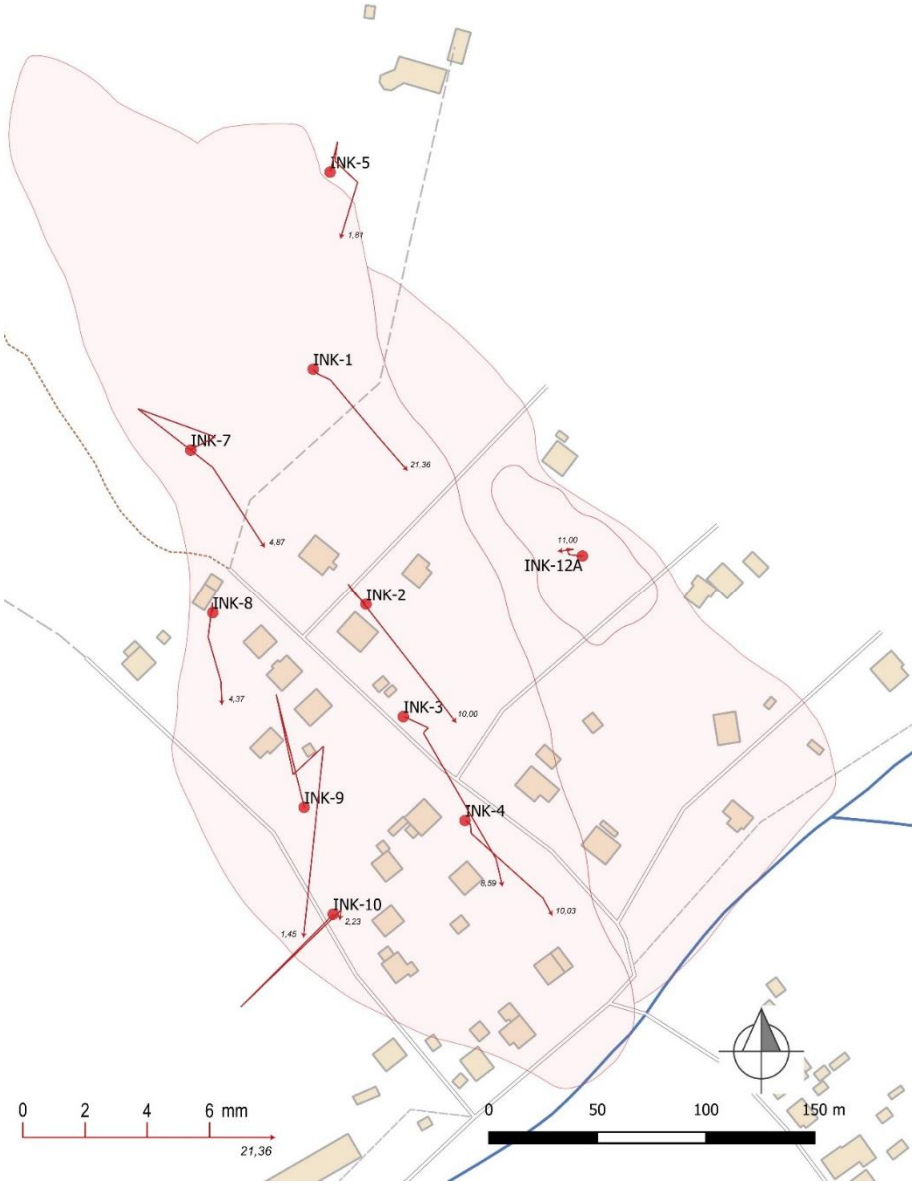
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	10	INK-1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12A	2 *(19. apríl, 20. apríl, 25. apríl, 17. október, 18. október)*	2 *(23. máj, 6 november)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	6 *(2017)* 5 *(2018)*	V-POZ-2, V-POZ-3[1], V-POZ-4, V-POZ-5, V-POZ-7, V-POZ-10	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
	1	V-POZ-1 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	7	ST-1/1, ST-1/2, ST-1/3, ST-2/1, ST-2/2, ST-2/3, ST-3	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Kapušany (indikatív 59220)	*Denné úhrny zrážok*	

[1] *– merania boli realizované do 30. mája 2016, 27. júna 2016 bolo pozorované porušenie vrtu – ústrihnutie*

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite Kapušany sa inklinometrické merania vykonávajú v 10 vrtoch. V rokoch 2017 a 2018 boli zabezpečené zhodne dve kontrolné etapy meraní (jar a jeseň). Výsledky meraní sú prezentované na obrázkoch (obr. 4.2.1, 4.2.2 a 4.2.3) a v tabuľke 4.2.2.

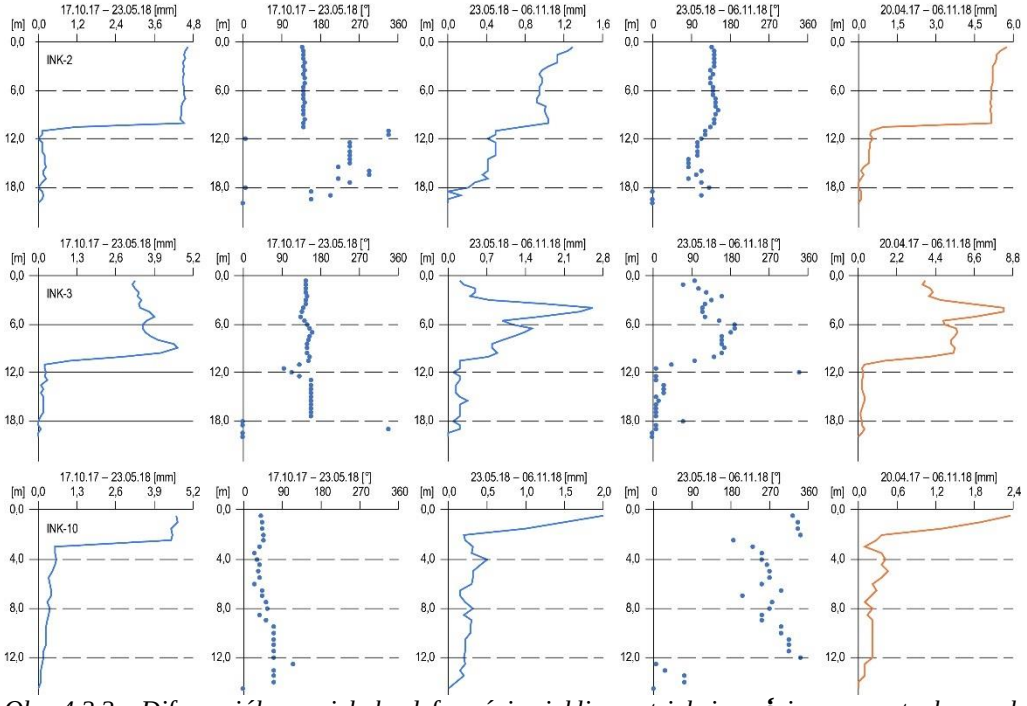


Obr. 4.2.1. Lokalita Kapušany – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.2.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohranič. zosuvu podľa Lafférsa et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®

V roku 2017, počas jarnej etapy, ktorej kontrolné meranie bolo realizované 19. apríla, bol v zosuvnom území dokumentovaný relatívne priaznivý stabilitný vývoj. Výraznejšia etapová deformácia bola nameraná len vo vrte INK-9. V hĺbke 1,45 m pod terénom bola nameraná deformácia 3,74 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 8,48 mm.rok^{-1}. Azimut nameranej deformácie bol 346°, teda severo-severozápad. V ostatných vrtoch boli na sledovaných šmykových plochách namerané deformácie do 1 mm. Všeobecne prevládal západný až severný smer deformácií (INK-8 – v hĺbke 4,37 m pod terénom – 0,32 mm – 0,73 mm.rok^{-1} – 358°; INK-2 – v hĺbke 10,0 m pod terénom – 0,45 mm – 1,02 mm.rok^{-1} – 313°; INK-3 – v hĺbke 4,59 m pod terénom – 0,64 mm – 1,45 mm.rok^{-1} – 301°; INK-12A – v hĺbke 10,43 m pod terénom – 0,45 mm – 1,02 mm.rok^{-1} – 277°), v troch vrtoch bola orientácia nameraných vektorov na juhovýchod a v dvoch vrtoch na sever až severovýchod. Len v jednom prípade bol nameraný juhozápadný smer (INK-3 – v hĺbke 13,09 m pod terénom – 0,71 mm – 1,61 mm.rok^{-1} – 205°).

Poľas jarného, letného a jesenného obdobia, ktorého pohybovú aktivitu dokumentuje októbrové meranie, sa na stabilitnej situácii prakticky nič nezmenilo. Najvyššia deformácia bola nameraná vo vrte INK-10. V hĺbke 2,23 m pod terénom bol meraný vektor 4,2 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 8,47 mm.rok^{-1}. Orientácia vektora je na juhozápad. Vrt sa nachádza v juhozápadnej časti zosuvu. Deformácie nad jeden milimeter boli namerané aj vo vrtoch INK-7 (v hĺbke 4,87 m pod terénom – 2,66 mm – 5,36 mm.rok^{-1} – 290°), INK-9 (v hĺbke 1,45 m pod terénom – 2,62 mm – 5,28 mm.rok^{-1} – 168°), INK-3 (v hĺbke 4,59 m pod terénom – 1,22 mm – 2,46 mm.rok^{-1} – 105°), INK-8 (v hĺbke 4,37 m pod terénom – 1,12 mm – 2,26 mm.rok^{-1} – 187°). V ostatných vrtoch boli namerané deformácie v intervale od 0,20 mm (INK-3 – v hĺbke 13,09 m pod terénom) do 0,63 mm (INK-5 – v hĺbke 1,81 m pod terénom). Počas tejto etapy prevládali vektory s orientáciou na východ až juho-juhovýchod.

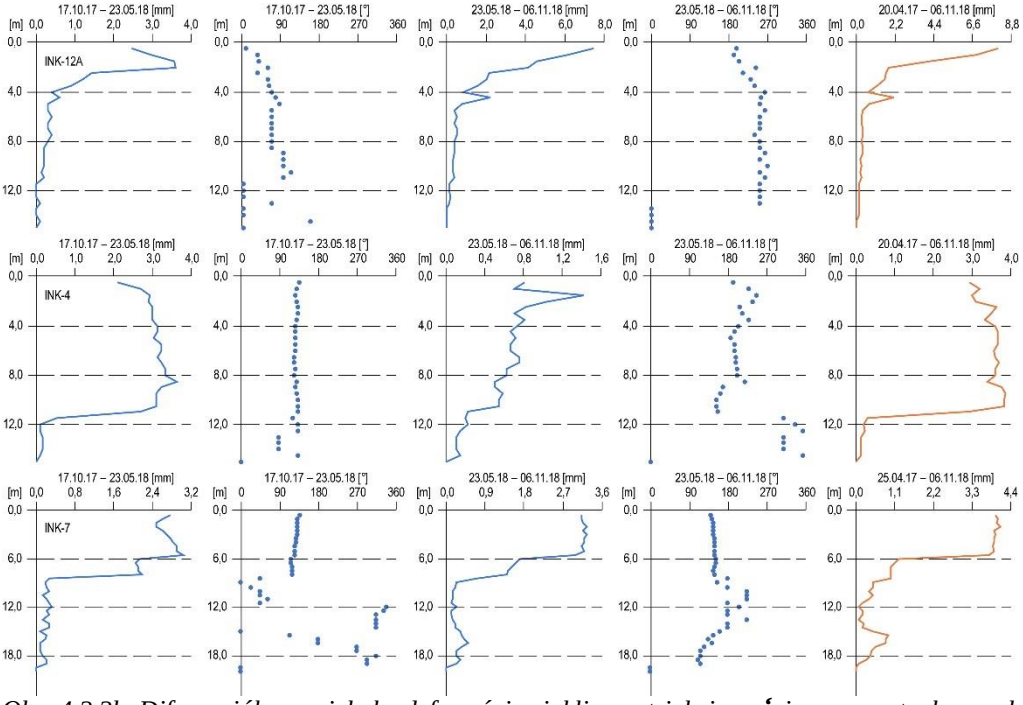
V roku 2018 v čase jarnej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu v období od polovice októbra 2017 do druhej polovice mája 2018, nepresiahli etapové vektory 5 mm hodnotu, a to ani na jednej sledovanej šmykovej ploche. Najväčší etapový vektor bol nameraný vo vrte INK-3. V hĺbke 8,59 m pod terénom, na hlavnej šmykovej ploche, bol v období od 17. októbra do 23. mája nameraný prírastok deformácie s hodnotou 4,67 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 7,82 mm.rok^{-1}. Nameraný vektor mal juhovýchodnú orientáciu. Vrt INK-3 sa nachádza v centrálnej časti zosuvu. Okrem iných menších etapové hodnoty deformácie boli namerané aj vo vrtoch INK-2 (4,52 mm; 7,57 mm.rok^{-1}) a INK-10 (4,48 mm; 7,5 mm.rok^{-1}; obr. 4.2.2a). Vrt INK-2 sa nachádza približne 100 m nad inklinometrickým vrtom INK-3 a vrt INK-10 v území z IBV v juhozápadnej časti zosuvného územia.



Obr. 4.2.2a. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Kapušany (označenie vrtov je vždy hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Deformácie nad 3 mm boli počas jarnej etapy namerané vo vrtoch INK-12A (3,63 mm; 6,08 mm.rok^{-1}), INK-4 (3,1 mm; 5,19 mm.rok^{-1}) a INK-7 (3,06 mm; 5,12 mm.rok^{-1}; obr. 4.2.2b). Z obrázku vyplýva, že v oblasti vrtov INK-4 a INK-7, naďalej, aj keď v menšej miere, dochádza k pohybom po výraznej šmykovej ploche. Relatívne nízke hodnoty sú

výsledkom priaznivých klimatických faktorov – dlhodobý zrážkový deficit (viac v podkapitole „Meranie zrážkových úhrnov“).



Obr. 4.2.2b. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Kapušany (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

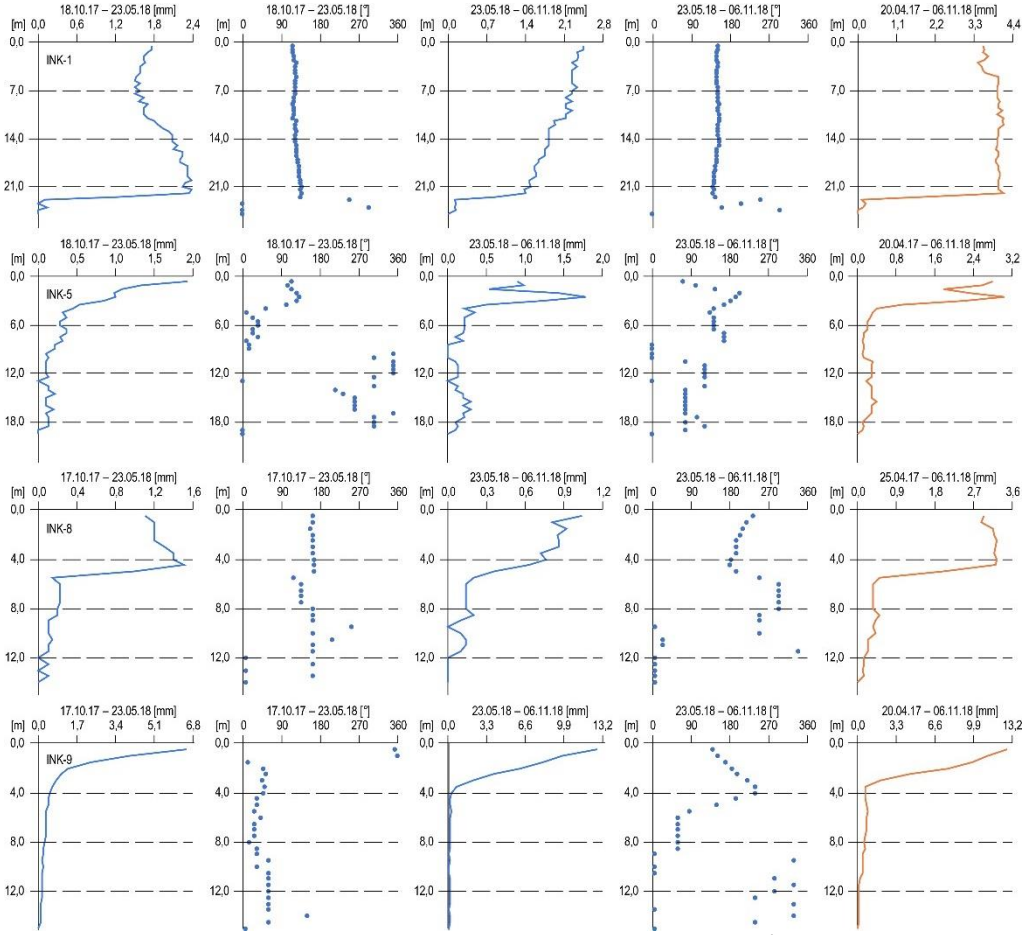
Tab. 4.2.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Kapušany v rokoch 2017 a 2018

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	9. 11. 16 – 19. 4. 17			20. 4. 17 – 18. 10. 17			18. 10. 17 – 23. 5. 18			23. 5. 18 – 6. 11. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [mm]	CD [mm]	ED [mm]	A [mm]	CD [mm]	ED [mm]	A [mm]	CD [mm]	ED [mm]	A [mm]
INK-1	21,36	14,36	0,22	133	0,42	0,42	115	2,73	2,34	140	4,12	1,39	139
INK-2	10,00	15,01	0,45	313	0,41	0,41[1]	326[1]	4,11	4,52[2]	142[2]	5,15	1,04	143
INK-3	4,09	21,40	0,64	301	2,52	2,52[1]	104[1]	5,96	3,73[2]	140[2]	8,34	2,40	115
INK-3	8,59	8,58	0,85	115	0,22	0,22[1]	223[1]	4,74	4,67[2]	150[2]	5,52	0,81	167
INK-3	13,09	2,72	0,71	205	0,20	0,20[1]	160[1]	0,30	0,10[2]	160[2]	0,22	0,14	25
INK-4	10,03	10,87	0,20	130	0,28	0,28[1]	175[1]	3,31	3,10[2]	132[2]	3,83	0,54	152
INK-5	1,81	7,04	0,98	14	0,63	0,63	188	1,46	1,00	133	3,03	1,79	197
INK-7	4,87	9,30	0,89	63	2,66	2,66[3]	290[3]	1,00	3,06[2]	128[2]	3,81	2,97	147
INK-7	7,37	2,25	0,89	63	3,09	3,09[3]	295[3]	0,92	2,20[2]	120[2]	1,02	1,39	150
INK-7	14,87	2,05	0,30	90	0,36	0,36[3]	124[3]	0,58	0,22[2]	117[2]	0,92	0,36	146
INK-8	4,37	13,94	0,32[4]	358[4]	1,12	1,12[3]	187[3]	2,57	1,50[2]	164[2]	3,20	0,63	178
INK-9	1,45	20,41	3,74[5]	346[5]	2,62	2,62[1]	168[1]	2,26	1,33[2]	47[2]	7,75	6,08	186
INK-10	2,23				4,20	4,20	225	0,30	4,48	46	0,28	0,22	187
INK-10	6,73				0,14	0,14	205	0,32	0,45	43	0,20	0,14	205

CD – celková deformácia od nultého merania (do roku 2017: 9. 8. 12 – vrty: INK-1, INK-2, INK-3, INK-4, INK-5, INK-7, INK-8, INK-9, INK-10, INK-12; 10. 7. 14 – vrt INK-12a; po roku 2017: 20.04.17 – všetky vrty); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 20. 4. 17 – 17. 10. 17; [2] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 17. 10. 17 – 23. 5. 18; [3] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 25. 4. 17 – 17. 10. 17; [4] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 21. 11. 16 – 19. 4. 17; [5] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 11. 11. 16 – 19. 4. 17.

Najnižšie hodnoty etapových vektorov namerané počas májovej kontrolnej etapy boli vo vrtoch INK-1 (2,34 mm; 3,94 mm.rok^{-1}), INK-8 (1,5 mm; 2,51 mm.rok^{-1}), INK-9 (1,33 mm; 2,23 mm.rok^{-1}) a INK-5 (1 mm; 1,68 mm.rok^{-1}; obr. 4.2.2.c). Počas májovej etapy výrazne

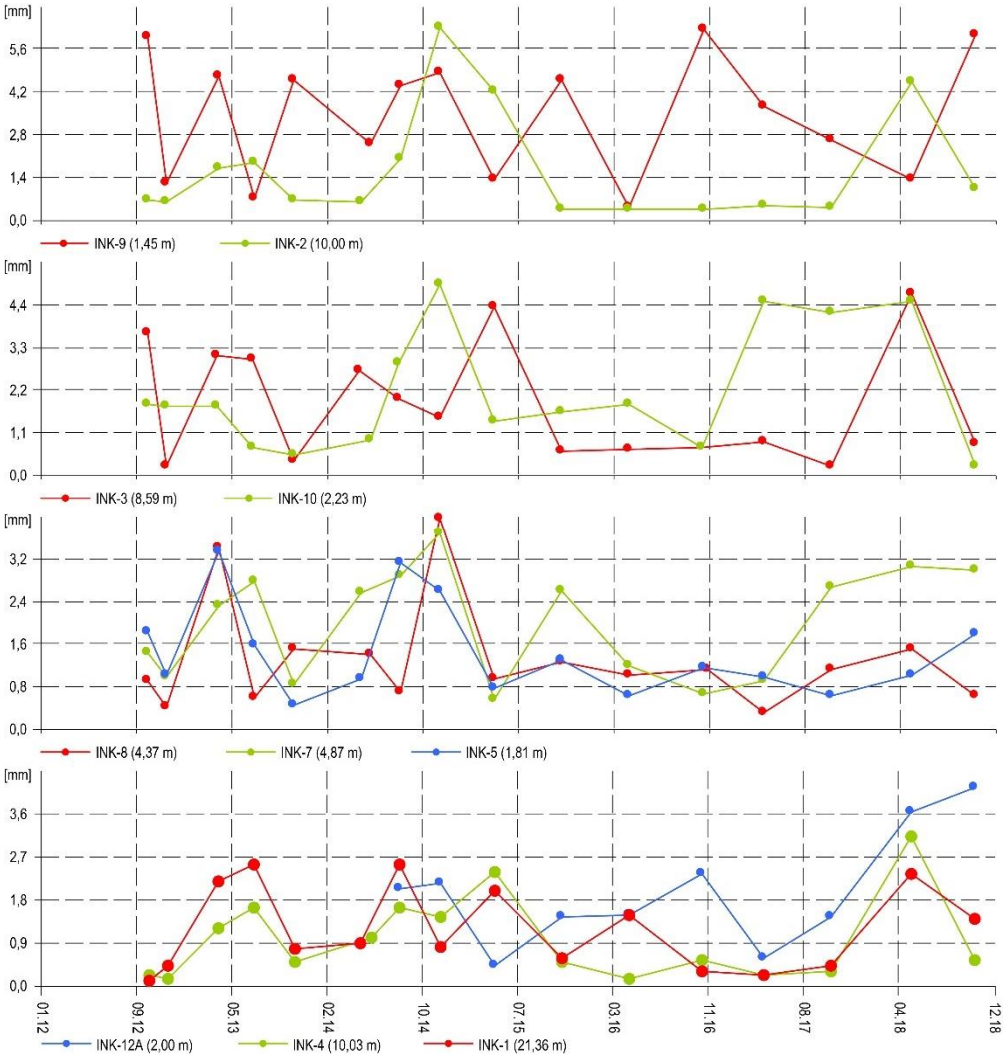
prevládali vektory s azimutmi orientovanými na juhovýchod ag juho-juhovýchod a len ojedinele boli namerané vektory severovýchodného smeru.



Obr. 4.2.2c. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pagnice vo vrtoch na lokalite Kapugany (oznaenie vrtov je vdavo hore). Modrá línia i etapová deformácia inklinometrickej pagnice, modré body i etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranová i výsledná deformácia inklinometrickej pagnice za dlhgie obdobie monitorovania (informácia o dke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Poas jesennej etapy (v období od 23. mája do 6. novembra) doglo k poklesu pohybovej aktivity prakticky vo vetkých vrtoch, vektory nad 5 mm boli namerané len vo vrte INK-9 v podpovrchovej asti. V hbke 1,45 m pod terénom bol nameraný prírastok deformácie s hodnotou 6,08 mm, o predstavuje priemernú rýchlosť 13,28 mm.rok^{-1} (186°). Zvýšená pohybová aktivita bola i vo vrte INK-12A (4,13 mm; 9,03 mm.rok^{-1}). V ostatných vrtoch sa etapové deformácie na sledovaných šmykových plochách pohybovali v intervale od 0,22 (vrt INK-10) do 2,97 (vrt INK-7).

Pri hodnotení celého obdobia monitorovania možno konštatovať, že k nárastu pohybovej aktivity na sledovaných šmykových plochách doglo v roku 2014 (obr. 4.2.3). Vo viacerých vrtoch boli na šmykových plochách namerané najvyššie prírastky deformácie za celé sledované obdobie (od roku 2012). Pomerne vysoké hodnoty pohybovej aktivity boli namerané poas jarnej etapy aktuálne hodnoteného roku 2018. Naviac, vzostupné trendy pohybovej aktivity je možno pozorovať na šmykových plochách vo vrtoch INK-7, INK-5 a INK-12A.



Obr. 4.2.3. Prírastky deformácií na sledovaných ġmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Kapuġany v období rokov 2012 aġ 2018.

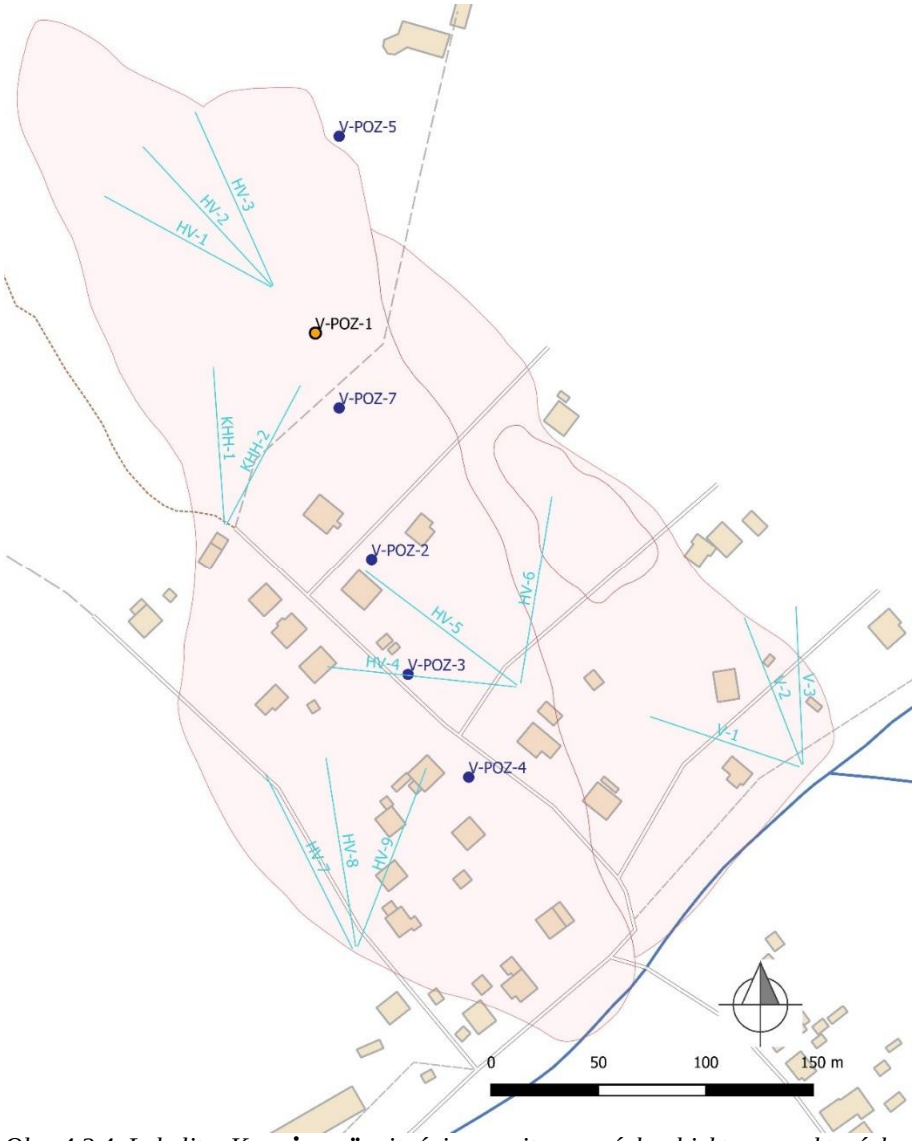
b/ Merania hĐbky hladiny podzemnej vody

b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutoļnených pozorovateĎom

Na lokalite Kapuġany zaļal systematický monitoring zmien hĐbky hladiny podzemnej vody aġ v roku 2015. Monitorovacie aktivity sa zaļali realizovaŠ na 7 pozorovacích vrtoch (tab. 4.2.1; ġtatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.2.3 a 4.2.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.2.4). Priebehy hĐbky hladiny podzemnej vody za roky 2017 a 2018 spolu so základnými ġtatistickými ukazovateĎmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.2.5. Priebehy hĐbky hladiny podzemnej vody spolu s kumulatívnymi zráġkami za celé monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.2.6.

V 2017 sa merania realizovali v 5 vrtoch a vykonaných bolo 10 meraní v intervale od 8. februára do 15. novembra. Najbliġġie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná opätovne vo vrteV-POZ-10 (0,69 m pod terénom ï 274,68 m n. m.) poļas októbrového merania. Poļas tohto termínu boli rovnako namerané maximálne stavy aj vo vrtoch V-POZ-2, 4 a 5, len vo vrte V-POZ-7 bola maximálna hladiny podzemnej vody nameraná v polovici novembra. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,69 aġ 10,40 m pod terénom (V-POZ-2). Minimálny stav hladiny podzemnej vody bol nameraný, rovnako ako v roku 2016, vo vrte V-POZ-2 (10,77 m pod terénom; dŔa

26. apríla). Výskyt minimálnych hladín podzemnej vody bol viazaný najmä na februárové meranie. Minimálne hladiny mali rozsah od 1,43 (V-POZ-10) do 10,77 m pod terénom. Namerané hladiny podzemnej vody v roku 2017 ani v jednom prípade neprekroľili maximálne stavy zaznamenané v predchádzajúcom obrobí. V prípade minimálnych stavov hladiny podzemnej vody bola prekroľená doteraz najhlbğia hladina vo vrte V-POZ-5 s hodnotou 3,7 m pod terénom, ktorá bola zaznamenaná 24. septembra 2015. Aktuálna minimálna hladina v tomto vrte, nameraná 8. februára, dosiahla hĐbku 3,82 m pod terénom (314,12 m n. m.), ľo predstavuje pokles 0,12 m oproti dlhodobému minimu.



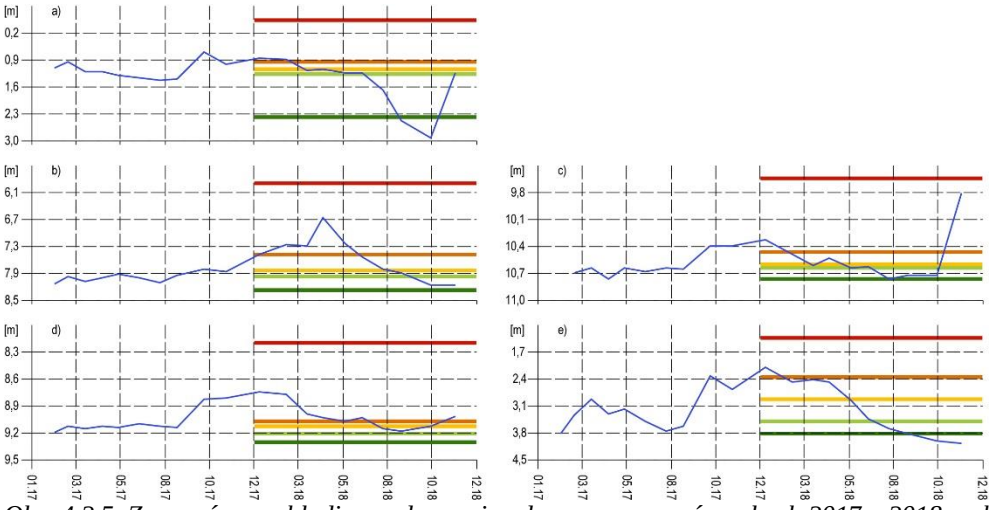
Obr. 4.2.4. Lokalita Kapuğany ï situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpeľované reğimové pozorovania (objekty oznaľené ako body ï piezometrické vrty ï vo vrte V-POZ-1 je inğtalovaný automatický hladinomer, objekty oznaľené ako línie ï hĐbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodĎovacích vrtov); ohranińenie zosuvu podĐa Laffársa et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

V aktuálne hodnotenom roku 2018 sa pokraľovalo v meraniach na nezmenenom poľte vrtov a zrealizovaných bolo 10 meraní (od 10. januára do 26. novembra). Najbliğğie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody opätovne vo vrte V-POZ-10 (0,86 m pod terénom ï 274,51 m n. m.) poľas januárového termínu merania. Poľas tohto merania boli namerané maximálne stavy aj vo vrtoch V-POZ-7 a 10. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,86 (V-POZ-10) ağ 9,81 m pod terénom (V-POZ-2 ï najhlbğí

monitorovaný horizontom hladiny podzemnej vody ï minimálny stav bol nameraný dŕa 1. augusta s hodnotou 10,77 m pod terénom). Výskyt minimálnych hladín podzemnej vody bol rozptýlený od zaļiatku augusta (vrt V-POZ-2) do konca novembra (vrt V-POZ-5). Minimálne hladiny sa pohybovali v rozsahu od 2,94 (V-POZ-10) do 10,77 m pod terénom. Namerané hladiny podzemnej vody v roku 2018 v dvoch prípadoch prekroļili dlhodobé minimálne stavy, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období.

Tab. 4.2.3. Výsledky merania hĜbky hladiny podzemnej vody na lokalite Kapuġany v roku 2017

Bod	Poļet meraní	Max. úroveŕ hpv			Min. úroveŕ hpv			Priem. úroveŕ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
V-POZ-10	10	0,69	274,68	11. 10. 17	1,43	273,94	31. 7. 17	1,17	274,20	0,74
V-POZ-2	10	10,40	283,81	11. 10. 17	10,77	283,44	26. 4. 17	10,62	283,59	0,37
V-POZ-4	10	7,81	268,58	11. 10. 17	8,13	268,26	8. 2. 17	7,99	268,40	0,32
V-POZ-5	10	2,32	315,62	11. 10. 17	3,82	314,12	8. 2. 17	3,25	314,69	1,50
V-POZ-7	10	8,82	302,65	15. 11. 17	9,20	302,27	8. 2. 17	9,08	302,39	0,38

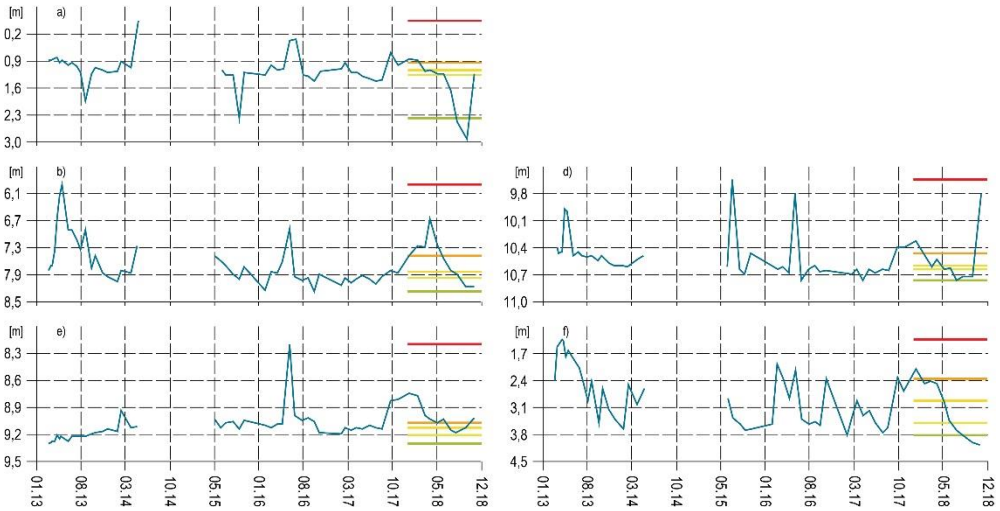


Obr. 4.2.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Kapuġany, vo vzŠahu k základným ġtatistickým ukazovateĐom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenļné obdobie ï RO): a ï V-POZ-10, b ï V-POZ-4 (RO: 26. 2. 13 ï 15. 11. 17), c ï V-POZ-2 (RO: 12. 3. 13 ï 15. 11. 17), d ï V-POZ-7, e ï V-POZ-5 (RO: 26. 2. 13 ï 15. 11. 17), ļervená ï maximálna, zelená ï minimálna hladina podzemnej vody nameraná poļas RO, bledozelená ï 1. kvartil, ġltá ï 2. kvartil, oranġová ï 3. kvartil odvodený z údajovo o hĜbke hladiny podzemnej vody, nameranej poļas RO.

Tab. 4.2.4. Výsledky merania hĜbky hladiny podzemnej vody na lokalite Kapuġany v roku 2018

Bod	Poļet meraní	Max. úroveŕ hpv			Min. úroveŕ hpv			Priem. úroveŕ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
V-POZ-10	10	0,86	274,51	10.01.18	2,94	272,43	17.10.18	1,50	273,88	2,08
V-POZ-2	10	9,81	284,40	26.11.18	10,77	283,44	01.08.18	10,53	283,68	0,96
V-POZ-4	10	6,66	269,73	24.04.18	8,17	268,22	17.10.18	7,55	268,84	1,51
V-POZ-5	10	2,09	315,85	10.01.18	4,07	313,87	26.11.18	3,16	314,79	1,98
V-POZ-7	10	8,75	302,72	10.01.18	9,18	302,29	30.08.18	9,02	302,46	0,43

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĜbku 6,35 m pod terénom, ļo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrný vzostup (o 0,07 m). Priemerné hĜbky podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch nachádzali v intervale od 1,50 (vrt V-POZ-10) do 10,53 m pod terénom (vrt V-POZ-2). Najväļġia amplitúda hladiny podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte V-POZ-10 (2,08 m).



Obr. 4.2.6. Dlhodobé (2013 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Kapušany, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – V-POZ-10, b – V-POZ-4 (RO: 26. 2. 13 – 15. 11. 17), c – V-POZ-2 (RO: 12. 3. 13 – 15. 11. 17), d – V-POZ-7, e – V-POZ-5 (RO: 26. 2. 13 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, sivá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Z dlhodobého hľadiska bola najvyššia hladina podzemnej vody zaznamenaná 13. mája 2014 vo vrte V-POZ-10 (0,12 m nad terénom; 275,49 m n. m.). Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla 27. júna 2016, vo vrte V-POZ-2 (10,77 m pod terénom; 283,49 m n. m). V roku 2018 boli prekročené doterajšie minimálne stavy hladiny podzemnej vody v dvoch vrtoch – V-POZ-5 a V-POZ-10.

b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomermi

Na lokalite Kapušany je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie vo vrte V-POZ-1 (od 30. septembra 2013). Počas hodnotených rokov 2017 a 2018 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

V roku 2017 bola minimálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 4,52 m pod terénom (300,92 m n. m.) počas 24. októbra. Naopak, najvyššie vystúpila 31. decembra, na úroveň 2,94 m pod terénom (302,50 m n. m.; tab. 4.2.5). Okrem pomerne prudkého nárastu hladiny na konci kalendárneho roka so spomenutým maximálnym stavom, bol jej vzostup pozorovaný aj v období od konca februára do konca marca. Od júna do konca októbra bolo vo vrte možné sledovať zostup hĺbky hladiny podzemnej vody. Prakticky počas celého roka jej priebeh kopíroval minimálne hodnoty, stanovené z výsledkov meraní v predchádzajúcom období (do roku 2016). Zrážková činnosť roku 2017 sa na režime hladiny prejavovala len minimálne. Táto skutočnosť je podmienená deficitom zrážok, a to najmä v letných mesiacoch. Vďaka tejto situácii, kolísanie hladiny podzemnej vody bolo determinované len zmenami, charakteristickými pre jednotlivé ročné obdobia. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 3,85 m pod terénom (301,59 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 len nepatrný vzostup, a to o 0,03 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,58 m. V porovnaní s rokom 2016 došlo teda k miernemu ustáleniu jej kolísania. Priemerná denná hodnota zmien hĺbky predstavovala, podobne ako v roku 2016, len 0,02 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,01 m (čo je len 0,63 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil

z nameraných hĎbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,28 m pod terénom, 2. kvartil 3,96 m pod terénom a 3. kvartil 3,30 m pod terénom.

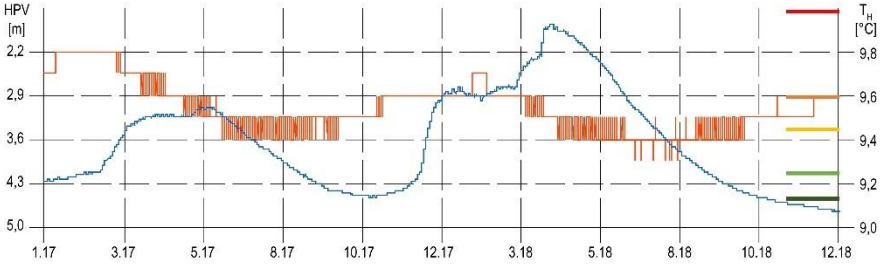
Teplota podzemnej vody bola meraná v rovnakých intervaloch ako jej hĎbka. Jej maximálna hodnota 9,8 °C bola nameraná 11. januára. Najniġġia teplota s hodnotou 9,4 °C bola zaznamenaná 13. júna. Poļas hodnoteného obdobia bola priemerná teplota na úrovni 9,59 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody poļas hodnoteného roka dosiahla 0,40 °C.

Tab. 4.2.5. Merania hĎbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kapuġany v roku 2017

Bod	Poļet mer.	Max. úroveŘ hpv			Min. úroveŘ hpv			Priem. úroveŘ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
V-POZ-1	8760	2,94	302,50	31. 12. 17	4,52	300,92	24. 10. 17	3,85	301,59	1,58

V roku 2018 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĎbke 1,75 m pod terénom (303,69 m n. m.; 9. apríl), ļo je v porovnaní s rokom 2017 vzostup o 1,19 m. Následne zaļala klesaŠ a minimum s hĎbkou 4,75 m (300,69 m n. m.) dosiahla 30. decembra (oproti roku 2017 ide o pokles o 0,23 m). Z obrázku 4.2.7 vyplýva, ġe na priebeh hladiny podzemnej vody mali vplyv prevaġne jarné zráġky; od apríla nastal súvislý pokles. Priemerná hĎbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 3,39 m pod terénom (302,05 m n. m.), ļo je v porovnaní s rokom 2015 nárast o 0,46 m. Amplitúda roļných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,00 m. V porovnaní s rokom 2017 je výrazne vyġġia. 1. kvartil z nameraných hĎbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,43 m pod terénom, 2. kvartil 3,19 m pod terénom a 3. kvartil 2,71 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,7 °C 28. januára, naopak, najniġġia teplota (9,3 °C) bola zaznamenaná 26. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,5 °C.

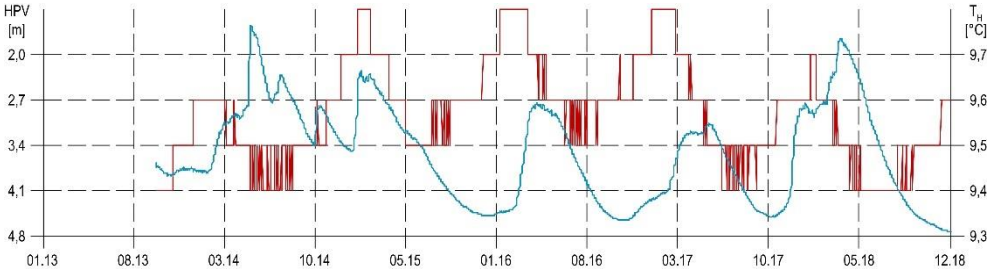


Obr. 4.2.7. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2017 a 2018, spolu so ġtatistickými ukazovateĎmi na lokalite Kapuġany. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte V-POZ-1. Modrá línia ï hĎbka hladiny podzemnej vody (HPV), ļervená línia ï teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznaļené na ĎavEj strane grafu ï ġtatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané poļas referenļného obdobia ï od 30. septembra 2013 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás ï minimálna hĎbka HPV, zelený pás ï 1. kvartil, ġltý pás ï 2. kvartil, oranġový pás ï 3. kvartil, ļervený pás ï maximálna HPV.

Tab. 4.2.6. Merania hĎbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kapuġany v 2018

Bod	Poļet mer.	Max. úroveŘ hpv			Min. úroveŘ hpv			Priem. úroveŘ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
V-POZ-1	8760	1,75	303,69	9. 4. 18	4,75	300,69	30. 12. 18	3,39	302,05	3,00

Pri pohĎade na dlhġie ļasové obdobie (obr. 4.2.8) je vidieŠ trend postupného poklesu hladiny podzemnej vody do roku 2017. V roku 2018 sa v máji a júni maximálna hladina priblíġila k maximálnym stavom, ktoré boli namerané na prelome mesiacov máj a jún v roku 2014 (tab. 4.2.6). Takisto minimálne hladiny boli namerané v decembri v roku 2018.



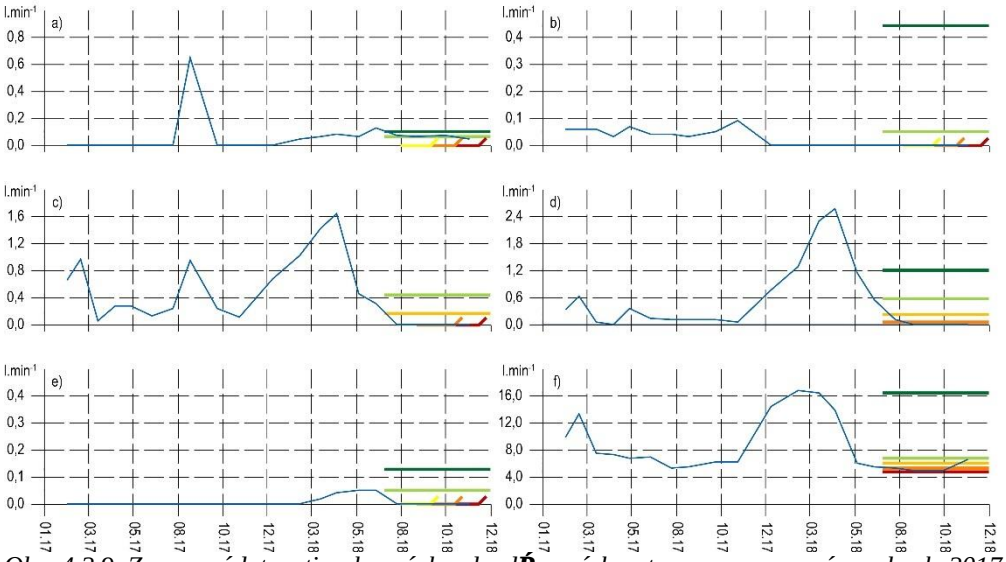
Obr. 4.2.8. Dlhodobé (2013 – 2018) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Kapušany. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte V-POZ-1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; červená línia – teplota podzemnej vody.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Kapušany je pozorovaných 7 odvodňovacích zariadení. Tieto merania sa o niekoľkoročnej pauze podarilo obnoviť v roku 2015 (tab. 4.2.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.2.7 a 4.2.8; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.2.4).

Tab. 4.2.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Kapušany v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
ST-1/1	10	0,65	28. 8. 17	0,00	8. 2. 17	0,07	0,65
ST-1/2	10	suchý					
ST-1/3	10	0,09	15. 11. 17	0,03	26. 4. 17	0,05	0,06
ST-2/1	10	0,96	1. 3. 17	0,05	29. 3. 17	0,39	0,91
ST-2/2	10	0,64	1. 3. 17	0,00	26. 4. 17	0,19	0,64
ST-2/3	10	kvapkanie					
ST-3	10	13,40	1. 3. 17	5,28	31. 7. 17	7,49	8,12



Obr. 4.2.9. Zmeny výdatnosti vybraných odvodňovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Kapušany, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – ST-1/1, b – ST-1/3 (RO: 25. 5. 15 – 26. 10. 16), c – ST-2/1 (max. hodnota výdatnosti počas RO:2,60 l.min^{-1}), d – ST-2/2, e – ST-2/3, f – ST-3 (RO: 30. 6. 15 – 26. 10. 16), červená – minimálna, tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.

V roku 2017 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, ktoré boli realizované v období od 8. februára do 15. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca na odvodňovacom zariadení ST-3 (13,40 l.min^{-1}). Maximálne prietoky sa vyskytovali prevažne v jarných mesiacoch aj vo vrtoch ST-2/2, ST-2/1. Vrty ST-1/2 bolo počas celého roka suchý

a vo vrte ST-2/3 bolo pozorované len kvapkanie. Najnižšie výdatnosti boli pozorované 31. júla. Počas tohto termínu klesla sumárna výdatnosť všetkých monitorovaných zariadení na 5,65 l.min^{-1}.

V roku 2017 dosiahla sumárna priemerná výdatnosť zo všetkých meraných objektov hodnotu 8,18 l.min^{-1}. V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa prakticky nezmenila, došlo len k veľmi miernemu poklesu, a to 0,14 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané na odvodňovacom zariadení ST-3 (8,12 l.min^{-1}).

Tab. 4.2.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Kapušany v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	výdat. [l.min^{-1}]
ST-1/1	10	0,13	27. 6. 18	0,00	10. 1. 18	0,06	0,13
ST-1/2	10	suchý					
ST-1/3	10						
ST-2/1	10	1,64	24. 4. 18	0,00	1. 8. 18	0,55	1,64
ST-2/2	10	2,56	24. 4. 18	0,00	30. 8. 18	0,87	2,56
ST-2/3	10	0,05	29. 5. 18	0,00	26. 11. 18	0,02	0,05
ST-3	10	16,80	22. 2. 18	4,87	17. 10. 18	9,46	11,93

Počas roka 2018, rovnako ako vlani, bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 10. januára do 26. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 22. februára na odvodňovacom vrte ST-3 (16,80 l.min^{-1}). Najnižšia výdatnosť v tomto vrte bola zaznamenaná 17. októbra s hodnotou 4,87 l.min^{-1} a priemerná výdatnosť dosiahla 9,46 l.min^{-1}. Vrt ST-1/2 bol počas celého roka suchý a vrt ST1/3 bol okrem dvoch prípadov, kedy bolo zistené len kvapkanie tiež väčšinu roka suchý. Vo vrte ST-2/2 maximálna výdatnosť dosiahla 2,56 l.min^{-1}, počas merania 24. apríla, pritom tri krát v roku bol suchý. Počas hodnoteného roku boli okrem vrtu ST-3 všetky vrty minimálne jedenkrát suché, resp. voda z nich len kvapkala. Vrt ST-1/2 bol počas celého roka suchý a vrt ST1/3 bol okrem dvoch prípadov, kedy bolo zistené len kvapkanie, tiež väčšinu roka suchý.

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 10,97 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 2,78 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte ST-3 (11,93 l.min^{-1}). Priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení v rokoch 2017 a 2018 sú znázornené na obr. 4.2.9.

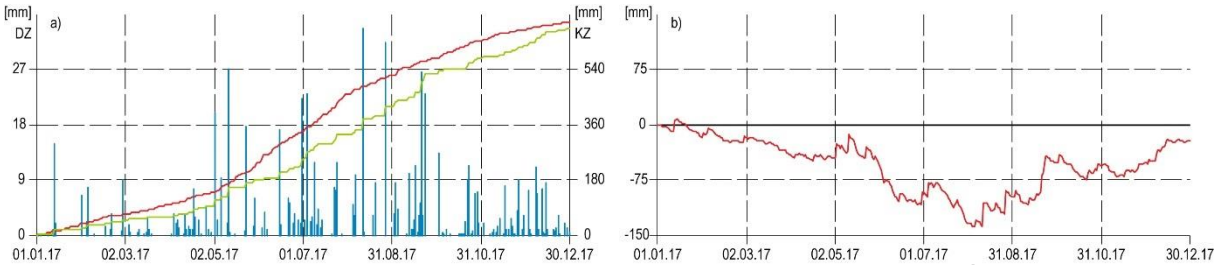
Pri hodnotení celého obdobia monitorovania možno konštatovať, že v roku 2018 boli namerané maximálne výdatnosti (prekročili dlhodobé maximá v prípade ST-3 [pôvodná maximálna výdatnosť 16,50 l.min^{-1} nameraná 1. marca 2016] a ST-2/2 [pôvodná maximálna výdatnosť 1,20 l.min^{-1} nameraná 1.marca 2016]). Priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení za dlhšie obdobie sú znázornené na obr. 4.2.10.



Obr. 4.2.10. Dlhodobé (2015 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti z odvodňovacích vrtov na lokalite Kapušany. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: ST-1/1, ST-1/2, ST-1/3, ST-2/1, ST-2/2, ST-2/3 a ST-3.

d/ Merania zrážkových úhrnov

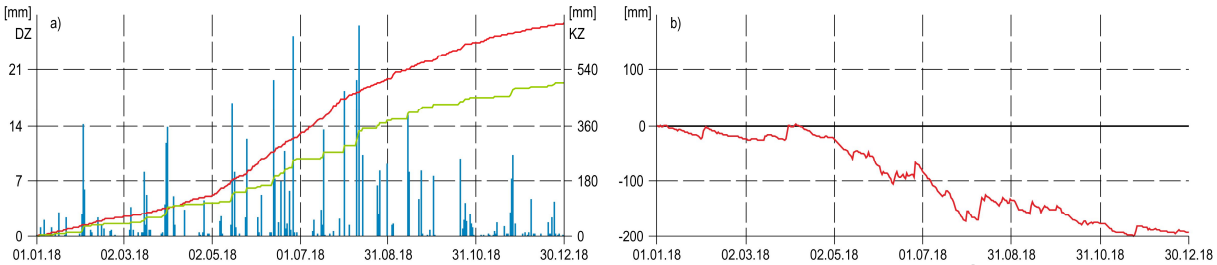
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Kapušany s indikatívom 59220 (obr. 4.2.11 a 4.2.12). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2006 do 31. decembra 2017 predstavuje 689,4 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 995,3 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 57,9 mm a maximálny mesačný úhrn 237,6 mm (júl 2008). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 5. mája 2010 do 4. júna 2010) dosiahol 291,4 mm.



Obr. 4.2.11. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Kapušany (indikatív 59220); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 670,2 mm, čo zodpovedá 96,97 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas septembra (103,0 mm) a najvyšší denný úhrn 12. augusta (33,6 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 16,4 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 24. augusta 2017 do 23. septembra 2017 (134,4 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 5. marca 2017 do 4. apríla 2017), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,9 mm.

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 497 mm, čo zodpovedá 72,09 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas augusta (103,4 mm) a najvyšší denný úhrn 11. augusta (26,6 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 11,1 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 15. júla 2018 do 14. augusta 2018 (98,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 3. februára 2018 do 5. marca 2018), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 7,7 mm.



Obr. 4.2.12. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Kapušany (indikatív 59220); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2018 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Kapušany boli v roku 2018 zabezpečené merania pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a režimové pozorovania v piezometrických a odvodňovacích vrtoch. Z výsledkov inklinometrických meraní vyplýva, že vo vrtoch INK-7 a INK-10 došlo v porovnaní s predchádzajúcim obdobím k miernemu nárastu pohybovej aktivity. Namerané vektory počas jednotlivých etáp sa nachádzali v intervale od 0,1 do 6,08 mm. Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná relatívne plytko pod terénom (1,45 m) vo vrte INK-9. Deformácie nad 4 mm boli namerané vo vrtoch INK-10, INK-12A, INK-2 a INK-3. Medzi nameranými vektormi prevládali juhovýchodné azimuty.

Kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody, v porovnaní s predchádzajúcom obdobím, bolo pomerne výrazné. Vo vrtoch V-POZ-10 a V-POZ-5 boli zaznamenané najnižšie stavy hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Vo vrte V-POZ-10 bolo namerané zároveň i najväčšie kolísanie v roku 2018 (2,08 m).

Pomerne výrazná amplitúda ročných zmien bola pozorovaná i vo vrte V-POZ-1 s automatickým hladinomerom. Najvyššia úroveň hladiny z prvej polovice apríla sa nachádzala v blízkosti dlhodobého maximálneho stavu a zároveň, minimálna hladina, zaznamenaná na konci decembra, prekročila minimálnu hladinu nameranú v predchádzajúcom období monitorovania.

Výdatnosti odvodňovacích zariadení sa dlhodobo pohybujú na nízkej úrovni. Priemerné hodnoty prietoku na odvodňovacích vrtoch ST-1 a ST-2 sa nachádzajú v intervale od 0,02 do 0,87 $l.min^{-1}$. Viacero vrtov v uvedených odvodňovacích systémoch je suchých, resp. voda z nich len kvapká. Jediné spoľahlivé odvodňovacie zariadenie je ST-3. Počas maximálnych prietokov odvádzalo 16,8 $l.min^{-1}$ a naopak, v čase minimálnych prietokov neklesla výdatnosť pod 4,8 $l.min^{-1}$. Priemerný prietok na tomto zariadení je 9,46 $l.min^{-1}$.

Zosuv v obci Kapušany ohrozuje veľké množstvo stavebných objektov, ale najmä obyvateľov obce. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú v nasledujúcom období monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s ĽMS – GF, predstavuje významný progres v oblasti využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a prenose údajov do centra monitoringu (ktorým je sídlo ŠGÚDŠ v Bratislave) prostredníctvom technológie IoT.

1.4.3. Lokalita Veľká Lúka

Stručná charakteristika lokality

Zosuvný svah sa nachádza v južnej časti intravilánu obce Veľká Lúka (okres Prievidza). Zosuvný pohyb sa v území prejavil počas rokov 1969, 1974 až 1975, 1985 a naposledy na jar roku 1995.

Monitorovacia sieť pozostáva z viacerých typov objektov (geodetické body, inklinometrické a piezometrické vrty, subhorizontálne odvodňovacie vrty). Systematické merania sa na lokalite vykonávajú od deväťdesiatych rokov.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, realizovaných v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.3.1.

Tab. 4.3.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Lúka v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Geodetické (terestrické)	18 pozorovaných 3 vzťažné	P2, 3, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29 F1, 2, 3	1 *(10. jún)*	1 *(17. november)*
Geodetické (GNSS)	5 pozorovaných 1 vzťažný	P13, 14, 17, 18, 19 F3	1 *(19. júl)*	1 *(12. jún)*
Inklinometrické	5	VÚ-1, 5, 9, 10, VE-4	1 – 2 *(31. marec, 2. október, 14. december)*	1 – 2 *(12. apríl, 5. december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	15	J-107, M-4, 8, 14, PO-1, 2, SČ-1, 2, VÚ-4 – 7, 11, 13, VE-4	49 *(1x za týždeň)*	50 *(1x za týždeň)*
	1	VÚ-8 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	7	VV-102, 103, 104, 107, 108, 109, 110	49 *(1x za týždeň)*	50 *(1x za týždeň)*
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Rázťoľno (indikatív 30100) Prievidza (indikatív 30120)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Geodetické merania

a1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní terestrickou metódou

V rokoch 2017 a 2018 sa pokračovalo ďalšou etapou geodetických meraní, ktoré sú na lokalite vykonávané už od roku 1975. V roku 2017 bola najväčšia pohybová aktivita nameraná v bode P2 (59,35 mm v polohovom smere – Fratria, 2017). Bod P2 sa nachádza v oblasti nad poľnohospodárskym družstvom a uvedená pohybová aktivita ohrozuje cestnú komunikáciu. Pohybová aktivita tejto oblasti začala akcelerovať krátko po lesnej ťažbe v oblasti nad

dotknutým územím. V tejto súvislosti vidíme možné prepojenie medzi odlesnením väčšej plochy územia a aktivizáciou zosuvného pohybu. Odlesnením územia došlo k strate evapotranspiračného potenciálu, ktorý existujúci les predstavoval. Na túto skutočnosť sme upozornili listom samosprávu obce. Na ostatných bodoch boli v roku 2017 namerané podstatne nižšie hodnoty pohybovej aktivity. Vektory väčšie ako 10 mm boli namerané v bodoch P16 (10,44 mm) a P3 (12,17). Prevládali však posuny do 1,5 mm (P18, P11, P14, P17, P22, P24, P13 a P29). V bodoch P28, P12, P23, P27, P26 a P19 boli namerané polohové zmeny v intervale od 2,24 do 8,60 mm.

Vo vertikálnom smere bol na bodoch P2, P3, P27, P17, P28, P24, P26, P22, P18 a P23 nameraný klesajúci pohyb v rozsahu od -10 do -1 mm a naopak, na bodoch P14, P19, P29, P13, P12, P11 a P16 boli namerané vzostupné pohyby v rozsahu do 2 do 12 mm.

Tab. 4.3.2. Výsledky geodetických (terestrických) meraní na lokalite Veľká Lúka v rokoch 2017 a 2018

Bod	30. 6. 16 – 10. 6. 17			10. 6. 17 – 17. 11. 18		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	polohové	výškové	priestorové	polohové	výškové	priestorové
P2	59,35	-10,00	60,19	31,78	-8,00	32,77
P3	12,17	-5,00	13,15	4,47	-2,00	4,90
P11	1,00	3,00	3,16	1,10	-2,00	2,28
P12	3,00	2,00	3,61	7,07	-46,00	46,54
P13	1,41	2,00	2,45	1,41	1,00	1,73
P14	1,00	0,00	1,00	8,06	0,00	8,06
P16	10,44	3,00	10,86	12,53	-7,00	14,35
P17	1,00	-4,00	4,12	11,40	-3,00	11,79
P18	0,00	-1,00	1,00	11,18	4,00	11,87
P19	8,60	0,00	8,60	21,10	-14,00	25,32
P22	1,00	-1,00	1,41	1,00	-3,00	3,16
P23	3,61	-1,00	3,74	5,00	-6,00	7,81
P24	1,41	-2,00	2,45	1,41	8,00	8,12
P26	4,24	-2,00	4,69	28,30	-9,00	29,70
P27	4,00	-4,00	5,66	3,16	4,00	5,10
P28	2,24	-3,00	3,74	1,41	3,00	3,32
P29	1,41	1,00	1,73	4,00	-13,00	13,60

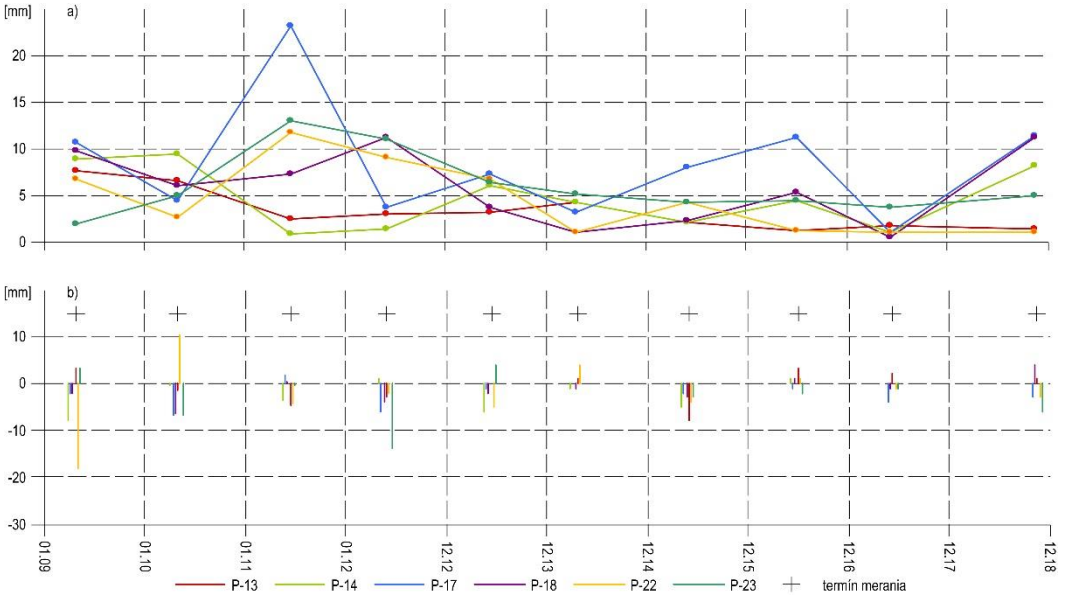
V roku 2018 (od 10. júna 2017 do 17. novembra 2018) boli hodnoty posuvu viac ako 10 mm namerané na viacerých bodoch. Najväčší posun, podobne ako v predchádzajúcej etape, vykazoval bod P2 (31,78 mm). Okrem tohto bodu bola vysoká hodnota posuvu aj na bode P26 (28,30 mm) a na bodoch P16, P17, P18 a P19 (od 11,18 mm do 21,10 mm), čo je až niekoľkonásobne viac ako v predchádzajúcej etape. Aj na bodoch P11, P12, P14, P23 a P29 boli namerané vyššie hodnoty posuvu ako v predchádzajúcej etape (od 1,00 do 8,06 mm).

Vo vertikálnom smere bol klesajúci pohyb nameraný na bodoch P2, P3, P11, P12, P16, P17, P19, P22, P23, P26 a P29 a naopak na bodoch P13, P18, P24, P27 a P28 bol nameraný vzostupný pohyb. Na viacerých bodoch s klesajúcim pohybom boli namerané výrazne vyššie hodnoty ako v predchádzajúcej etape; na bode P12 to bol pokles až o 46,00 mm, na bodoch P16, P19, P23, P26 a P29 pokles v hodnotách od 6,00 do 14,00 mm.

Na základe nameraných výsledkov možno konštatovať, že v období medzi jednotlivými termínmi meraní v rokoch 2017 a 2018 pokračuje vysoká pohybová aktivita na bode P2 v západnej časti nad poľnohospodárskym družstvom. Avšak aj v centrálnej časti boli namerané pohyby v polohovom a vertikálnom smere, ktoré predstavujú niekoľko násobne vyššie hodnoty oproti predchádzajúcej etape. Na bode P12 je to anomálna hodnota poklesu až o 46,00 mm, ktorú však treba overiť v nasledujúcej meranej etape. Na rozdiel od roku 2017, kedy sa centrálna a východná časť zosuvného územia nachádzala v relatívne stabilnom stave, merania v roku 2018 poukazujú na zvýšenie pohybovej aktivity v centrálnej časti. Hodnoty nameraných vektorov sú zhrnuté v tab. 4.3.2 a graficky vyjadrené na obr. 4.3.1.



Obr. 4.3.1. Lokalita Veľká Čausa – výsledky geodetických (terestrických) meraní za roky 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.3.2); obrysy zosuvov podľa Gmekovej a Martinčekovej et al. (2006), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.3.2. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov, zistené metódou terestrickej geodézie na lokalite Veľká Čausa (podľa Fraštiu, 2017 a 2018); a – polohové zmeny geodetického bodu, b – vertikálne zmeny geodetického bodu.

Na základe analýzy údajov, nameraných v centrálnej časti zosuvného územia počas obdobia rokov 2008 až 2018 je možné konštatovať, že po veľmi výrazných pohyboch, ktoré v predchádzajúcich desaťročiach v extrémnych prípadoch dosahovali sumárnu hodnotu viac ako 2 m (body P16 a P17), nastal v ostatných rokoch útlm pohybovej aktivity. Pohybová aktivita vybraných bodov geodetickej siete je vyjadrená na obr. 4.3.2.

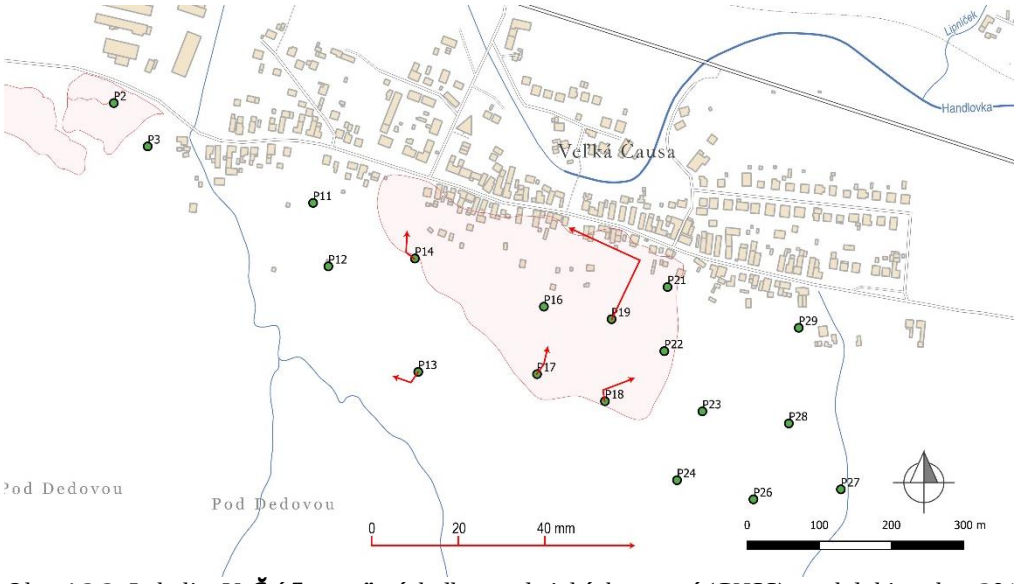
V období od roku 2009 do roku 2018 boli najväčšie polohové zmeny zaznamenané na bode P2 (107,94 mm v roku 2015; v roku 2018 to bola tiež vyššia hodnota ako 31,78 mm), na bode P20 (30,53 mm v roku 2012), na bode P26 (28,30 mm v roku 2018) a na bode P29 (29,96 mm v roku 2009).

Pri hodnotení vertikálnej zložky pohybu možno konštatovať, že na väčšine bodov prevládajú zostupné zmeny. Maximálne etapové rozdiely výšok boli zaznamenané na bodoch P21 (22,00 mm v roku 2012), P27 (33,70 mm v roku 2010) a P29 (v roku 2018). Na bode P12 je potrebné nameranú hodnotu 46,00 mm overiť v nasledujúcej etape merania.

a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní metódou GNSS

Na lokalite sa v rokoch 2017 a 2018 pokračovalo v meraniach metódou GNSS, ktoré sa tu vykonávajú od roku 2008. Počas rokov 2017 a 2018 boli celkovo vykonané 2 etapové merania (tab. 4.3.3).

V roku 2017 bola zvýšená pohybová aktivita nameraná v bode P19. V polohovom smere bol na geodetickom bode nameraný posun 15,23 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 16,02 mm.rok^{-1}. Zároveň boli na bode namerané aj pomerne vysoké posuny vo vertikálnom smere (vzostup až 13,1 mm; 13,78 mm.rok^{-1}). Na ostatných bodoch etapové posuny v polohovom smere nepresiahli 3 mm. Vo vertikálnom smere boli zvýšené hodnoty namerané len vo vrte P14 (pokles o 10 mm).



Obr. 4.3.3. Lokalita Veľká Čausa – výsledky geodetických meraní (GNSS) za obdobie rokov 2017 a 2018. Obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.3.3; mapový podklad: ZBGIS®.

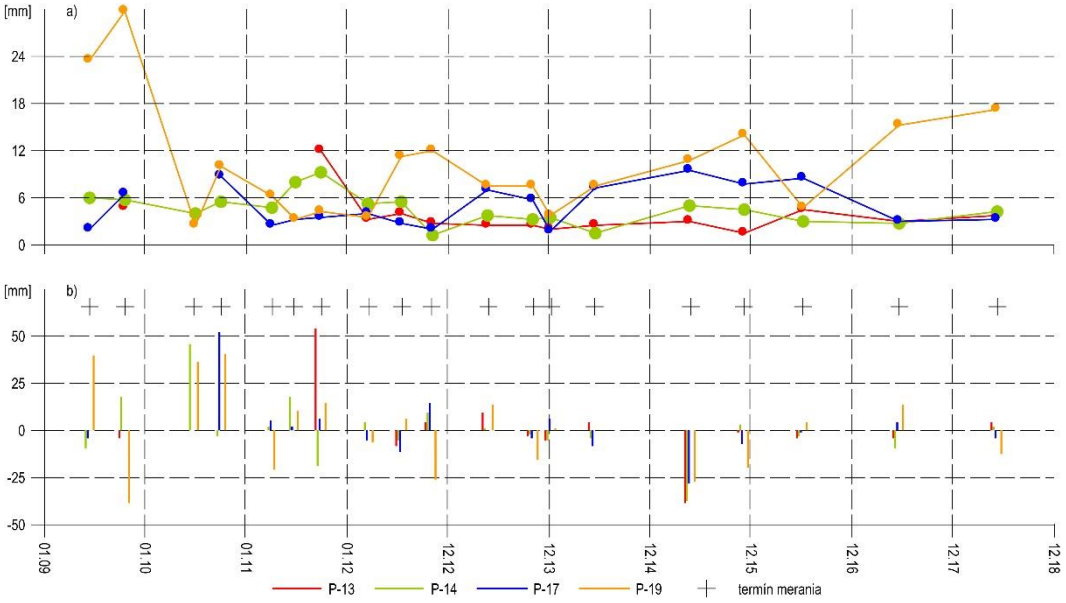
Tab. 4.3.3. Výsledky geodetických (GNSS) meraní na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2017 a 2018

Bod	7. 7. 16 – 19. 6. 17			19. 6. 17 – 12. 6. 18		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	polohové	výškové	priestorové	polohové	výškové	priestorové
P13	2,92	-5,10	5,87	3,52	3,70	5,10
P14	2,52	-10,00	10,31	4,00	1,70	4,35
P17	2,87	3,60	4,60	3,24	-4,80	5,79
P18	2,67	0,60	2,73	6,84	9,00	11,31
P19	15,23	13,10	20,09	17,15	-12,70	21,34

V roku 2018 bola, podobne ako v roku 2017, vyššia pohybová aktivita zaznamenaná na bode P19. V polohovom smere bol zaznamenaný posun 17,15 mm, čo predstavuje približne rovnakú rýchlosť pohybu ako v predchádzajúcom období (16,02 mm.rok^{-1} v roku 2017; 17,48 mm.rok^{-1} v roku 2018). Vo vertikálnom smere bola zaznamenaná hodnota -12,70 mm, čo

oproti predchádzajúcemu roku 2017, kedy bol zaznamenaný vzostup bodu, je zmena na hodnotu poklesu. RýchlosŠ poklesu tohto geodetického bodu v roku 2018 bola 12,95 mm.rok^{-1}. Na ostatných bodoch boli rýchlosti polohových a výškových zmien z etapového merania nižšie ako 10 mm.rok^{-1}.

Pri hodnotení dlhšieho obdobia je možné pozorovaŠ výraznejšie prejavy pohybovej aktivity v bode P19. Zmeny v tomto bode sa prejavujú ako v polohovom, tak i vo vertikálnom smere. Celkový útlm pohybovej aktivity nastal v roku 2012 (obr. 4.3.4). Táto zmena však môže súvisieŠ i so zmenou dĺžky observácie (z cca 0,5 hod na cca 5 až 6 hod), vďaka ktorej bola dosiahnutá vyššia presnosŠ určenia polohy bodu. Počas obdobia monitorovania (jún 2008 až jún 2018) došlo k najväčšiemu polohovému premiestneniu v bode P19 s hodnotou 32,7 mm, čo predstavuje posun s priemernou rýchlosŠou 5,9 mm.rok^{-1}. Najstabilnejším bodom, teda bodom s najmenšími nameranými zmenami počas monitorovaného obdobia, je P13 (obr. 4.3.4).



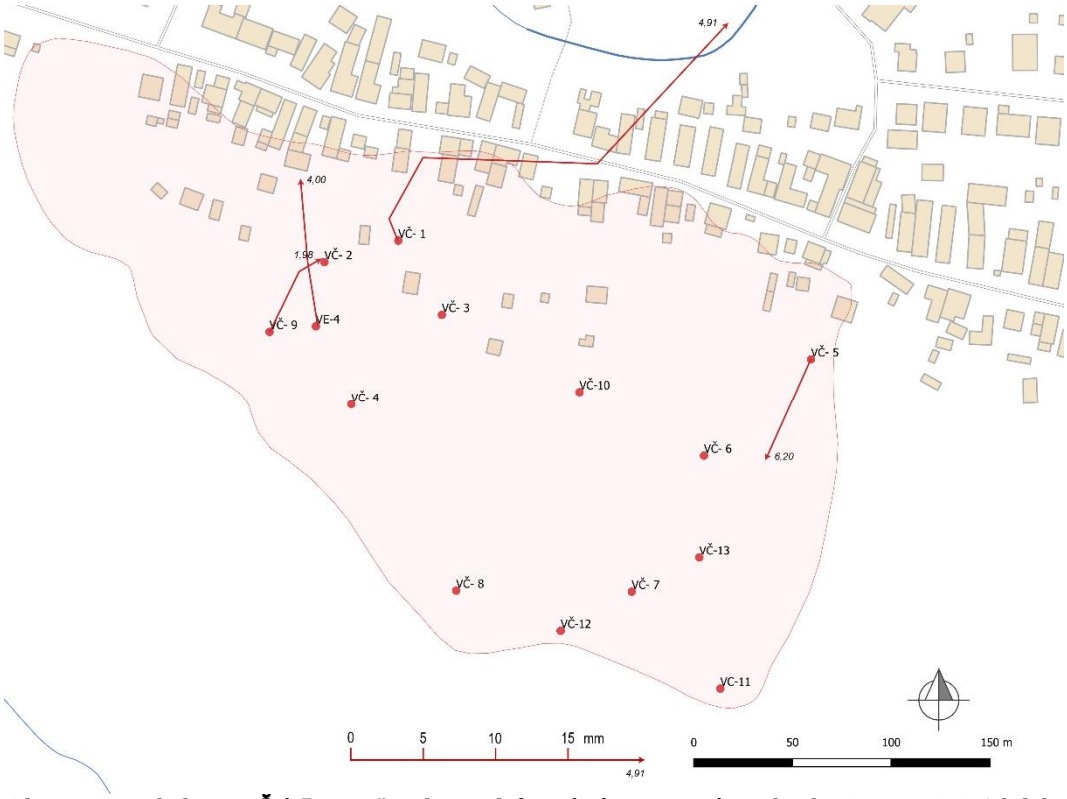
Obr. 4.3.4. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov, zistené metódou GNSS na lokalite Veľká Lúka; a – polohové zmeny geodetického bodu, b – vertikálne zmeny geodetického bodu.

b/ Inklinometrické merania

Na lokalite bola v druhej polovici deväŠdesiatich rokov vybudovaná pomerne hustá sieŠ inklinometrických vrtov (JadroŘ et al., 2001). V súčasnosti je z nej využívaná len malá časŠ. Jedným z dôvodov je, že vrty v najaktívnejších častiach zosuvu, v dôsledku vysokých deformácií inklinometrickej pažnice, sú nepriechodné pre inklinometrickú sondu. To znamená, že v oblastiach, ktoré možno považovaŠ za najaktívnejšie nie sú zabezpečované merania touto metódou. Z existujúcich priechodných vrtov bola na základe viacerých analýz spoľahlivosti monitorovacích objektov vytypovaná skupina vrtov, ktoré možno považovaŠ za vyhovujúce. Na týchto vrtoch sú aktuálne zabezpečované monitorovacie merania. ČasŠ vrtov, v prípade ktorých spôsob vystrojenia nevyhovoval technickým požiadavkám danej metódy, je od roku 2017 nemeraná.

V roku 2017 sa merania vykonávali na súženom súbore monitorovacích objektov. Merania sa uskutočnili v piatich vrtoch, a to prevažne počas jednej etapy, len v prípade vrtu VČ-1 boli zabezpečené dve etapy meraní. Z nameraných výsledkov vyplýva, že najvyššia hodnota pohybovej aktivity bola nameraná vo vrte VČ-5. Počas obdobia od 2. novembra 2016 do 14. decembra 2017 bola v hĺbke 6,2 m pod terénom nameraná deformácia 7,12 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosŠ 6,37 mm.rok^{-1}. Azimut nameraného vektora, podobne ako

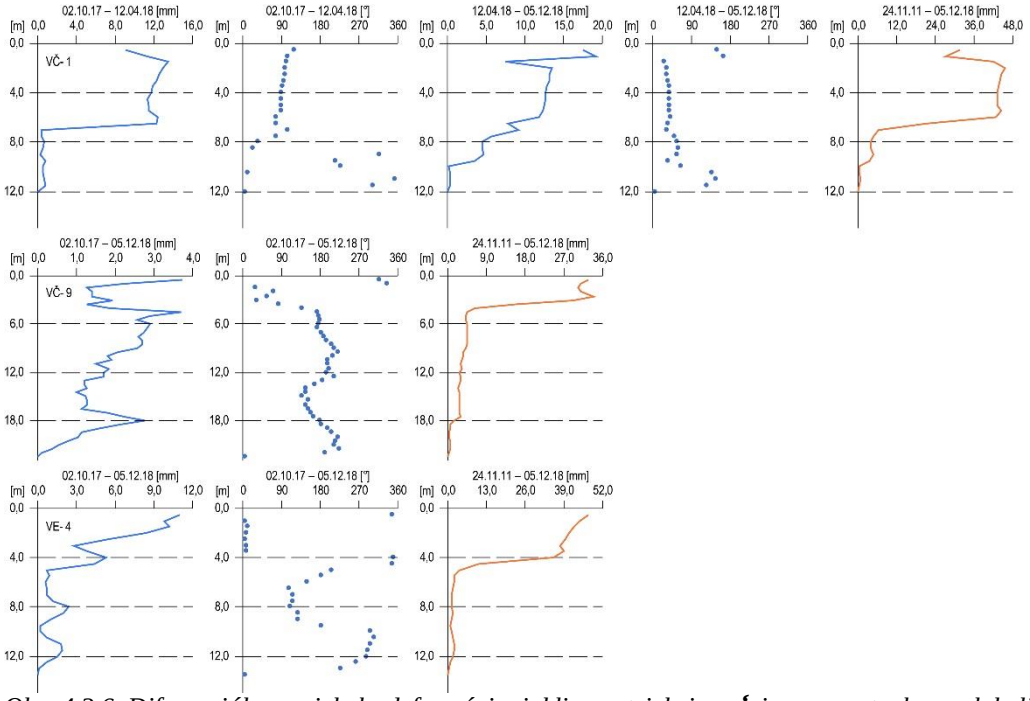
v roku 2016, je orientovaný na juh, teda v rozpore so spádnicou svahu. Z priebehu deformácie v profile vrtu nie je možné jednoznačne definovať hĺbku šmykovej plochy.



Obr. 4.3.5. Lokalita Veľká Lúka – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.3.5; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Jadroňa a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.

Vo vrte VČ-1 bola počas jarnej etapy nameraná deformácia 1,57 mm (3,82 mm.rok^{-1}) a počas jesennej etapy 4,61 mm (9,09 mm.rok^{-1}). Ikeď hodnoty azimutov v uvedenom horizonte kolíšu od severozápadu na severovýchod, generálny smer deformácie má severo-severovýchod smer. Výsledná deformácia zaznamenaná na šmykovej ploche v období od 24. novembra 2011 do 2. decembra 2017 dosiahla 26,35 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,50 mm.rok^{-1}. Podobné hodnoty deformácií (od 3,86 do 4,43 mm) boli namerané vo vrtoch VČ-6, VČ-9 a VE-4. Azimuty jednotlivých vektorov mali prevažne severnú (severo-severovýchodnú, ale aj severo-severozápadnú) orientáciu.

V roku 2018 boli monitorovacie merania zabezpečené vo vrtoch VČ-1, VE-4 a VČ-9. Vo vrtoch VE-4 a VČ-9 bolo vykonané jedno meranie a vo vrte VČ-1 boli realizované dve merania (jarná a jesenná etapa). Z meraní vykonaných v jednotlivých objektoch vyplýva, že najväčšie deformácie sú sústredené do oblasti čela zosuv (vrt VČ-1). Počas jarnej etapy, ktorá trvala od 2. októbra 2017 do 12. apríla 2018, bol v hĺbke 4,91 m pod terénom nameraný prírastok deformácie s hodnotou 11,52 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 21,91 mm.rok^{-1} (azimut 92°). Následne, počas jesennej etapy, ktorá bola zrealizovaná v prvej polovici decembra, bol nameraný vektor 12,4 mm (19,09 mm.rok^{-1}) s azimutom 43°. Na hlbšej šmykovej ploche, v hĺbke 5,41 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor 11,84 mm (priemerná rýchlosť 18,24 mm.rok^{-1}) s azimutom 46°. Celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche (4,91 m pod terénom) v období od nultého (24. november 2011) do aktuálneho etapového merania (5. december 2018) dosiahla 44,3 mm, čo v prepočte na priemernú rýchlosť prestavuje 6,3 mm.rok^{-1}.



Obr. 4.3.6. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Veľká Lúka (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Tab. 4.3.4. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Veľká Lúka v rokoch 2017 a 2018

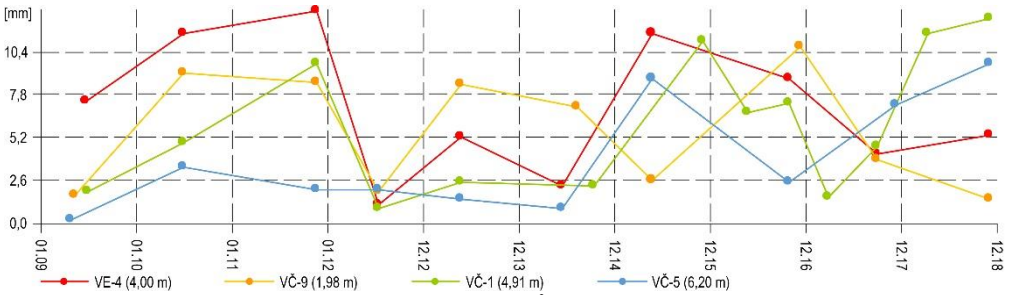
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	2. 11. 16 – 31. 3. 17			31. 3. 17 – 2. 10. 17			2. 10. 17 – 12. 4. 18			12. 4. 18 – 5. 12. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VĽ-1	4,91	21,80	1,57	338	26,35	4,61	29	31,91	11,52	92	44,30	12,40	43
VĽ-1	5,41	18,73	1,17	295	22,90	4,25	32	31,20	12,47	81	43,03	11,84	46
VĽ-5	6,20				1,77[1]	7,12[1]	204[1]						
VĽ-6	13,35				8,11[1]	4,43[1]	26[1]						
VĽ-9	1,98				33,09	3,86[3]	5[3]				33,81	1,41[2]	60[2]
VE-4	4,00				30,40	4,22[4]	351[4]				35,68	5,28[2]	355[2]

CD – celková deformácia od nultého merania (24. 11. 11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 2. 11. 16 – 14. 12. 17; [2] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 2. 10. 17 – 5. 12. 18; [3] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 16. 12. 16 – 2. 10. 17; [4] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 2. 11. 16 – 2. 10. 17.

Zvýšená pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte VE-4 v hĺbke 4 m pod terénom. Na sledovanej šmykovej ploche bol v období od zaľadnenia októbra 2017 do zaľadnenia decembra 2018 nameraný vektor 5,28 mm (4,49 mm.rok^{-1}) s azimutom na sever. Celková deformácia na šmykovej ploche počas monitorovaného obdobia (od 24. novembra 2011 do 5. decembra 2018 dosiahla 35,68 mm (5,07 mm.rok^{-1}). Najväčšia pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte VĽ-9. V sledovanej hĺbke 1,98 m pod terénom bola počas jesennej etapy nameraná deformácia 1,41 mm (1,2 mm.rok^{-1}; 60°; celková deformácia na sledovanej šmykovej ploche – 33,81 mm; priemerná rýchlosť – 4,8 mm.rok^{-1}).

Z dlhodobého hľadiska bolo možné do roku 2011 pozorovať nárast pohybovej aktivity (obr. 4.3.7). V roku 2012 sa táto situácia zmenila (v súvislosti so stabilitne priaznivými pomermi – nízke zrážkové úhrny v roku 2011 – došlo k poklesu pohybovej aktivity na šmykových plochách). Opätovný nárast pohybovej aktivity (prakticky vo všetkých sledovaných

horizontoch) bol pozorovaný postupne v rokoch 2013 a 2014, ale k jeho akcelerácii došlo najmä v roku 2015 (tab. 4.3.7). Aktuálne najnepriaznivejší vývoj je v oblasti vrtu VĽ-1.



Obr. 4.3.7. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Veľká Ľausa v období rokov 2009 až 2018.

c/ Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody

c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Veľká Ľausa sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 15 vrtoch (tab. 4.3.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.3.5 a 4.3.6). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za roky 2017 a 2018 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.3.9. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za obdobie posledných desiatich rokov znázorňuje obr. 4.3.10.

V roku 2017 merania vykonávali v 15 monitorovacích objektoch. Zabezpečených bolo prevažne 49 kontrolných meraní, ktoré boli vykonávané od 7. januára do 29. decembra. Vo vrtoch SĽ-2 a VĽ-5, ku ktorým je obmedzený prístup, bolo vykonaných 20 meraní.

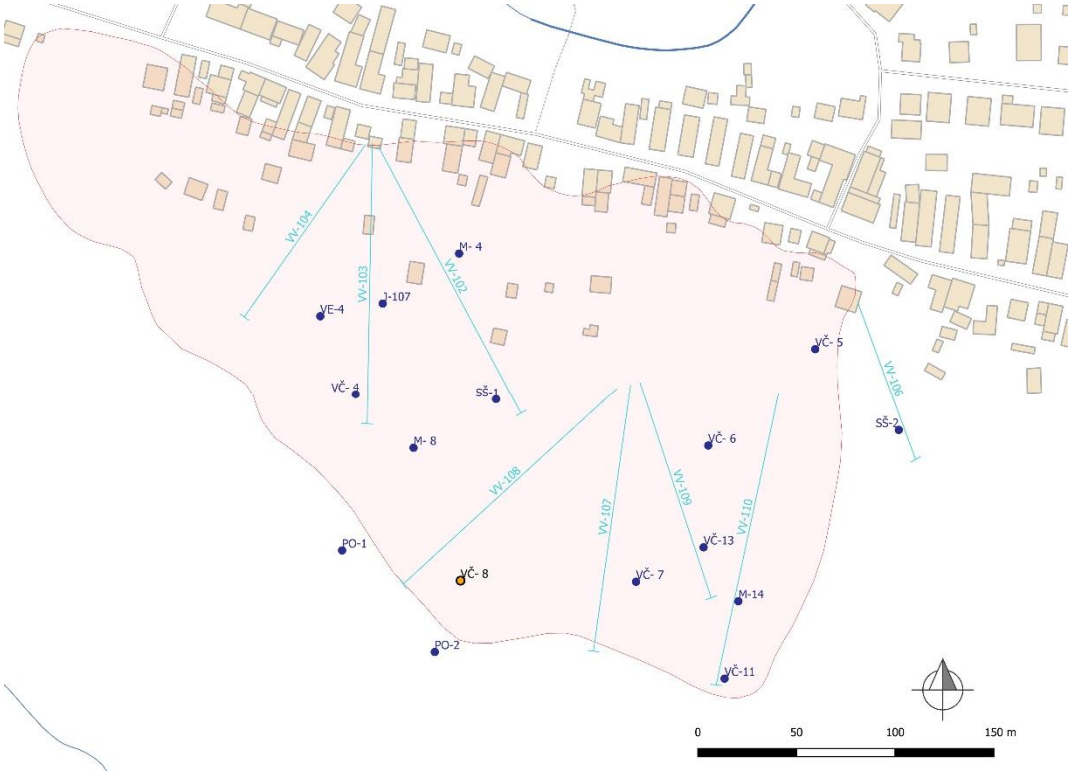
Najvyššia úroveň hladiny podzemnej vody bola opätovne nameraná v piezometrickom vrte PO-1 (preliv cez ústie pažnice i 0,80 m nad terénom; 334,83 m n. m.). Tento mimoriadne nepriaznivý stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný počas dvoch meraní v prvej polovici februára. Nad úroveň terénu vzlak hladina podzemnej vody vystupovala i počas ďalších 31 meraní (od 0,01 do 0,7 m nad terénom). Pod úroveň terénu klesla piezometrická výška hladiny podzemnej vody v tomto vrte na konci letného obdobia a udržala sa tam do začiatku decembra (najhlbšie 0,11 m pod terénom; 30. október). Priemerná hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody v tomto vrte v roku 2017 dosiahla 0,15 m nad terénom, čo je v porovnaní s dlhodobým priemerom pokles o 0,15 m.

Tab. 4.3.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Veľká Ľausa v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n.m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n.m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n.m.]	
J-107	49	1,11	322,18	30. 4. 17	6,05	317,24	21. 10. 17	3,58	319,71	4,94
M-4	49	1,57	316,51	29. 12. 17	5,92	312,16	29. 1. 17	4,88	313,20	4,35
M-8	49	0,49	328,80	30. 4. 17	1,99	327,30	3. 9. 17	1,01	328,28	1,50
M-14	49	0,34	334,61	30. 4. 17	4,71	330,24	30. 10. 17	2,42	332,53	4,37
PO-1	49	-0,80	334,83	5. 2. 17	0,11	333,92	30. 10. 17	-0,15	334,18	0,91
PO-2	49	0,88	338,68	30. 4. 17	2,66	336,90	8. 10. 17	2,08	341,64	1,78
SĽ-1	49	1,01	326,98	30. 4. 17	5,09	322,90	30. 10. 17	3,40	324,59	4,08
SĽ-2	20	2,13	319,44	30. 4. 17	suchý					
VĽ-4	49	6,07	321,25	27. 2. 17	9,26	318,06	18. 3. 17	7,45	319,87	3,19
VĽ-5	20	4,65	313,79	13. 5. 17	7,56	310,88	29. 8. 17	6,85	311,59	2,91
VĽ-6	49	13,61	312,76	27. 2. 17	14,58	311,79	30. 11. 17	14,16	312,21	0,97
VĽ-7	49	3,61	331,90	27. 2. 17	5,75	329,76	29. 7. 17	4,75	330,76	2,14
VĽ-11	49	5,86	332,95	27. 2. 17	7,56	331,25	30. 11. 17	6,70	332,11	1,70
VĽ-13	49	0,36	332,65	30. 4. 17	6,36	326,65	30. 10. 17	3,85	329,16	6,00
VE-4	49	13,59	309,19	7. 1. 17	14,59	308,19	9. 4. 17	13,66	309,12	1,00

Do blízkosti terénu vystúpila hladina podzemnej vody aj vo vrtoch M-14, VĽ-13 a M-8 (0,34 – 0,49 m pod terénom). Maximálne stavy boli dosahované prevažne počas dvoch termínov. Až v 7 vrtoch bol maximálny stav zaznamenaný na konci apríla a v štyroch vrtoch na konci februára. Namerané maximálne hladiny podzemnej vody v dvoch prípadoch prekročili najvyššie úrovne namerané v predchádzajúcom období monitorovania. Ide o vrty SĽ-2 (2,13 m pod terénom; prekonaný bol maximálny stav zo dňa 24. februára 2013 s hodnotou 2,38 m pod terénom) a VĽ-5 (4,56 m pod terénom; prekonaný bol maximálny stav zo dňa 22. augusta 2010 s hodnotou 5,33 m pod terénom).

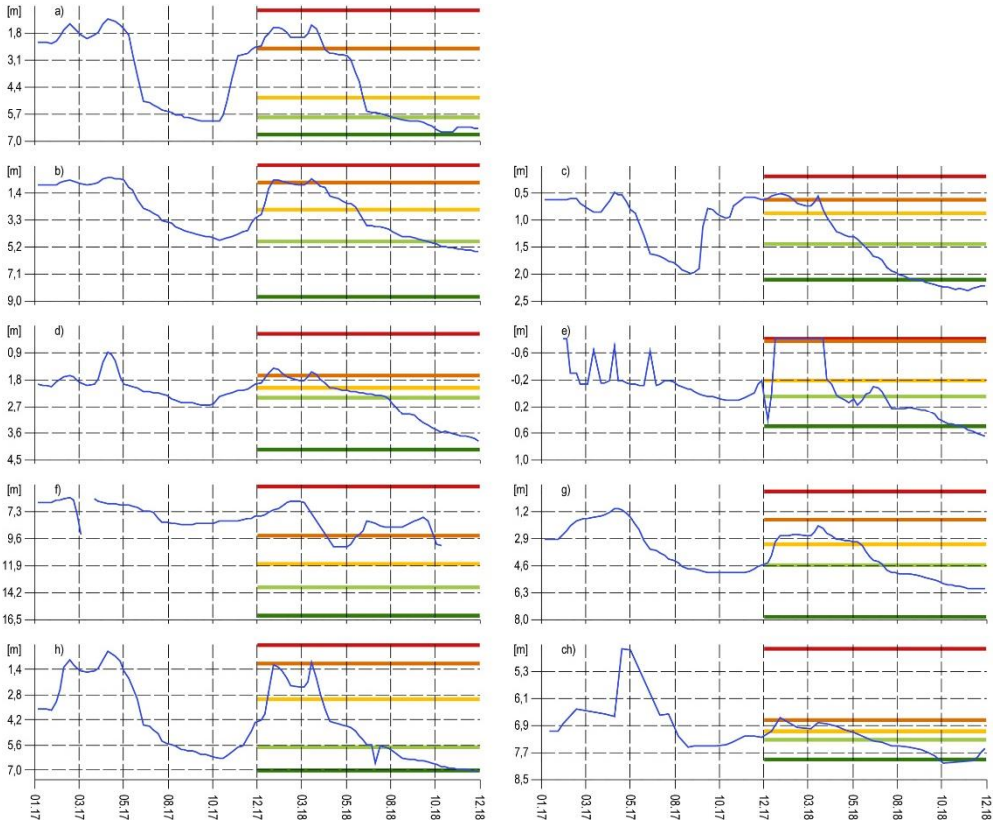
Minimálne hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch vyskytovali priebežne počas celého roku, výraznejšie však v jeho druhej polovici, najčastejšie v októbri (v 6 vrtoch). Najhlbšie hladiny podzemnej vody boli namerané vo vrtoch VĽ-6 (14,58 m pod terénom; 311,79 m n. m.) a VE-4 (14,59 m pod terénom; 308,19 m n. m.). Vrt SĽ-2 bol počas 6 meraní suchý. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2017 dosiahla hĺbku 5,33 m pod terénom. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od -0,15 (vrt PO-1) do 14,16 m pod terénom (vrt VĽ-6). Najväčšie namerané kolísanie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte VĽ-13 (6,00 m). Vzhľadom na skutočnosť, že vrt SĽ-2 bol počas roka 2017 dlhšiu dobu suchý, predpokladáme, že kolísanie v tomto vrte dosiahlo viac ako 7 m.



Obr. 4.3.8. Lokalita Veľká Lehota – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty: modré – merané pozorovateľom, oranžové – s automatickými hladinomermi; objekty označené ako modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2018 bolo zabezpečených 52 kontrolných meraní (3. január – 30. december) na rovnakom počte vrtov ako v predchádzajúcom roku. Maximálna hladina podzemnej vody, rovnako ako po minulé roky, bola zaznamenaná vo vrte PO-1 (0,80 m nad terénom – preliv cez ústie pažnice; 334,83 m n. m.). Preliv hladiny podzemnej vody cez ústie pažnice bol vo vrte pozorovaný od 20. januára do 14. apríla, teda počas 11 meracích etáp. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa v ostatných vrtoch nachádzali v intervale od 0,44 (M-14) až do 13,9 m pod

terénom (VĽ-6). Vyskytovali sa prevažne v zimnom období (28. januára) resp. zaľiatkom jarného obdobia (31. marec). Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte VĽ-6. Nameraná minimálna hladina podzemnej vody, zo dňa 28. decembra, dosiahla 14,34 m pod terénom. Minimálne hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch vyskytovali prevažne v jesennom (od druhej polovice októbra do zaľiatku decembra) a zimnom období (na konci decembra). Vrt SĽ-2 bol znaľ nú ľ asŠ monitorovaného obdobia suchý ï 17-krát).

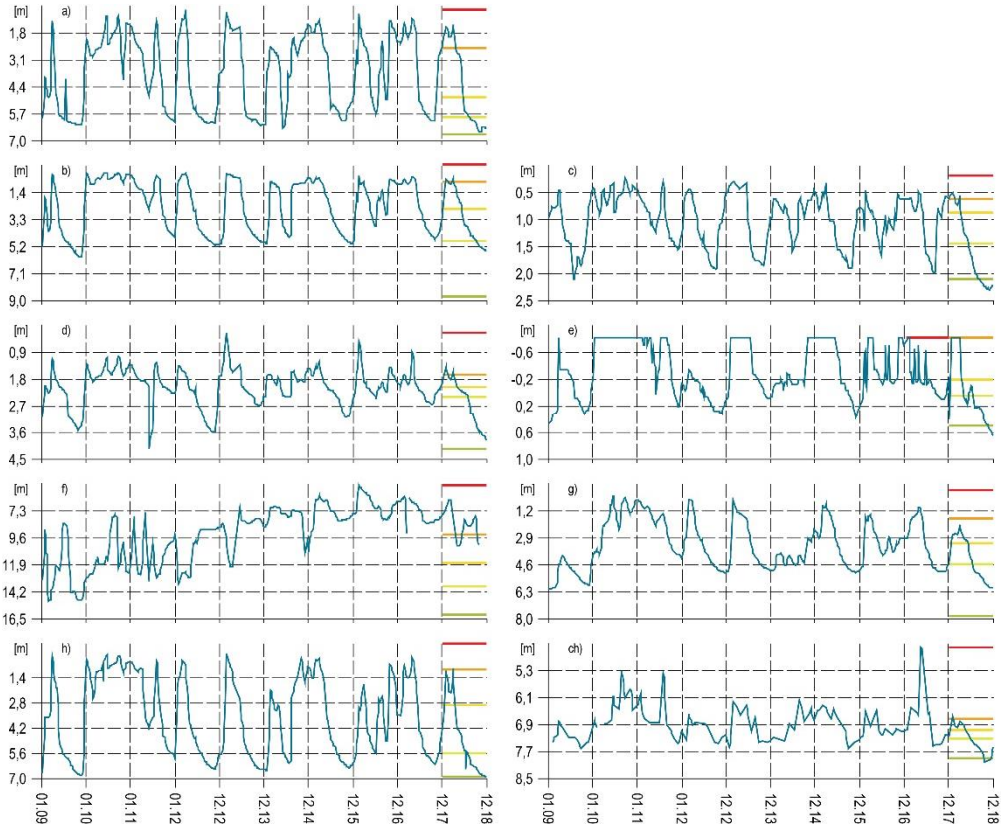


Obr. 4.3.9. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Veľká Ľausa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie ï RO): a ï J-107 (RO: 3. 5. 95 ï 29. 12. 17), b ï M-14, c ï M-8 (29. 3. 97 ï 29. 12. 17), d ï PO-2, e ï PO-1 (RO: 4. 8. 07 ï 29. 12. 17), f ï VĽ-4 (RO: 11. 5. 95 ï 29. 12. 17), g ï SĽ-1 (RO: 3. 5. 95 ï 29. 12. 17), h ï VĽ-13 (RO: 29. 3. 97 ï 29. 12. 17), ch ï VĽ-5 (RO: 27. 4. 95 ï 29. 12. 17), červená ï maximálna, zelená ï minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená ï 1. kvartil, žltá ï 2. kvartil, oranžová ï 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Tab. 4.3.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Veľká Ľausa v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n.m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n.m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n.m.]	
J-107	50	1,45	321,84	31.03.18	6,60	316,69	29.10.18	4,37	318,92	5,15
M- 4	46	2,12	315,96	07.01.18	5,92	312,16	03.06.18	5,26	312,82	3,80
M- 8	50	0,51	328,78	28.01.18	2,32	326,97	01.12.18	1,55	327,74	1,81
M-14	50	0,44	334,51	31.03.18	5,54	329,41	28.12.18	3,15	331,80	5,10
PO-1	50	-0,20	334,23	14.04.18	2,71	331,32	14.01.18	0,31	333,72	2,91
PO-2	50	1,41	338,15	28.01.18	3,87	335,69	28.12.18	2,54	337,02	2,46
SĽ-1	50	2,13	325,86	31.03.18	6,09	321,90	28.12.18	4,27	323,72	3,96
SĽ-2	28	7,43	314,14	28.01.18	suchý					
VĽ- 4	46	6,42	320,90	24.02.18	10,26	317,06	06.05.18	8,41	318,91	3,84
VĽ- 5	24	6,69	311,75	28.01.18	8,03	310,41	21.10.18	7,34	311,10	1,34
VĽ- 6	50	13,90	312,47	28.01.18	14,75	311,62	28.12.18	14,34	312,03	0,85
VĽ- 7	50	4,38	331,13	28.01.18	6,65	328,86	29.10.18	5,24	330,27	2,27
VĽ-11	50	4,65	334,16	14.04.18	7,82	330,99	28.12.18	7,08	331,73	3,17
VĽ-13	50	1,01	332,00	31.03.18	7,01	326,00	28.12.18	4,91	328,10	6,00
VE-4	50	13,61	309,17	28.01.18	13,83	308,95	01.12.18	13,71	309,07	0,22

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2018 dosiahla hĺbku 6,00 m pod terénom, čo je oproti roku 2017 pokles o 0,67 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,31 (vrt PO-1) do 14,34 m pod terénom (vrt VĽ-6). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VĽ-13 (6,00 m). V roku 2018 boli vo vrtoch M-8, PO-1, VĽ-5 a VĽ-13 dosiahnuté alebo prekročené dlhodobé minimálne hodnoty hladiny podzemnej vody.



Obr. 4.3.10. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Veľká Čausa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – J-107 (RO: 3. 5. 95 – 29. 12. 17), b – M-14, c – M-8 (29. 3. 97 – 29. 12. 17), d – PO-2, e – PO-1 (RO: 4. 8. 07 – 29. 12. 17), f – VĽ-4 (RO: 11. 5. 95 – 29. 12. 17), g – SĽ-1 (RO: 3. 5. 95 – 29. 12. 17), h – VĽ-13 (RO: 29. 3. 97 – 29. 12. 17), ch – VĽ-5 (RO: 27. 4. 95 – 29. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Z dlhodobého hľadiska majú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pomerne pravidelný režim, ktorý súvisí so striedaním ročných období. Výnimku predstavuje rok 2010, kedy sa hladiny podzemnej vody držali pomerne vysoko počas celého roka. Dlhodobo najvyššie vystupuje hladina podzemnej vody vo vrtoch PO-1 a 2 a M-14. V roku 2010 vo vrte PO-1 bol prakticky počas všetkých meraní pozorovaný preliv. V posledných rokoch hladina podzemnej vody vystúpila k úrovni terénu i vo vrte M-14.

c2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickým hladinomerom

Na lokalite Veľká Čausa boli v minulosti merania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi realizované v troch vrtoch (AH-1, VĽ-2 a VĽ-8), v súčasnosti, v súvislosti s technickými problémami vo vrte AH-1 a ukončením monitorovania zmien hĺbky hladiny (v terasových sedimentoch, prekrytých zosuvným delúviom) vo vrte VĽ-2 je kontinuálny monitoring najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody

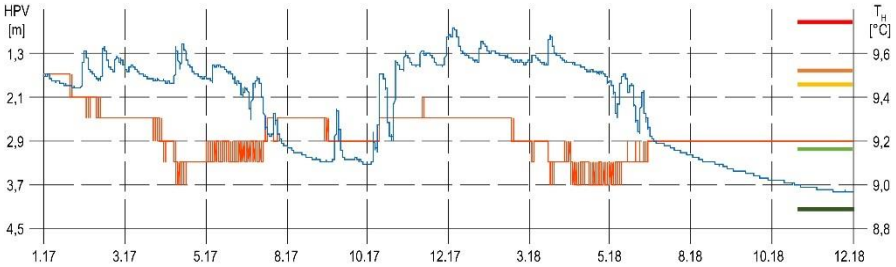
zabezpeľovaný len vo vrte VĽ-8. Vrt sa nachádza v centrálnej a zároveň najaktívnejšej časti zosuvného územia (obr. 4.3.8).

Vo vrte VĽ-8 v roku 2017 bola minimálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 3,33 m pod terénom (332,87 m n. m.) počas 20. októbra. Naopak, najvyššie vystúpila 31. decembra, na úroveň 0,98 m pod terénom (335,22 m n. m.; tab. 4.3.7). Hladina podzemnej vody mala počas prvých deviatich mesiacov klesajúci charakter. Zmeny hladiny podzemnej vody, väčšinou vzostupného charakteru, boli výsledkom výdatnejších zrážkových úhrnov. Najvýraznejší vzostup hladiny bol zaznamenaný až v druhej polovici októbra a trval až do konca roka. Bola to reakcia na zrážkové úhrny, zaznamenané v druhej polovici októbra. Vzhľadom na vývoj klimatických faktorov v predchádzajúcom období je možné predpokladať, že monitorovaná oblasť sa nasycovala už od septembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 2,07 m pod terénom (334,13 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 pokles o 0,19 m. Amplitúda ročných zmien v hodnotenom roku dosiahla 2,35 m. V porovnaní s rokom 2016 došlo teda k miernemu ustáleniu jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,08 m.deň$^{-1}$. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,33 m (čo je 14,04 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 2,8 m pod terénom, 2. kvartil 1,79 m pod terénom a 3. kvartil 1,56 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody s hodnotou 9,5 °C bola nameraná 1. januára a naopak, najnižšia teplota s hodnotou 9,0 °C 29. apríla. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 9,26 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla 0,50 °C.

Tab. 4.3.7. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Veľká Lúka v roku 2017

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VĽ-8	8760	0,98	335,22	31. 12. 17	3,33	332,87	20. 10. 17	2,07	334,13	2,35



Obr. 4.3.11. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2017 a 2018, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Veľká Lúka. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte VĽ-8. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznačené na ľavej strane grafu – štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od 23. apríla 2008 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás – minimálna hĺbka HPV, zelený pás – 1. kvartil, žltý pás – 2. kvartil, oranžový pás – 3. kvartil, červený pás – maximálna HPV.

V roku 2018 bola minimálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 3,85 m pod terénom (332,35 m n. m.) počas 18. decembra. Naopak, najvyššie vystúpila 23. apríla, na úroveň 0,82 m pod terénom (335,38 m n. m.; tab. 4.3.8). Hladina podzemnej vody mala počas celého roka klesajúci charakter. Zmeny hladiny podzemnej vody vzostupného charakteru boli výsledkom výdatnejších zimných a jarných zrážkových úhrnov. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 2,51 m pod terénom (334,13 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2017 pokles o 0,44 m. Amplitúda ročných zmien v hodnotenom roku dosiahla 3,03 m.

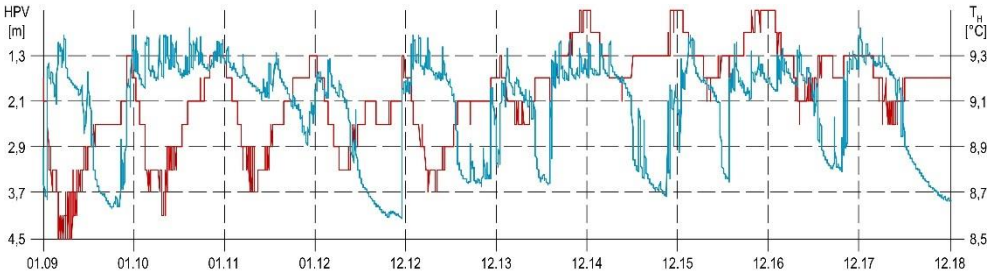
Prvý kvartil z nameraných hĎbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,52 m pod terénom, 2. kvartil 2,82 m pod terénom a 3. kvartil 1,46 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody s hodnotou 9,3 °C bola nameraná 1. januára a naopak, najniţšia teplota s hodnotou 9,0 °C 1. apríla. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 9,2 °C.

Tab. 4.3.8. Výsledky merania hĎbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite VeĽká Ļubina v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VĽ-8	8760	0,82	335,38	5. 1. 18	3,85	332,35	18. 12. 18	2,51	333,69	3,03

Pri hodnotení dlhšieho obdobia (10 rokov – obr. 4.3.12) moţno pozorovať pomerne pravidelný ročný cyklus zmien hĎbok hladiny podzemnej vody. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytujú prevaţne na konci prvého a počas druhého štvrťroku. Výnimkou sú roky 2010 a 2011, kedy vplyvom nadpriemerných zráţkových úhrnov z roku 2010 (zaznamenaných v mesiacoch máj a jún) hladiny podzemnej vody počas celého roka dosahovali relatívne vysokú úroveň.



Obr. 4.3.12. Priebeh dlhodobých (2009 – 2018) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickým hladinomerom na lokalite VeĽká Ļubina. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte VĽ-8 (modrá – priebeh zmien hĎbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite VeĽká Ļubina je pozorovaných sedem odvodňovacích zariadení (tab. 4.3.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.3.9 a 4.3.10; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.3.8). V roku 2017 bolo zabezpečených 49 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 7. januára do 29. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná, podobne ako v predchádzajúcom roku, v odvodňovacom vrte VV-108 (12,00 $l.min^{-1}$) počas 7. januára. Rovnaká úroveň prietoku bola vo vrte zachovaná do prvej polovice mája, kedy následne došlo k poklesu na hodnotu 6,00 $l.min^{-1}$. Tento prietok sa konštantne udrţal do konca októbra, kedy došlo k vzostupu na hodnotu 12,00 $l.min^{-1}$. Priemerná hodnota výdatnosti v roku 2017 v tomto vrte dosiahla 9,13 $l.min^{-1}$. Z obrázku 4.3.13 vyplýva, ţe namerané prietoky v uvedenom vrte dosahovali dlhodobé maximálne hodnoty výdatnosti, zaznamenané počas predchádzajúceho obdobia monitorovania. Pomerne vysoká výdatnosť bola nameraná aj v druhej polovici novembra na odvodňovacom vrte VV-110. Hodnoty výdatnosti sa v roku 2017 v tomto vrte pohybovali prevaţne v intervale nultého aţ prvého kvartilu. V auguste bola vo vrte zároveň nameraná najniţšia hodnota výdatnosti za celé monitorované obdobie (6,32 $l.min^{-1}$).

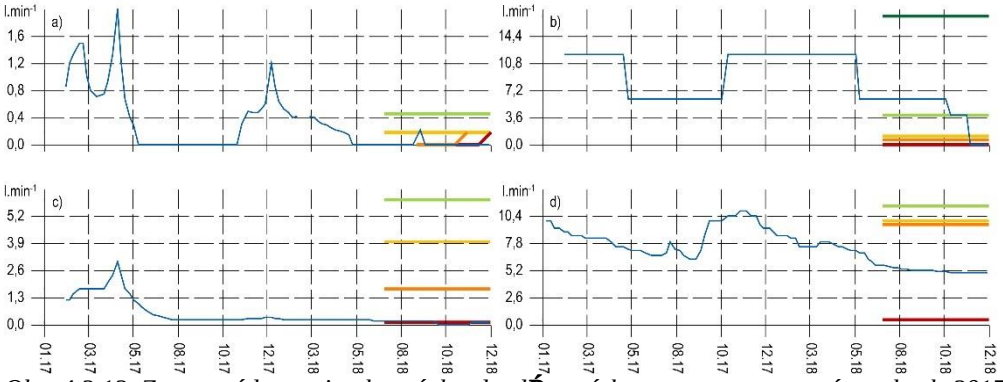
Pri komplexnom hodnotení dosiahnutých maximálnych prietokov z odvodňovacích zariadení je moţné konštatovať, ţe ich výskyt bol viazaný prevaţne na jarné (vrty: VV-109, VV-103, VV-104) a zimné (vrty: VV-102, VV-107) obdobie. Najvyššia hodnota spoločnej

výdatnosti bola zaznamenaná na konci apríla s hodnotou 25,59 l.min^{-1}. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 18,92 l.min^{-1}, čo je v porovnaní z rokom 2016 pomerne výrazný vzostup, a to až o 6,76 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané, podobne ako po minulé roky, vo vrte VV-110 (4,59 l.min^{-1}).

Tab. 4.3.9. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Veľká Lúka v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
VV-102	49	0,40	27. 2. 17	0,00	27. 3. 17	0,05	0,40
VV-103	49	2,00	30. 4. 17	0,00	23. 7. 17	0,43	2,00
VV-104	49	1,09	30. 4. 17	0,00	27. 5. 17	0,06	1,09
VV-107	49	0,00	5. 2. 17	0,00	5. 2. 17	0,00	0,00
VV-108	49	12,00	7. 1. 17	6,00	20. 5. 17	9,13	6,00
VV-109	49	3,00	30. 4. 17	0,22	8. 10. 17	0,84	2,78
VV-110	49	10,91	19. 11. 17	6,32	29. 8. 17	8,42	4,59

Počas roka 2018 bolo zabezpečených 50 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 7. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 7. januára na odvodňovacom vrte VV-108 (12,00 l.min^{-1}). Rovnaká úroveň prietoku bola vo vrte zachovaná do druhej polovice mája, kedy následne došlo k poklesu na hodnotu 6,00 l.min^{-1}. Tento prietok sa konštantne udržal do konca októbra, kedy došlo k poklesu na hodnotu 4,00 l.min^{-1}. V decembri už bol vrt suchý. Priemerná hodnota v roku 2018 v tomto vrte dosiahla hodnotu 7,60 l.min^{-1}. Pomerne vysoká výdatnosť bola nameraná v rovnakom dátume aj na odvodňovacom vrte VV-110, kedy dosiahla hodnotu 9,23 l.min^{-1}. Výdatnosti okrem mierneho vzostupu zo 7,5 l.min^{-1} na 8,0 l.min^{-1} v apríli, postupne klesali až na 5,0 l.min^{-1} koncom októbra. Tento stav sa potom udržal až do konca roku. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých



Obr. 4.3.13. Zmeny výdatnosti vybraných odvodňovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Veľká Lúka, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – VV-103 (RO: 17. 5. 95 – 30. 12. 16; max. hodnota počas RO: 15,00 l.min^{-1}), b – VV-108 (RO: 1. 7. 97 – 30. 12. 16), c – VV-109 (RO: 18. 5. 95 – 30. 12. 16; max. hodnota počas RO: 100,00 l.min^{-1}), d – VV-110 (RO: 31. 10. 98 – 30. 12. 16; max. hodnota počas RO: 80,00 l.min^{-1}), červená – minimálna, tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO (v prípade, že údaj nie je zobrazený v grafe je uvedený v zátvorke pri konkrétnom odvodňovacom zariadení), oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.

Tab. 4.3.10. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Veľká Lúka v roku 2018

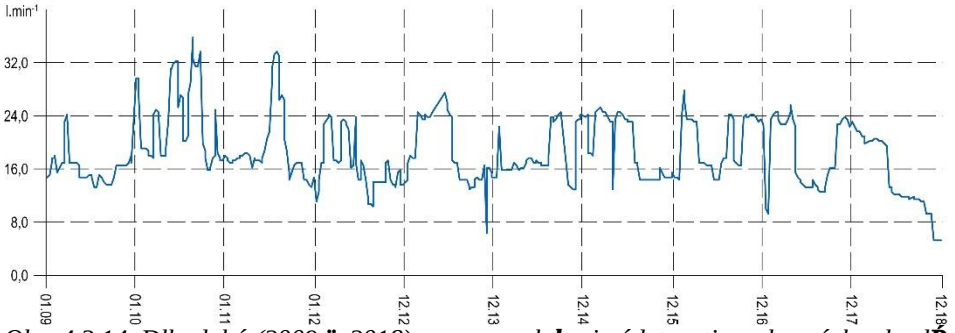
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
VV-102	50	kvapkanie až suchý					
VV-103	50	1,20	7. 1. 18	0,00	4. 11. 18	0,15	1,20
VV-104	50	0,22	7. 1. 18	0,00	14. 4. 18	0,01	0,22
VV-107	50	kvapkanie					
VV-108	50	12,00	7. 1. 18	0,00	1. 12. 18	7,60	12,00
VV-109	50	0,33	7. 1. 18	0,00	7. 10. 18	0,18	0,33
VV-110	50	9,23	7. 1. 18	5,00	29. 10. 18	6,41	4,23

meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 22,99 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 2,6 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VV-110 (12,00 l.min^{-1}).

Najnižšia hodnota bola nameraná vo vrte VV-104 (0,22 l.min^{-1}) v januári. Vrty VV-107 a VV-102 boli minimálne počas jedného merania suché, resp. dosahovaný prietok sa nachádzal na úrovni kvapkania.

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 14,36 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 4,56 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VV-110 (12,00 l.min^{-1}). Priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení v rokoch 2017 a 2018 sú znázornené na obr. 4.3.13.

Na základe analýzy, ktorá je zameraná na štatistické zhodnotenie efektívnosti odvodňovacích zariadení vyplýva, že najefektívnejším odvodňovacím vrtom je VV-110. V tomto vrte výrazne prevládajú prietoky v rozsahu 9,5 až 10,5 l.min^{-1}.



Obr. 4.3.14. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti z vybraných odvodňovacích vrtov na lokalite Veľká Lúka. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: VV-102, VV-103, VV-104, VV-107, VV-108, VV-109, VV-110

Za posledné desaťročie boli zvýšené hodnoty sumárnej výdatnosti odvodňovacích vrtov namerané v rokoch 2010 a 2011, čo súvisí s mimoriadne intenzívnymi jarnými a letným zrážkami z roku 2010. Odvodňovací systém postupne starne a v dôsledku zanášania odvodňovacích vrtov dochádza k postupnému znižovaniu objemu vody odvádzanej z telesa zosuvu. Túto skutočnosť potvrdzujú viaceré prípady, pričom najilustratívnejší z nich je rok 2010, kedy v dôsledku mimoriadne výdatných zrážok (najmä počas mesiacov máj a jún, ale i august) došlo k výraznému stúpnutiu hladiny podzemnej vody, avšak bez adekvátneho stúpnutia hodnôt výdatnosti v jednotlivých monitorovaných odvodňovacích zariadeniach. Dlhodobý vývoj spoločnej výdatnosti je na obr. 4.3.14.

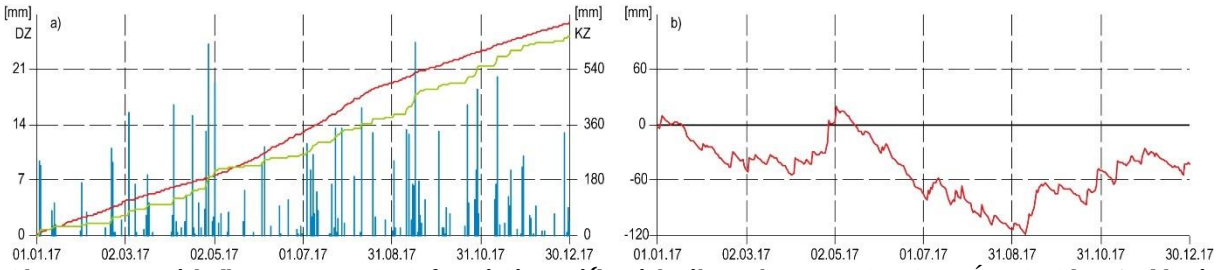
f/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Prievidza s indikatívom 30120 (obr. 4.3.15a a 4.3.15b) a Ráztočno s indikatívom 30100 (obr. 4.3.16a a 4.3.16b). Dlhodobý ročný zrážkový priemer na stanici Prievidza, nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2017, predstavuje 684,3 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 887,3 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 57,3 mm a maximálny mesačný úhrn 201,3 mm (jún 2004). Maximálny tridsaťdňový úhrn, zaznamenaný v období od 12. júla 2002 do 11. augusta 2002, dosiahol 228,5 mm.

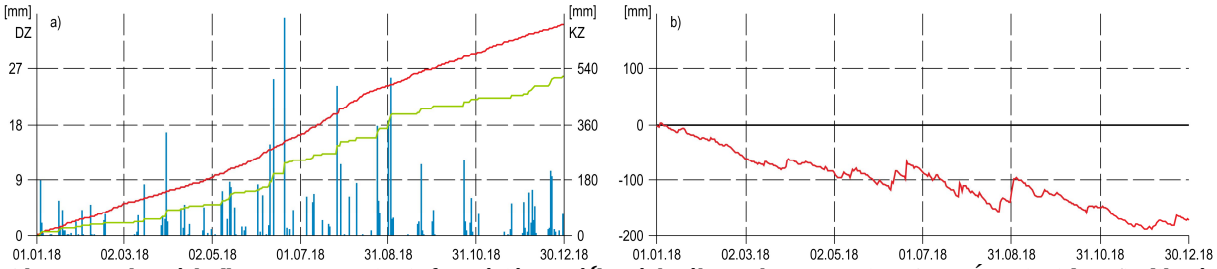
Na stanici Ráztočno dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2017, dosiahol 749,2 mm; maximálny ročný úhrn 1191,4 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 62,4 mm a maximálny mesačný úhrn 263,1 mm (august 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 18. júla 2010 do 17. augusta 2010) dosiahol 311,8 mm.

Na stanici Prievidza bol v roku 2017 zaznamenaný zrážkový úhrn 648,8 mm. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas septembra (92,0 mm) a najvyšší denný úhrn 17. septembra (24,3 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 27,8 mm zrážok. TridsaťdňOvé kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 3. apríla do 3. mája (113,4 mm).

V roku 2018 bol nameraný zrážkový úhrn 514,4 mm, čo zodpovedá 75,17 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veĽmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (99,2 mm) a najvyšší denný úhrn 21. júna (35,2 mm). Najsuchším mesiacom bol november s 10,6 mm zrážok. TridsaťdňOvé kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 28. mája do 27. júna (99,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňOvého obdobia (od 8. februára do 10. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,4 mm.



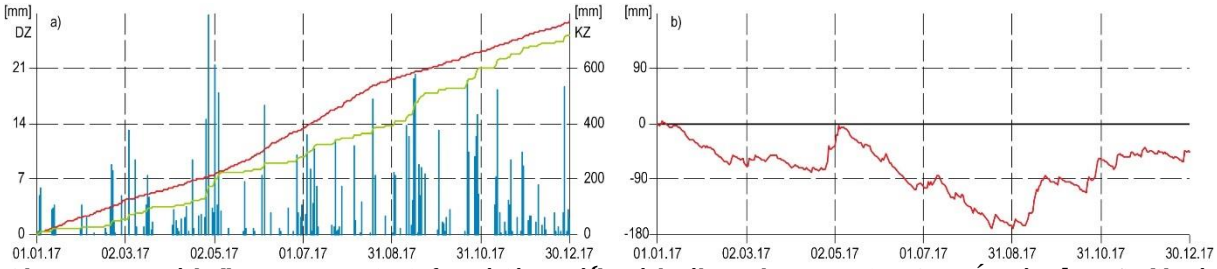
Obr. 4.3.15a. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Prievidza (indikatív 30100); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.



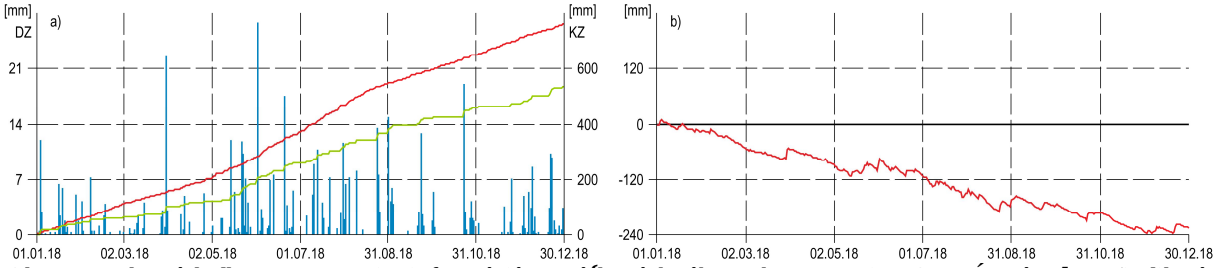
Obr. 4.3.15b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Prievidza (indikatív 30100); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.

Na stanici Ráztočno bol v roku 2017 nameraný zrážkový úhrn 720,5 mm. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas septembra, dosiahol 116,7 mm a najvyšší denný úhrn bol nameraný 28. apríla s hodnotou 27,7 mm. Najsuchším mesiacom bol január s úhrnom 22,3 mm. TridsaťdňOvé kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 10. septembra do 10. októbra (122,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňOvého obdobia (od 14. januára do 13. februára), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,5 mm.

V roku 2018 bol nameraný zrážkový úhrn 534,2 mm, čo predstavuje 71,30 % dlhodobého priemeru a je ho možné charakterizovať ako veĽmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas júna, dosiahol 78,7 mm a najvyšší denný úhrn bol nameraný 2. júna s hodnotou 26,8 mm. Najsuchším mesiacom bol november s úhrnom 14,9 mm. TridsaťdňOvé kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 14. mája do 13. júna (104,1 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňOvého obdobia (od 8. februára do 10. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 10,5 mm.



Obr. 4.3.16a. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Ráztočno (indikatív 30120); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.



Obr. 4.3.16b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Ráztočno (indikatív 30120); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2018 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Veľká Lúka boli monitorovacie aktivity zamerané na sledovanie pohybovej aktivity geodetickými meraniami a meraním metódou presnej inklinometrie. Zároveň boli zabezpečované režimové pozorovania v piezometrických a odvodňovacích vrtoch. Na základe nameraných výsledkov pohybovej aktivity možno konštatovať, že dlhodobo je najvýznamnejšia aktivita v západnej oblasti obce v blízkosti bodu P2. Ide o bod, ktorý sa nachádza nad cestnou komunikáciou, smerujúcou do Prievidze a poľnohospodárskym družstvom. Pohybová aktivita začala akcelerovať pred štyridsiatimi rokmi, krátko po lesnej ťažbe v oblasti nad dotknutým územím. V tejto súvislosti vidíme možné prepojenie medzi odlesnením väčšej plochy územia a aktivizáciou zosuvného svahu. Odlesnením územia došlo k strate evapotranspiračného potenciálu, ktorý existujúci les predstavoval. V roku 2018 dosiahla pohybová aktivita v tomto bode v polohovom smere 31,8 mm. Relatívne vysoké hodnoty posunov boli namerané v bodoch P19 (overená obidvoma monitorovacími technológiami) a P26. V ostatných bodoch polohové vektory len ojedinele prekračovali hranicu 10 mm (P16, P17 a P18).

Na sledovaných šmykových plochách bola metódou presnej inklinometrie opätovne potvrdená vysoká pohybová aktivita v oblasti čela zosuvu – okolie vrtu VČ-1. Ide o dlhodobo aktívnu oblasť – centrálna časť zosuvu, v ktorej v minulosti došlo k porušeniu viacerých inklinometrických vrtov. V súčasnosti je územie monitorované vrtmi VČ-1, VČ-9 a VE-4. V súvislosti s nameranými deformáciami vo vrte VČ-1 hrozí, že v najbližšom období sa vrt v dôsledku dlhodobej deformácie inklinometrickej päty stane nepriechodný, teda i merateľný.

Opakovane upozorňujeme, že vo východnej časti obce prebieha výstavba rodinných domov. Dotknuté územie je potenciálne náchylné na zosúvanie. Z tohto dôvodu je nevyhnutné, aby táto skutočnosť bola zohľadnená investormi IBV v projektovej, ako aj realizačnej časti

výstavby. Ide najmä o zvolenie vhodného spôsobu zakladania stavebných objektov, citlivého prístupu pri terénnych úpravách zosuvného svahu (zárezy, odrezy, násypy a prísypy) a zabezpečenie bezpečného hospodárenia so zachytenými zrážkovými a splaškovými vodami. Všetky terénne úpravy by mali byť konzultované a po statickom posúdení schválené odborníkmi na inžiniersku geológiu alebo geotechniku. Zachytené vody musia byť bezpečne odvedené kanalizačným potrubím mimo zosuvné územie a nesmú byť zvedené do horninového prostredia tzv. „trativodmi".

Na základe režimových meraní v roku 2018 možno konštatovať, že priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody, predovšetkým v druhej časti hodnoteného roka mali výrazne zostupný charakter. Vo vrtoch M-8, PO-1, VČ-13 a VČ-5 boli namerané najnižšie stavy hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Vo vrte VČ-8, v ktorom je hladina podzemnej vody sledovaná kontinuálne, bola maximálna úroveň, podobne ako vo väčšine vrtov, nameraná na začiatku januára. Počas nasledujúceho obdobia, prakticky až do mája, sa udržala na pomerne vysokej úrovni a počas letných a jesenných mesiacov postupne klesala.

Prietoky na funkčných odvodňovacích vrtoch čiastočne kopírovali priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, avšak z dlhodobého hľadiska je pozorovateľný postupný trend znižovania výdatnosti. Dokumentuje ho najmä vývoj spoločnej výdatnosti odvodňovacích vrtov. V roku 2018 boli namerané najnižšie hodnôt sumárnej výdatnosti za poslednú dekádu. Uvedený stav do určitej miery súvisí aj so zrážkovým deficitom. V súčasnosti spoľahlivo odvádzajú podzemnú vodu tri odvodňovacie vrty – VV-8, 9 a 110. Ostatné vrty sú prevažne suché, resp. voda z nich len kvapká. Naviac, v zosuvnom území už dlhodobo pretrvávajú nepriaznivé odtokové pomery. Vody sa kumulujú v bezodtokových depresiách a zarastených rigoloch, kde postupne infiltrujú do zosuvného prostredia. Podobne zlá situácia je i v oblasti telesa zosuvu, najmä v časti pod odlučnou hranou, kde v dôsledku bujnej vegetácie dochádza k spomaľovaniu povrchového odtoku vôd do záchytného betónového rigola. Povrchové vody sa vďaka tomuto ďalej uplatňujú na doplňaní zásob podzemnej vody. O tomto nepriaznivom stave bolo niekoľkokrát informované i zastupiteľstvo obce.

Zosuv ohrozujúci južnú časť IBV v obci Veľká Lúka bol v roku 2018 zaradený medzi socio-ekonomicky najvýznamnejšie zosuvné lokality, ktoré budú v nasledujúcom období monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s ĽMS – GF, predstavuje významný progres v oblasti využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a prenose údajov do centra monitoringu (ktorým je sídlo ŠGÚDŠ v Bratislave) prostredníctvom technológie IoT.

1.4.4. Lokalita Prievidza-Hradec

Stručná charakteristika lokality

Hradec je súčasťou mestskej časti Prievidza V.-Ďurpte. Zosuvné územie sa nachádza na severozápadnom úpätí Vtáčnika.

V miestnej časti Hradec sú monitorované dve samostatné zosuvné územia. Prvé sa nachádza v okolí Pavlovskej ulice a druhé v oblasti ulice Na Stanište. Oba zosuvy ohrozujú a poškodzujú viaceré objekty individuálnej bytovej výstavby. Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správ Ilkaničet al. (2013), Fekeča a Ilkaničet (2014b in Šimeková et al., 2014), Tupý et al. (2014 in Ondrejka et al., 2014) a Ondrejka et al. (2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Na lokalite sa v roku 2018 systematicky pokračovalo monitorovacích aktivitách z predchádzajúceho obdobia. Termíny a rozsah realizovaných meraní sú zhrnuté v tab. 4.4.1.

Tab. 4.4.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prievidza-Hradec v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	6 *(2017)* 5 *(2018)*	Pavlovská ul.: IGH-1i, IGH-2i, IGH-3i, IGP-9i, ulica Na Stanište: IGH-5i, IGP-10[1]	1 – 3 *(31. marec, 24. apríl, 2. október, 6. december)*	2 *(12. apríl, 12. jún, 5. december)*
Radarová interferometria (InSAR)	390 533	Prirodzené odrážače (body): dráha č. 175: 1 – 390 dráha č. 51: 1 – 533	dráha č. 175: 60 snímok dráha č. 51: 54 snímok *(január – december)*	dráha č. 175: 60 snímok dráha č. 51: 61 snímok *(január – december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	IGH-7, IGH-8[2]	49 *(1x za týždeň)*	50 *(1x za týždeň)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	5	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4, HV-5	49 *(1x za týždeň)*	50 *(1x za týždeň)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prievidza (indikatív 30120)	*Denné úhrny zrážok Teploty vzduchu (priemerná a minimálna)*	

[1] *– vo vrte IGP-10 sa v roku 2018 nepokračovalo v meraniach (kritická deformácia inklinometrickej pažnice),*
[2] *– objekt bol poškodený, meranie bolo opätovne zabezpečované od 16. decembra 2018*

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Prievidza-Hradec od roku 2015 zabezpečujú na šesticí vrtov, vybudovaných počas predchádzajúceho prieskumu a sanácie. Jednotlivé vrty sú situované do dvoch stabilitne odlišných prostredí, ktoré predstavujú samostatne sa vyvíjajúce parciálne zosuvy v rámci rozsiahlej svahovej poruchy (ulica Pavlovská – IGH-1i, IGH-2i, IGH-3i a IGP-9i – obr. 4.4.1; ulica Na Stanište – IGH-5i, IGP-10i – obr. 4.4.3). Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.4.2 a prezentované na obr. 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4 a 4.4.5.

Tab. 4.4.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Prievidza-Hradec v rokoch 2017 a 2018

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	23. 9. 16 – 24. 4. 17			24. 4. 17 – 2. 10. 17			24. 4. 17 – 6. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IGH-1i	1,94	2,93	1,30	183				0,99	2,46	43
IGH-1i	3,44	2,28	1,39	181				0,14	2,42	46
IGH-2i	6,66	5,63	0,85	29				6,74	2,82	146
IGH-2i	8,66	2,21	0,41	334				0,67	1,55	155
IGH-3i	2,31	2,55	0,54	238				2,40	2,64	51
IGH-3i	6,81	1,56	0,72	226				1,14	2,64	51
IGH-5i	4,61	71,64	83,63[1]	156[1]	75,87	4,24	186	75,89	0,78[2]	270[2]
IGH-5i	7,11	1,40	2,25[1]	8[1]	1,12	0,32	148	3,10	2,01[2]	316[2]
IGP-10i	6,43	50,65	16,04[3]	280[3]						
IGP-10i	14,43	3,61	0,51[3]	29[3]						
IGP-9i	4,92	1,61	0,73	304				1,79	0,60	50
IGP-9i	9,92	0,41	0,81	327				1,03	0,78	90

CD – celková deformácia od nultého merania (6. 11. 14 – vrty: IGH-1i, IGH-2i, IGH-3i a IGH-5i; 16. 3. 15 – vrty: IGP-9i a IGP-10i); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 22. 9. 16 – 24. 4. 17; [2] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 2. 10. 17 – 6. 12. 17; [3] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 17. 10. 16 – 31. 3. 17.

Pokračovanie Tab. 4.4.2

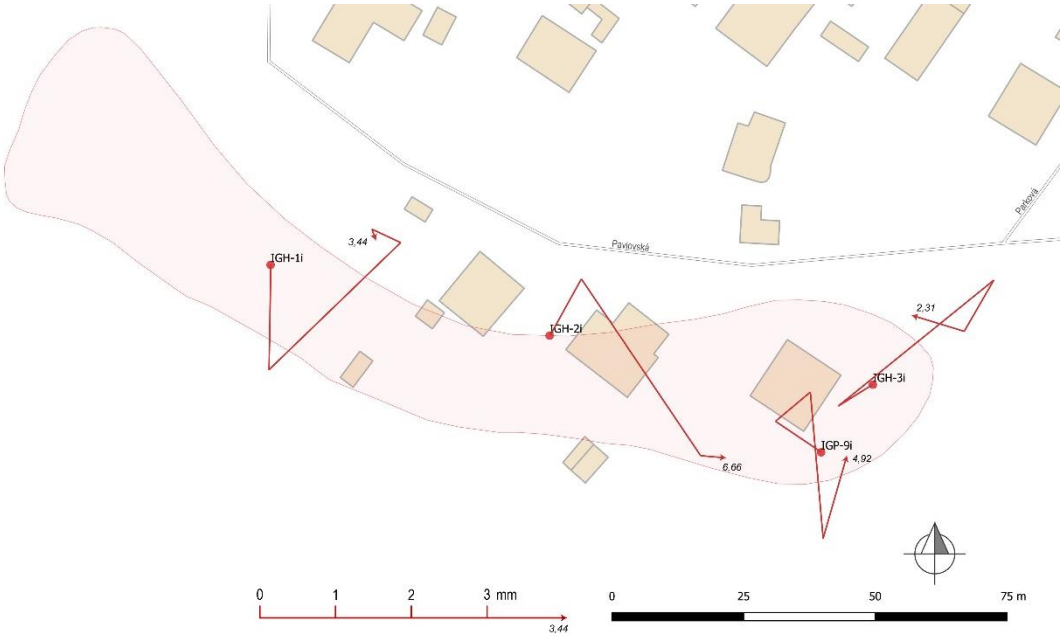
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	6. 12. 17 – 12. 4. 18			6. 12. 17 – 12. 6. 18			12. 6. 18 – 5. 12. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IGH-1i	1,94				1,49	0,50	287	1,56	0,10	250
IGH-1i	3,44				0,45	0,42	295	0,36	0,10	160
IGH-2i	6,66				7,02	0,28	95			
IGH-2i	8,66				0,67	0,00	0	1,21	0,54	342
IGH-3i	2,31				1,87	0,78	210	2,37	0,67	287
IGH-3i	6,81				0,45	0,86	224	0,22	0,22	287
IGH-5i	4,61	81,57	5,69	186	83,71	2,14[4]	183[4]	87,01	3,32	176
IGH-5i	7,11	3,30	0,22	337	2,60	0,71[4]	138[4]	3,10	0,51	299
IGP-9i	4,92				3,21	1,94	175	2,67	1,08	16
IGP-9i	9,92				1,92	1,28	179	1,65	0,76	27

CD – celková deformácia od nultého merania (6. 11. 14 – vrty: IGH-1i, IGH-2i, IGH-3i a IGH-5i; 16. 3. 15 – vrty: IGP-9i a IGP-10i); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [4] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 12. 4. 18 – 12. 6. 18.

V roku 2017 boli zabezpečené prevažne dve etapy meraní, výnimočne vždy tri (IGH-5). V oblasti Pavlovskej ul. boli merania zabezpečené v apríli a v decembri. Na sledovaných málo výrazných žmykových plochách (obr. 4.4.3a) boli počas jarnej etapy namerané vektory, ktoré len ojedinele presahovali 1 mm (IGH-1i – 1,39 mm; 2,38 mm.rok^{-1}). Prevládali najmä deformácie v intervale od 0,41 do 0,85 mm (vrty: IGH-2i, IGH-3i, IGH-5i a IGP-9i). Pri decembrovom meraní bol zaznamenaný vzostup pohybovej aktivity skoro vo všetkých vrtoch. Maximálne hodnoty boli namerané vo vrte IGH-2i (2,82 mm; 4,55 mm.rok^{-1}), ktorý sa nachádza v strednej časti ulice. Azimut nameranej etapovej deformácie mal juhovýchodný smer. V uvedenom vrte v prezentovanej hĺbke bola nameraná najvyššia výsledná deformácia (6,74 mm – za obdobie: 6. november 2014 – 6. december 2017) z pomedzi všetkých sledovaných hĺbok v jednotlivých vrtoch v oblasti Pavlovskej ul. Vektory nad 2 mm boli namerané aj vo vrtoch IGH-1i (v hĺbke 6,66 m pod terénom bola zaznamenaná deformácia 2,42 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,91 mm.rok^{-1}) a IGH-3i (v hĺbke 2,31 a 6,81 m pod terénom – 2,64 mm; 4,26 mm.rok^{-1}). Vo vrte IGH-1i a tiež aj IGH-3i je výsledná deformácia menšia ako samotný etapový prírastok, čo je spôsobené výraznými rozdielmi medzi azimutmi nameranými počas jednotlivých etáp. Najnižšie hodnoty pohybovej aktivity boli v čase decembrového merania zaznamenané vo vrte IGP-9i (v hĺbke 6,42 m pod terénom bola nameraná deformácia 0,73 mm; 1,18 mm.rok^{-1}).

Stabilitnú situáciu v oblasti ulice Na Stanici je možno považovať za kritickú. Počas celého roka 2017, boli pri jednotlivých etapách sledované vysoké prírastky deformácií. Naviac, vo vrte IGH-10i bola v apríli spozorovaná kritická deformácia inklinometrickej pažnice, vďaka čomu

sa vrt stal nepriechodný, teda i nemerateľný. Pri marcovom meraní v tomto vrte, ktoré charakterizuje stabilitnú situáciu v období od 17. októbra 2016 do 31. marca 2017, bol na zreteľne vyvinutej šmykovej ploche (obr. 4.4.3b) nameraný vektor s hodnotou 16,4 mm (35,48 mm.rok^{-1}). Vo vrte IGH-5i, ktorý sa nachádza len niekoľko metrov severnejšie, bolo prvé meranie zabezpečené 24. apríla, počas ktorého bola zaznamenaná doposiaľ najvyššia nameraná deformácia – 83,63 mm. Pri prepočte na priemernú rýchlosť predstavuje nameraná hodnota až 142,64 mm.rok^{-1}. Uvedená deformácia vznikla v období, počas ktorého došlo vo vrte IGH-10i ku kritickej deformácii. Je možné predpokladať, že pod mimoriadny nárast pohybovej aktivity sa podpísali nadpriemerné zrážky z druhej polovice roka 2016. Zaujímavosťou je, že nameraný vektor sa výrazne odklonil od pôvodného severozápadného smeru na juho-juhovýchod. S podobnou orientáciou bol zaznamenaný aj vektor v období októbrového merania. Jeho hodnota však dosiahla len 4,24 mm (9,61 mm.rok^{-1}). Počas posledného decembrového merania etapový prírastok nepresiahol 1 mm.

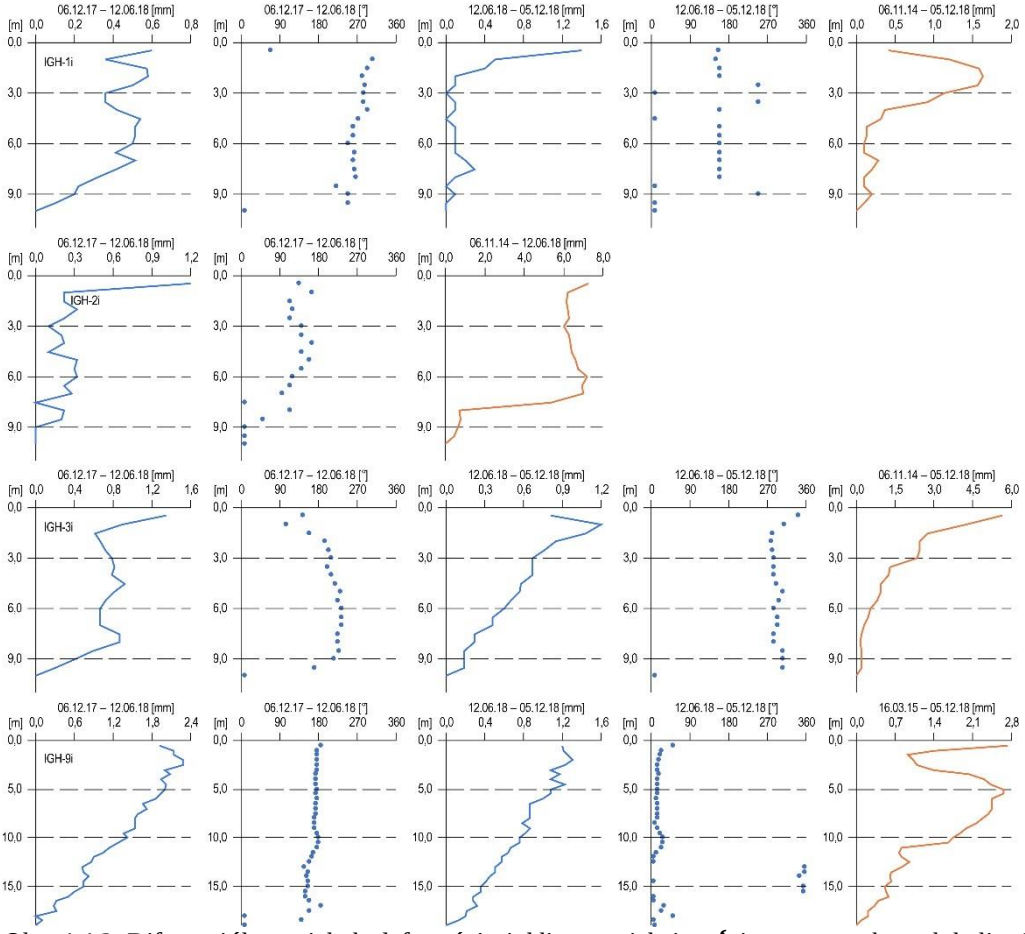


Obr. 4.4.1. Lokalita Prievidza-Hradec (Pavlovská ul.) – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.4.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohranič. zosuvu podľa Ilkanič a et al. (2013), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2018 sa pokračovalo v monitorovaní pohybovej aktivity s rovnakou frekvenciou meraní ako v predchádzajúcom období, zabezpečené boli teda dve etapy meraní v obidvoch zosuvných oblastiach.

Na Pavlovskej ulici bola pozorovaná pomerne priaznivá stabilitná situácia. Namerané etapové vektory len ojedinele presahovali 1 mm – vrt IGP-9i. Počas jarnej etapy meraní, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu v období od 6. decembra do 12. júna, bol v hĺbke 4,92 m pod terénom nameraný prírastok deformácie s hodnotou 1,94 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,77 mm.rok^{-1} (azimut 175°). Na hlbšej šmykovej ploche, v hĺbke 9,92 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 1,28 mm (priemerná rýchlosť – 2,49 mm.rok^{-1}; azimut – 179°). Následne, pri jesennom kontrolnom meraní (5. december) bol v hĺbke 4,92 m pod terénom nameraný vektor 1,08 mm (2,24 mm.rok^{-1}) s azimutom na severo-severovýchod. V ostatných vrtoch sa etapové prírastky deformácie pohybovali v intervale 0,1 mm (IGH-1i – 12. jún až 5. december; hĺbka 3,44 m pod terénom; priemerná rýchlosť –

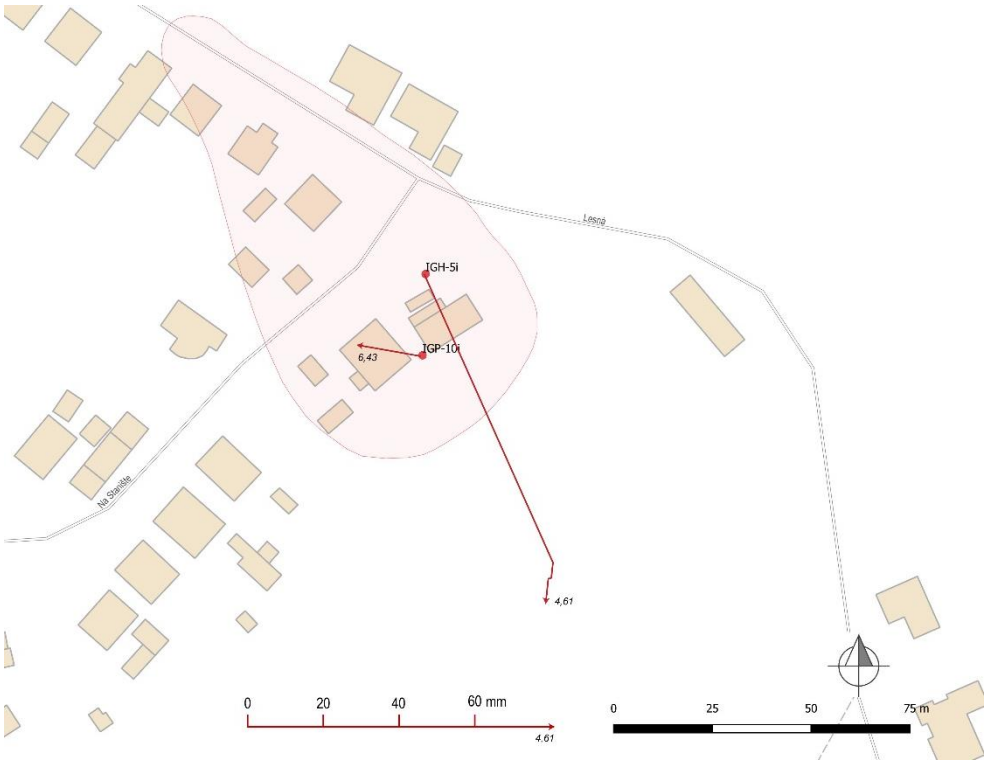
0,21 mm.rok^{-1}; azimut ï 160°) aģ 0,78 mm (IGH-3i ï 6. december 2017 aģ 12. jún 2018; hĎbka ï 2,31 m pod terénom, priemerná rýchlosŠ ï 1,51 mm.rok^{-1}; azimut ï 210°).



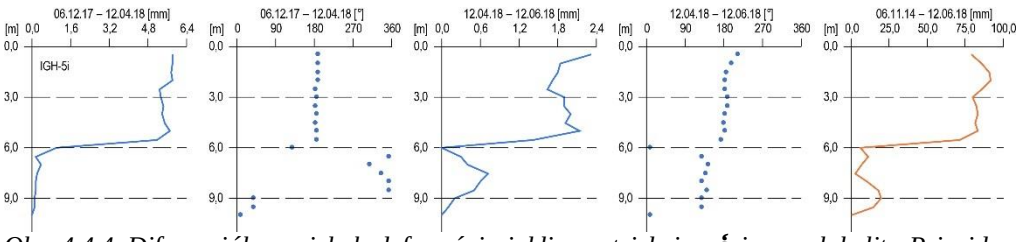
Obr. 4.4.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej paģnice vo vrtoch na lokalite Prievidza-Hradec (Pavlovská ulica; oznaļenie vrtov je vĎavo hore). Modrá línia ï etapová deformácia inklinometrickej paģnice, modré body ï etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová ï výsledná deformácia inklinometrickej paģnice za dlhģie obdobie monitorovania (informácia o dĎžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

V oblasti ulíc Na Staniģte a Lesná, na ktorých je pohybová aktivita od roku 2017, po kritickej deformácii vo vrte IGP-10i, monitorovaná uģ len vo vrte IGH-5i, doģlo tieģ k poklesu pohybovej aktivity. Poļas jarnej etapy, ktorá trvala od 6. decembra do 12. apríla, bol v hĎbke 4,61 m pod terénom, na výraznej ģmykovej ploche, nameraný prírastok deformácie s hodnotou 5,69 mm (16,35 mm.rok^{-1}) a s azimutom 186° (orientácia na juh). Letné kontrolné meranie potvrdilo klesajúci trend pohybovej aktivity. V rovnakej hĎbke, v období od 12. apríla do 12. júna bol nameraný vektor 2,14 mm (12,8 mm.rok^{-1}) s azimutom 183°. Podobne ako v roku 2017, pohyby na ģmykovej ploche pokraļujú v smere na juh aģ na juho-juhozápad. K vysvetleniu zmeny v orientácii deformácií v oblasti ģmykovej plochy by mohli prispieŠ informácie z plánovaných vrtov (v rámci rieģenia geologickej úlohy Monitoring zosuvných deformácií), ktoré sú situované do odluļnej a prechodovej ļasti zosuvu.

Celková deformácia na ģmykovej ploche (4,61 m pod terénom) v období od nultého (6. november 2014) do posledného etapového merania (12. jún 2018) dosiahla 83,71 mm, ļo v prepoļte na priemernú rýchlosŠ prestavuje 23,24 mm.rok^{-1}.



Obr. 4.4.3. Lokalita Prievidza-Hradec (ul. Na Stanici) – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 1.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Ilkanič a et al. (2013), mapový podklad: ZBGIS®.

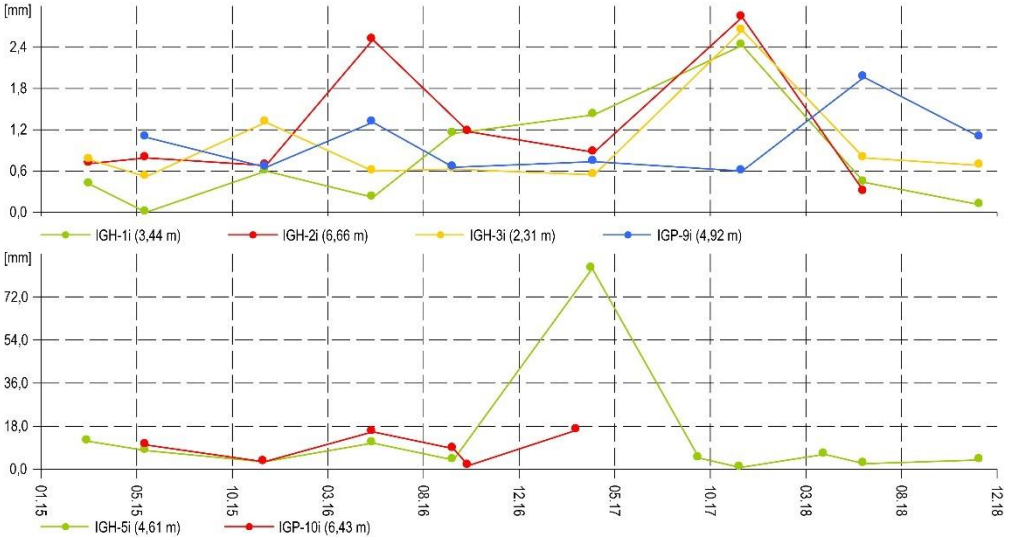


Obr. 4.4.4. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Prievidza-Hradec (ulica Na Stanici; označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Pri hodnotení celého časového radu meraní, realizovaných v jednotlivých vrtoch, na lokalite Prievidza-Hradec je vidieť, že medzi etapovými deformáciami v oblastiach Pavlovskej ulice a ulice Na Stanici sú rádové rozdiely. Na Pavlovskej ul., v období do apríla 2017, dosahovali výsledky etapových vektorov prevažne hodnoty do 1,4 mm. Výnimku predstavuje len meranie z 23. mája 2016 vo vrte IGH-2i, kedy bol nameraný prírastok deformácie 2,48 mm. K výraznejšiemu nárastu pohybovej aktivity došlo až na konci roka 2017. Neskôr, v roku 2018 došlo v prípade väčšiny vrtov k utíšeniu pohybovej aktivity, avšak vo vrte IGP-9i bol počas jarnej etapy nameraný jej vzostup (nameraný vektor predstavuje maximálnu hodnotu v období monitorovania na danej šmykovej ploche).

Iná situácia je na ulici Na Stanici. V rokoch 2015 a 2016 priemerná hodnota deformácie, odvodená z etapových vektorov, nameraných na hlavných šmykových plochách, dosiahla 7,93 mm. V roku 2017, kedy bol počas aprílového merania zaznamenaný vektor 83,63 mm, výsledná priemerná hodnota stúpla na 12,66 mm. Posledné merania z roku 2018 naznačujú mierny pokles pohybovej aktivity. Zásadným problémom je však zmena v orientácii etapových

deformácií. Vektory mali dlhodobo, do konca roka 2016, smer na severozápad, od roku 2017 sa orientácia zmenila prakticky o 180° a aktuálne pohyby sú orientované na juh až juho-juhozápad.



Obr. 4.4.5. Prírastky deformácií na sledovaných zlomových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prievidza-Hradec v období rokov 2015 až 2018.

b/ Radarová interferometria

Na lokalite Prievidza-Hradec bola ako ďalšia monitorovacia metóda (na určenie pohybovej aktivity) aplikovaná radarová interferometria. Kompletné analýzy údajov z družice Sentinel-1A Európskej vesmírnej agentúry sú spracované v samostatných správach (Papčo a Bakoň, 2018 a 2019). V predloženej časti podávame len najdôležitejšie informácie, týkajúce sa pohybovej aktivity v mestskej časti Hradec, ktoré sú prebraté zo spomenutej práce. Pri analýze boli výlučne využívané stabilné odrazové prvky na zemskom povrchu. Po prvotnej analýze dát (počet snímok, pokrytie oblasti) boli do spracovania zaradené snímkové sady z družice Sentinel-1A, vzostupná dráha č. 175 a zostupná dráha č. 51.

Spracovanie radarovej interferometrie technológiou permanentných odrážačov bolo vykonané v softvérovom balíku SARPROZ (Perissin, 2017). Tento predstavuje komplexný nástroj umožňujúci spracovanie pomocou štandardných diferenčných, ale aj pokročilých metód využívajúcich multištatistický prístup k riešeniu neznámeho pohybu na identifikovaných prirodzených odrážačoch. Na obr. 4.4.6 je znázornená celková odrazivosť objektov na snímkach z družice Sentinel-1. Z obidvoch snímok je evidentné stredné priestorové rozlíšenie snímacieho IWS módu družice Sentinel-1 (približne 20 m v smere dráhy letu družice).

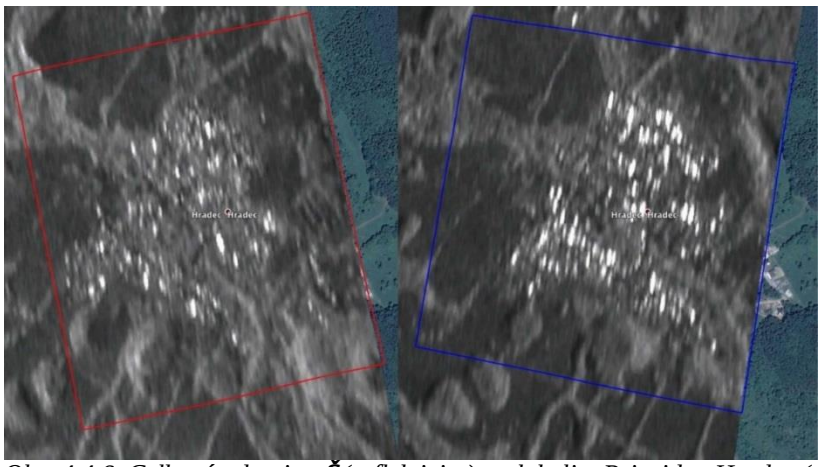
Počas troch rokov boli spracované obe snímkové sady. Do spracovania vzostupnej dráhy č. 175 vstupovalo v roku 2016 36 snímok (január až december). Za hlavnú snímku, voči ktorej boli následne spracovávané ostatné snímky metódou STAR GRAPH-u, bola zvolená snímka zo dňa 8. júna 2016 (snímka mala najmenšie zašumenie). V roku 2017 sa počet spracovaných snímok zvýšil na 60 (hlavná snímka zo dňa 21. júna 2017).V roku 2018 sa počet spracovaných snímok ustálil na 60. Za hlavnú snímku bola zvolená snímka zo dňa 16. júla 2018.

Do spracovania zostupnej dráhy č. 51 vstupovalo v oku 2016 32 snímok, pričom za hlavnú snímku bola zvolená snímka zo dňa 25. apríla 2016. V roku sa počet snímok ustálil na 54 a porovnanie sa vykonávalo voči snímke zo dňa 1. júna 2017. V roku 2018 bol počet snímok 61, pričom za hlavnú snímku, voči ktorej boli následne spracovávané ostatné snímky, bola zvolená snímka zo dňa 12. septembra 2018.

Na elimináciu efektu topografie bol použitý model SRTM-1 s krokom 1ñ (30 m). Výber referenčného bodu, voči ktorému sa určujú relatívne zmeny, resp. pohyby v sledovanom území,

musí spĺňaŠ podmienku dobrej identifikácie, vhodnej vzdialenosti od sledovaného územia, odrazivosti, koherencie a stability poľas celého sledovaného obdobia. Pri spracovaní lokality Hradec bol ako referenčný zvolený bod na jednom z rodinných domov v severnej predpokladanej stabilnej časti obce (Ondrejka et al., 2016). Stabilita referenčného bodu bola overená nezávislým spracovaním s referenčným bodom zvoleným na základe amplitúdovo najstabilnejšieho odrazu, keďže stabilná amplitúda priamo indikuje stabilitu v interferometrickej fáze a v konečnom dôsledku aj v pohybe bodu.

Primárnym výsledkom spracovania sú rýchlosti pohybu detegovaných prirodzených odrážačov a ich stredné chyby. Ďalšími podpornými parametrami sú koherencia a rozdiel odhadnutej výšky prirodzeného odrážača voči referenčnému DMR. InSAR je v princípe schopný meraŠ len deformácie v smere šírenia sa signálu, resp. v smere pohľadu radaru (z angl. Line-of-Sight ï LOS), čo je dané jeho orientáciou smerom k Zemi. Pohyby sú pre každý stabilný odrazový prvok detegované pre družicu Sentinel-1A/B cca 38 stupňov od zvislice a v smere kolmom na smer letu. Presnú horizontálnu a vertikálnu zložku pohybu je možné získaŠ spracovaním niekoľkých rôznych (vzostupných a zostupných) dráh družíc (Katelaar, 2009). Pomer medzi deformáciou v smere šírenia sa signálu a ñskutočnýmò pohybom (so známym smerom) sa nazýva citlivosťou. Pre väčšinu družíc je citlivosť najlepšia vo vertikálnom smere a v horizontálnom smere je relatívne vysoká pre zložku pohybu z východu na západ. V našom prípade pre uhol medzi zvislicou a radarovým lúčom o veľkosti približne 38° je citlivosť na vertikálnu zložku pohybu okolo 80 % pre väčšinu lokality.



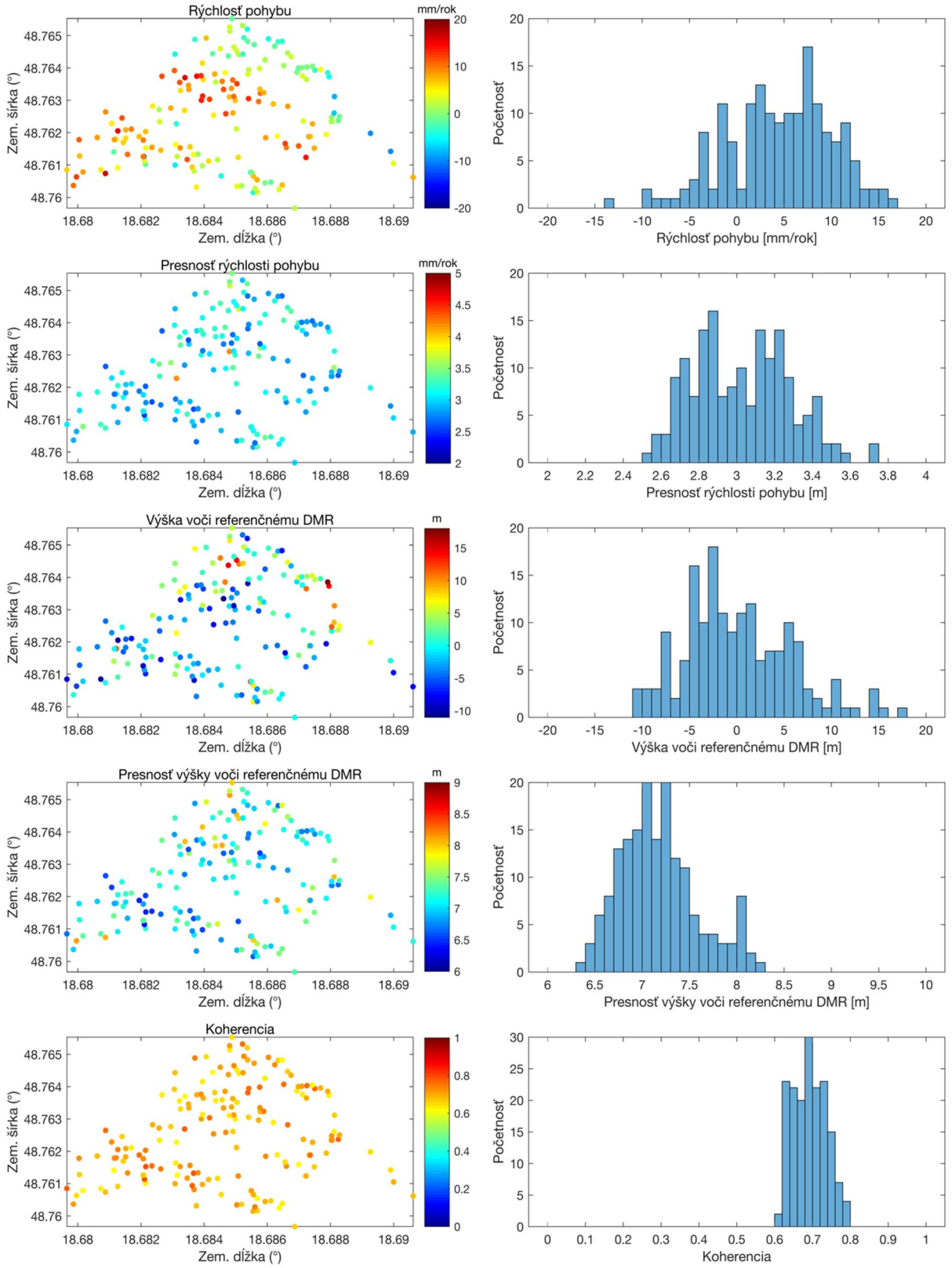
Obr. 4.4.6. Celková odrazivosť (reflektivita) na lokalite Prievidza-Hradec (vľavo vzostupná dráha č. 175, vpravo zostupná dráha 51)

Koherencia je bezrozmerné číslo v intervale od 0 do 1, často interpretované ako spoľahlivosť určenia odhadovaných parametrov (rýchlosti pohybu a výšky vzhľadom k referenčnému DRM) v danom bode. Zvyčajne sa na interpretáciu používajú len body s koherenciou väčšou ako 0,7 alebo dokonca vyššou. Hodnota koherencie z väčšej časti popisuje, akou mierou je časový rad bodu zhodný s predpokladaným modelom. Body s nízkou koherenciou môžu poukazovaŠ na skokové zmeny deformácie, prípadne ďalšie problémy, ako napríklad nevhodnosť zvolenej vlnovej dĺžky družice na zachytenie charakteru prebiehajúcej deformácie. Rozdiel odhadnutej výšky odrazového prvku (odrážača) poukazuje na presnosť a vhodnosť použitého referenčného DMR pri eliminácií topografického účinku na zmenu interferometrickej fázy.

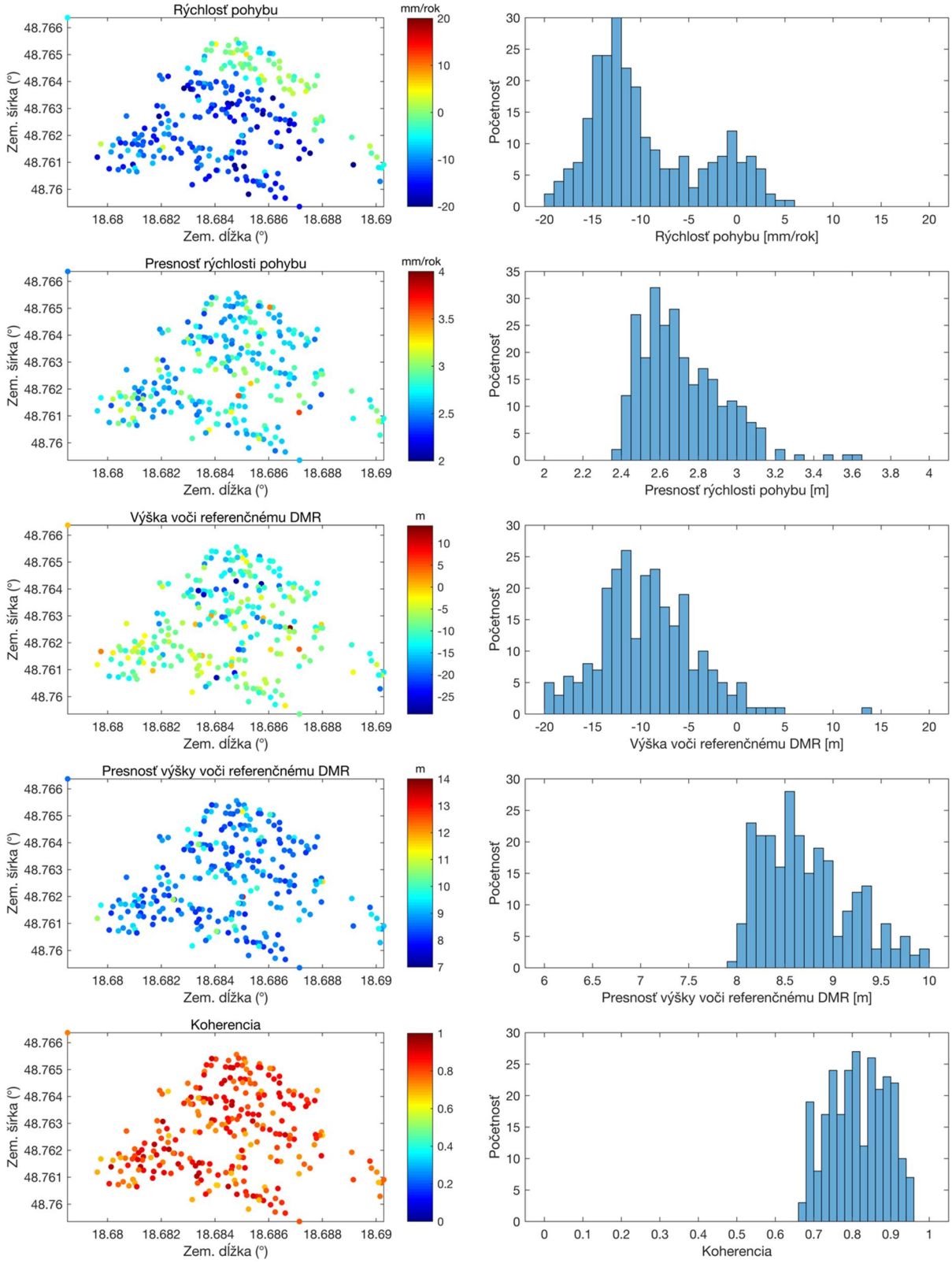
Na vymedzenie vhodných prirodzených odrážačov boli stanovené nasledovné kritériá:

- rýchlosť pohybu bodov v rozsahu ± 30 mm.rok^{-1},
- koherencia v rozsahu 0,7 ï 1,0,
- rozdiel odhadnutej výšky bodu voči referenčnému DMR v rozsahu ± 20 m.

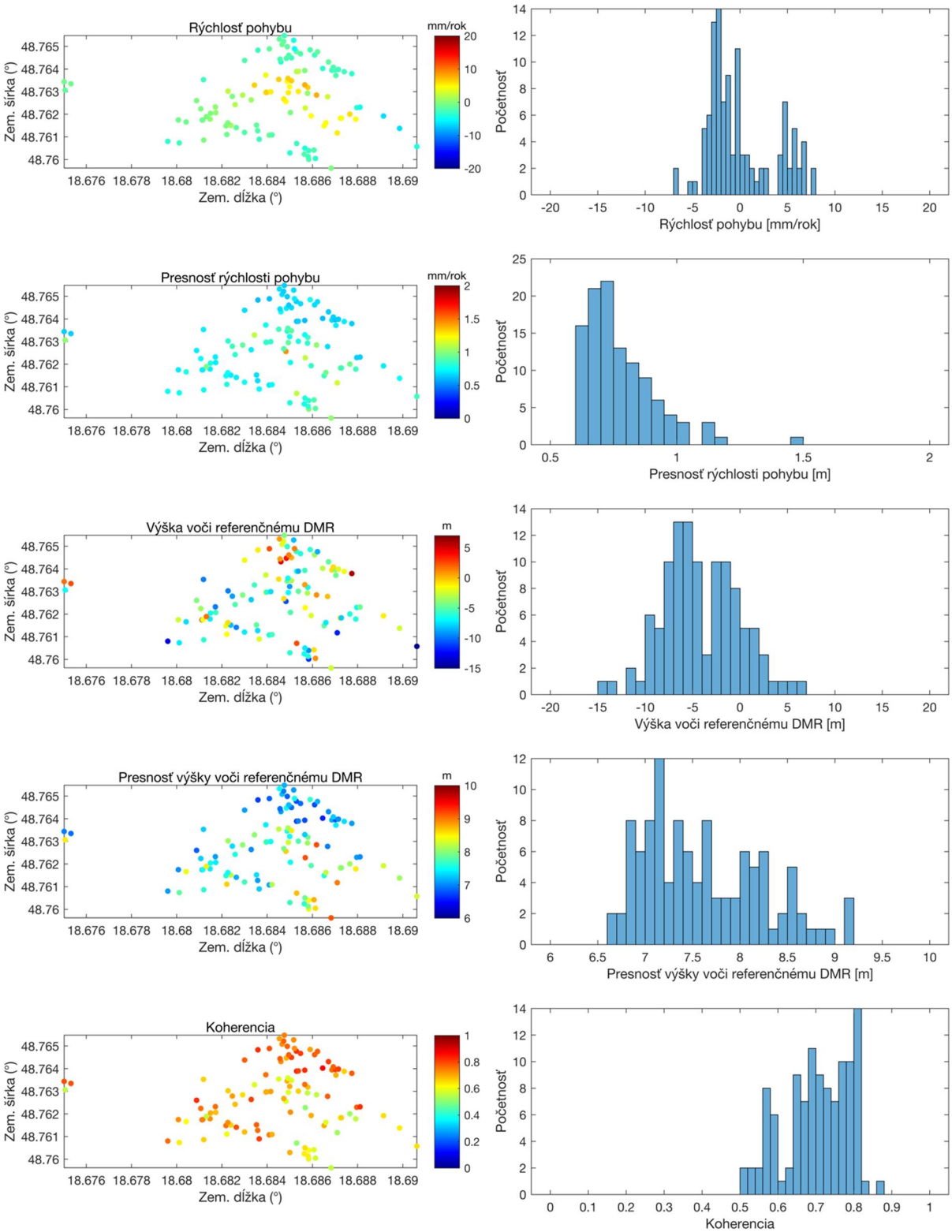
Celkovo bolo v riešenej oblasti Hradca detegovaných 168 (vzostupná dráha č. 175) resp. 260 (zostupná dráha č. 51) vhodných prirodzených odrážačov. Grafické zhodnotenie vo forme histogramov je znázornené na obr. 4.4.7.



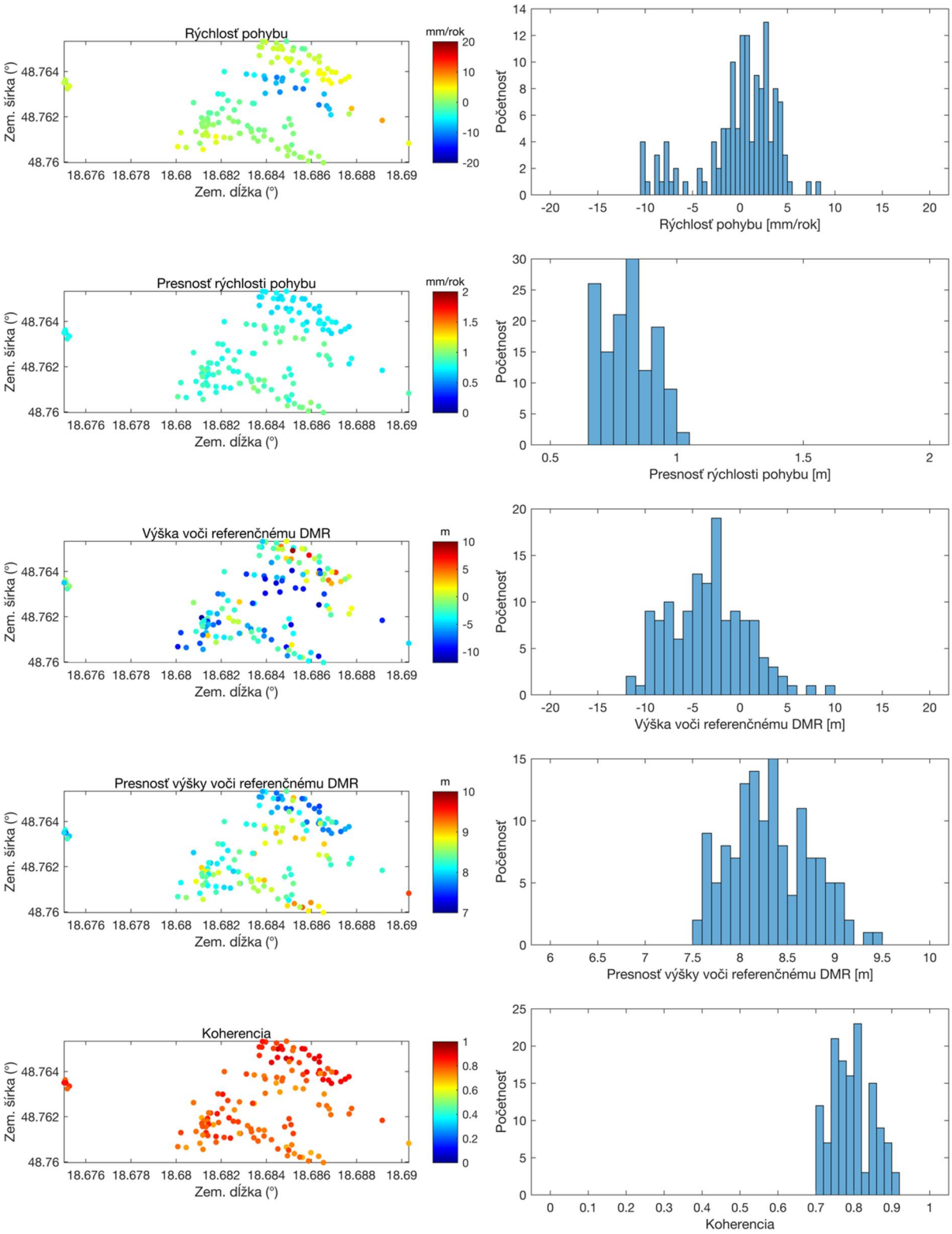
Obr. 4.4.7a. Histogramy početnosti primárnych a pomocných parametrov odrazových bodov na lokalite Prievidza-Hradec v roku 2017 (vzostupná dráha č. 175 – Papčo a Bakoš, 2018).



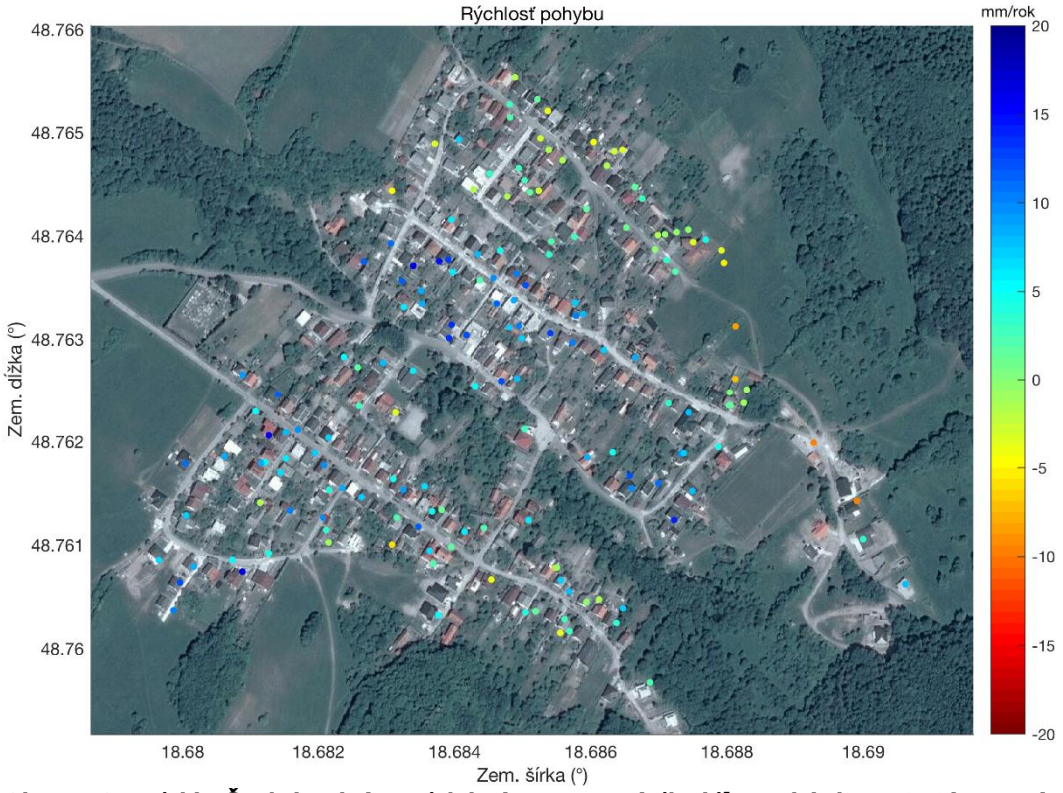
*Obr. 4.4.7b. Histogramy po*ľ*etnosti primárnych a pomocných parametrov odrazových bodov na lokalite Prievidza-Hradec v roku 2017 (zostupná dráha* ľ*. 51 ï Pap*ľ*o a Bako*Ř*, 2018).*



Obr. 4.4.7c. Histogramy po̧etnosti primárnych a pomocných parametrov odrazových bodov na lokalite Prievidza-Hradec v roku 2018 (vzostupná dráha ̧. 175 ï Pap̧o a BakoŔ, 2019).



Obr. 4.4.7d. Histogramy poľetnosti primárnych a pomocných parametrov odrazových bodov na lokalite Prievidza-Hradec v roku 2018 (zostupná dráha ľ. 51 ï Papľo a BakoŔ, 2019).



Obr. 4.4.8a. Rýchlosť pohybu sledovaných bodov v smere dráhy lúča na lokalite Prievidza-Hradec v roku 2017, vzostupná dráha č. 175.



Obr. 4.4.8b. Rýchlosť pohybu sledovaných bodov v smere dráhy lúča na lokalite Prievidza-Hradec v roku 2017, zostupná dráha č. 51.

Z oboch obežných dráh družice Sentinel-1 bol v sledovanom období detegovaný signifikantný pohyb v južnej časti obce. Vzhľadom na spoločný referenčný bod má zosuvné územie pretrvávajúci poklesávajúci charakter v deformačných mapách zo zostupnej obežnej dráhy a opačnú či stúpajúcu tendenciu vo vzostupnej obežnej dráhe (obr. 4.4.8) z dôvodu, že sledovaný jav má najväčšiu veľkosť v horizontálnej zložke pohybu.
Vzhľadom na vhodné pokrytie záujmovej oblasti odrazovými prvkami zo vzostupnej a zostupnej dráhy a extrémnej rýchlosti pohybu v širšej lokalite je možné vzájomnou kombináciou a dekompozíciou vektora pohybu v smere pohľadu radaru určiť zložky pohybu v horizontálnom smere (smer západ – východ) a vertikálnom smere. Z nameraných výsledkov vyplýva, že značná časť územia mestskej časti Hradec je v neustálom pohybe, ktorého rýchlosť dosahuje až 20 mm.rok^{-1}.



Obr. 4.4.8c. Rýchlosť pohybu sledovaných bodov v smere dráhy lúča na lokalite Prievidza-Hradec v roku 2018, vzostupná dráha č. 175.

Autori Papčo a Bakoň (2019) predpokladajú, že odhadnuté parametre rýchlosti, teda lineárny trend vývoja časového radu, zachytáva reálne hranice potenciálnych svahových deformácii sledovanej oblasti, keďže naň poukazujú nezávisle merania z oboch obežných dráh. V prípade potvrdenia pohybových tendencií, porovnávaním výsledkov InSAR s inými monitorovacími metódami, realizovanými v oblasti zosuvnej lokality Prievidza-Hradec, považujú za vhodné zakomponovať merania družice Sentinel-1 do plánov pravidelného monitoringu s prípadnou inštaláciou pasívnych, príp. aktívnych kútových odrážačov pre spresnenie určenia časových rádov, a to hlavne na kritických miesta sledovaného územia. Zároveň odporúčajú využiť pokročilé metodológie spracovania s využitím menej koherentných odrazových prvkov (Bakoň et al., 2017), ktoré umožnia zhustiť siete bodov so signifikantnými

pohybovými tendenciami, resp. v kritických lokalitách s nižšou stabilitou elektromagnetického signálu, napríklad v oblastiach s vyšším vegetačným pokryvom.



Obr. 4.4.8d. Rýchlosť pohybu sledovaných bodov v smere dráhy lúča na lokalite Prievidza-Hradec v roku 2018, zostupná dráha č. 51.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

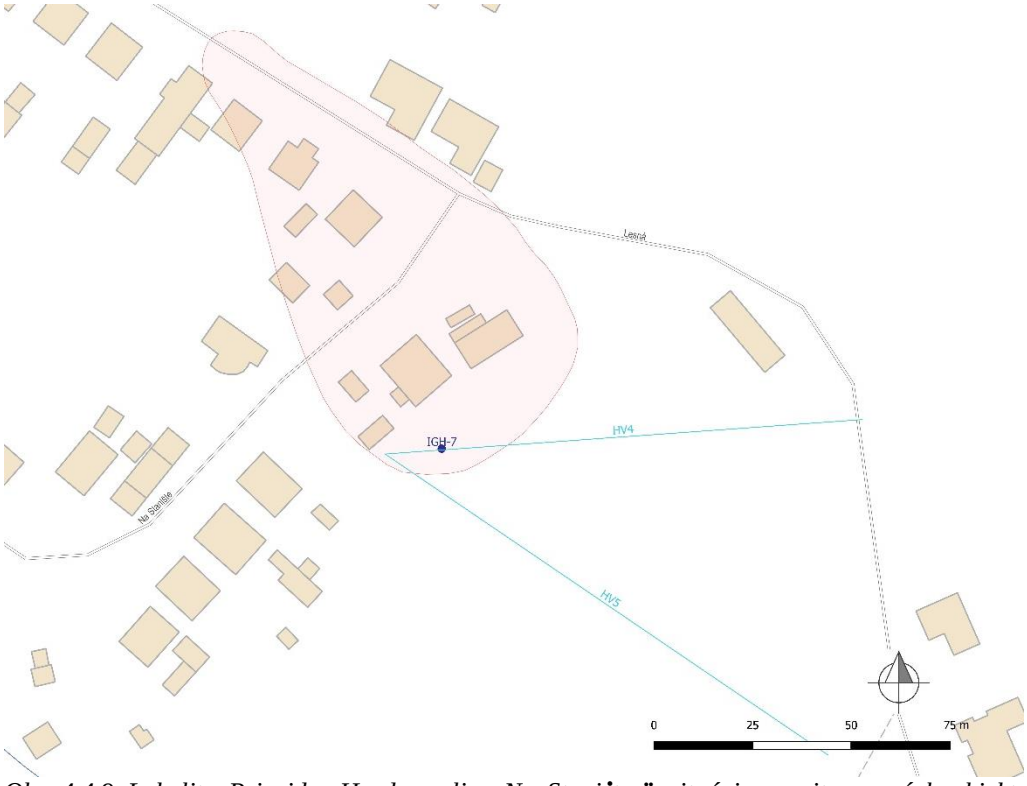
Na lokalite Prievidza-Hradec sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované pôvodne v 2 vrtoch (v rokoch 2017 a 2018, v súvislosti s pokračovaním vrtu IGH-8, bol pozorovaný prevažne len vrt IGH-7; tab. 4.4.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.4.3 a 4.4.4). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za roky 2017 a 2018 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, ktoré sú odvodené z výsledkov predchádzajúcich meraní, sú znázornené na obr. 4.4.10. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v dlhšom časovom horizonte sú znázornené na obr. 4.4.12.

Tab. 4.4.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2017 na lokalite Prievidza-Hradec

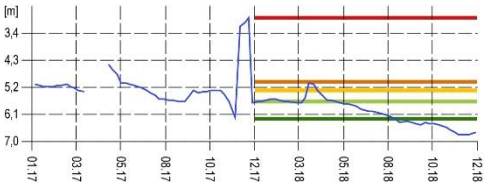
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
IGH-7	49	2,89	470,76	23. 12. 17	6,23	467,42	30. 11. 17	5,17	468,48	3,34

V roku 2017 sa v režimové merania vykonávali len vo vrte IGH-7. Realizovaných bolo 49 kontrolných meraní (7. január – 29. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná 23. decembra (2,89 m pod terénom; 470,76 m n. m.). V porovnaní s výsledkami z predchádzajúcich režimových pozorovaní predstavuje táto hodnota najvyššiu úroveň hladiny podzemnej vody za celé obdobie monitorovania na lokalite Prievidza-Hradec. Hladina

podzemnej vody sa prakticky poľas celého roka nachádzala v blízkosti dlhodobého priemeru, len zaľiatkom mája zaznamenala výraznejší vzostup. Na konci novembra sa dokonca priblížila k hodnote dlhodobého minima. Následne, poľas decembra prudko stúpla, a to až o 3,34 m. Uvedená hodnota decembrového vzostupu predstavuje i maximálnu hodnotu kolísania. Priemerná hladina podzemnej vody vo vrte GH-7 dosiahla v roku 2017 hĺbku 5,17 m pod terénom, ľo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom len mierny vzostup (o 0,03 m).



Obr. 4.4.9. Lokalita Prievidza-Hradec, ulica Na Stanici – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpeľované režimové pozorovania (objekty označľené ako body – piezometrické vrty: modré – merané pozorovateľom, oranžové – s automatickými hladinomermi; objekty označľené ako modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraniľenie zosuvov podľa Jadroňka a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.4.10. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody vo vrte IGH-7, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Prievidza-Hradec, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO: 4. 5. 15 – 29. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná poľas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej poľas RO.

Tab. 4.4.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2018 na lokalite Prievidza-Hradec

Bod	Poľet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
IGH-7	50	5,05	468,60	31.03.18	6,80	466,85	01.12.18	6,03	467,62	1,75

V roku 2018 bolo zabezpeľených 50 kontrolných meraní, a to v období od 7. januára do 16. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná v hĺbke 5,05 m pod

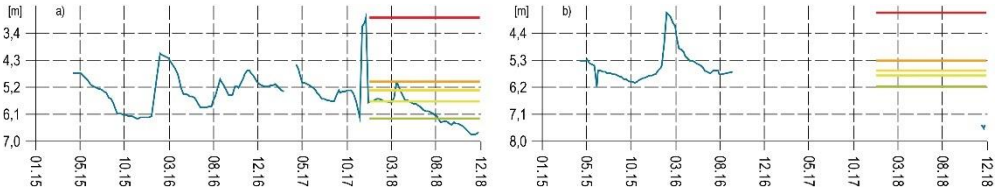
terénom (468,60m n. m.) na konci marca. Od tohto termínu mala hladina zostupný charakter. Najhlbšie pod terénom bola zaznamenaná na zaļiatku decembra, v hĎbke 6,80 m pod terénom (466,85 m n. m.). Priemerná hĎbka hladina podzemnej vody dosiahla hodnotu 6,03 m pod terénom (467,62 m n. m.), ļo je oproti s predchádzajúcim rokom zostup o 0,86 m. Kolísanie hĎbky hladiny podzemnej vody dosiahlo 1,75 m.



Obr. 4.4.11. Lokalita Prievidza-Hradec, Pavlovská ul.– situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpeļované reģimové pozorovania (objekty oznaļené ako body – piezometrické vrty: modré – merané pozorovateĎom, oranžové – s automatickými hladinomermi; objekty oznaļené ako modré línie – hĎbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodĹovacích vrtov); ohraniļenie zosuvov podĎa Jadroňka a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.

Ikeď reģimové pozorovania sú na lokalite zabezpeļované relatívne krátke obdobie, z výsledkov meraní vyplýva, že pozorovanú hladinu podzemnej vody do veĎkej miery ovplyvňujú klimatické faktory. Maximálne hladiny sú spojené so zimným obdobím, resp. a zaļiatkom jarného obdobia. Naopak, minimálne stavy sa vyskytujú na konci leta, resp. poļas jesenných mesiacov (obr. 4.4.12).

Problém pri meraní hladiny podzemnej vody predstavujú samotné monitorovacie objekty, konkrétne spôsob zabudovania ich nadzemnej ļasti. Vrty nemajú ochrannú oceĎovú paģnicu, ļo pravdepodobným dôvodom poškodzovania oboch vrtov.



Obr. 4.4.12. Dlhodobé (2015 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Prievidza-Hradec, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateĎom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenļné obdobie – RO): a – IGH-7, b – IGH-7 (RO: 4. 5. 15 – 29. 12. 17), ļervená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná poļas RO, bledozelená – 1. kvartil, šedá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĎbke hladiny podzemnej vody, nameranej poļas RO.

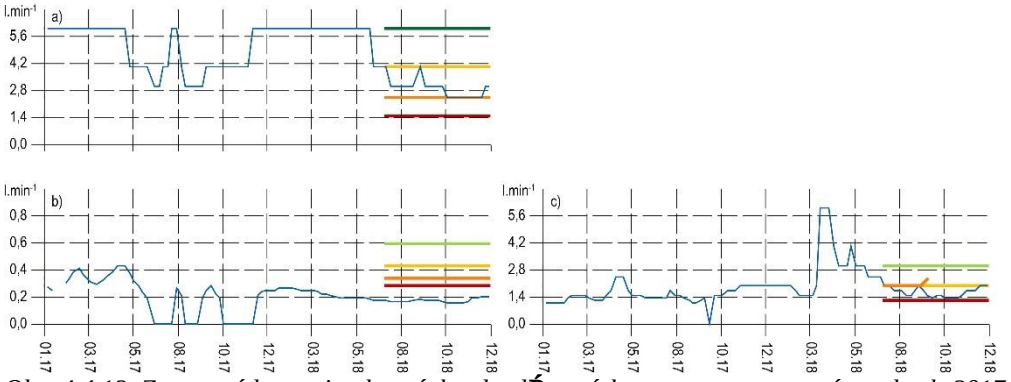
d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Prievidza-Hradec je pozorovaných 5 odvodňovacích zariadení (tab. 4.4.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.4.5. a 4.4.6). Vrty sú sústredené do dvoch parciálnych zosuvných území. Prvé tri sú situované v severozápadnej časti Pavlovskej ulice a odvádzajú podzemné vody z juhovýchodnej časti územia. Vrty HV-4 a HV-5 sú lokalizované v oblasti ulice Na Stanici te s orientáciou na východ a juhovýchod a drénujú futbalové ihrisko a jeho okolie. Situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.4.9 a 4.4.11.

Tab. 4.4.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v roku 2017 na lokalite Prievidza-Hradec

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	49	6,00	7. 1. 17	3,00	30. 6. 17	4,84	3,00
HV-2	49	0,43	30. 4. 17	0,00	30. 6. 17	0,20	0,43
HV-3	49	kvapkanie, suché					
HV-4	49						
HV-5	49	2,40	30. 4. 17	0,00	30. 9. 17	1,50	2,40

V roku 2017 bolo zabezpečených 49 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 7. januára do 29. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 7. januára na odvodňovacom vrte HV-1 (6,0 l.min^{-1}), čo v porovnaní s rokom 2016 predstavuje výrazný pokles u porovnávaného ukazovateľa. Z obr. 4.4.13 vyplýva, že vo vrte HV-1 sa daný stav výdatnosti udržal až do 20. mája, kedy prietok klesol na 4,00 l.min^{-1}. Z obrázku taktiež vyplýva, že uvedený prietok je v danom vrte maximálny i z dlhodobého hľadiska a naviac, počas monitorovaného obdobia sa podobné hodnoty vyskytovali relatívne často (v predchádzajúcom období mal prietok s danou hodnotou najvyššiu početnosť). Najnižšia výdatnosť sa v tomto vrte vyskytovala 30. júna (3,0 l.min^{-1}) a priemerná ročná výdatnosť v ňom dosiahla 4,84 l.min^{-1}. Počas roka 2017 boli dva vrty suché (HV-3 a HV-4; prakticky pri všetkých meraniach), resp. voda z nich len kvapkala. Celková najnižšia výdatnosť, vypočítaná z prietokov zo všetkých odvodňovacích vrtov, bola zaznamenaná 3. septembra s hodnotou 4,09 l.min^{-1}. V súvislosti s minimálnou hodnotou je potrebné uviesť, že počas tohto termínu boli okrem vrtu HV-1 suché všetky vrty. Ide o obdobie, kedy zrážkový deficit dosahoval maximum (obr. 4.3.18). Podobne, v tomto období vrcholil i zostupný trend hladiny podzemnej vody vo vrte IGH-7 (jediný funkčný piezometrický vrt na lokalite).



Obr. 4.4.13. Zmeny výdatnosti vybraných odvodňovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Prievidza-Hradec, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – HV-1, b – HV-2 (max. hodnota počas RO: 4,00 l.min^{-1}), c – HV-5 (RO: 4. 5. 15 – 30. 12. 16; max. hodnota počas RO:12,00 l.min^{-1}), červená – minimálna, tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.

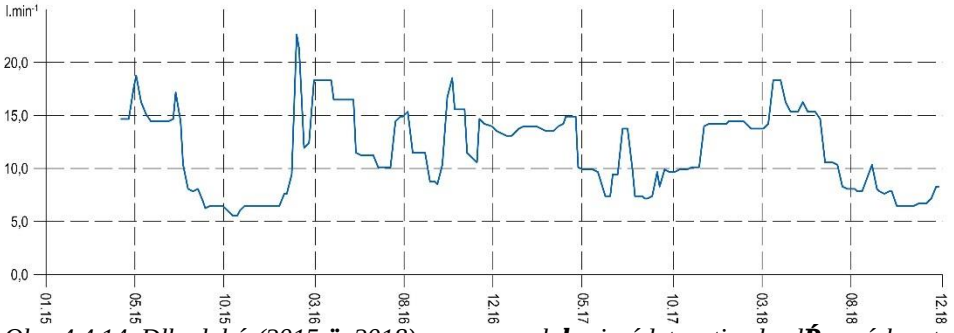
Sumárna priemerná výdatnosť vŕtok meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 6,53 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 2,43 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-1 (3,0 l.min^{-1}).

Počas roka 2018 bolo zabezpečených 50 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 7. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 7. januára na odvodňovacom vrte HV-1 a 31. marca na vrte HV-5 (6,0 l.min^{-1}). Vo vrte HV-1 bola najnižšia výdatnosť nameraná v októbri s hodnotou 2,40 l.min^{-1} a priemerná výdatnosť dosiahla 4,37 l.min^{-1}. Vo vrte HV-5 bola najnižšia výdatnosť dosiahnutá koncom septembra s hodnotou 1,33 l.min^{-1} a priemerná výdatnosť dosiahla 2,27 l.min^{-1}. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte HV-2 (0,27 l.min^{-1}; 28. januára. Počas hodnotného roka boli 2 vrty suché (HV-3 a HV-4; 1x bolo na vrte HV-4 pozorované kvapkanie).

Sumárna priemerná výdatnosť vŕtok meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 6,84 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s rokom 2017 nárast o 0,31 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-5 (4,67 l.min^{-1}). Najvyššiu priemernú výdatnosť, a tým pádom i najvyššiu efektivitu v odvádzaní podzemných vôd mal vrt HV-1, vedený paralelne s Pavlovskou ul.

Tab. 4.4.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v roku 2018 na lokalite Prievidza-Hradec

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	[l.min^{-1}]
HV-1	50	6,00	7. 1. 18	2,40	21. 10. 18	4,37	3,60
HV-2	50	0,27	28. 1. 18	0,15	17. 11. 18	0,20	0,11
HV-3	50	suché					
HV-4	50						
HV-5	50	6,00	31. 3. 18	1,33	30. 9. 18	2,27	4,67



Obr. 4.4.14. Dlhodobé (2015 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Prievidza-Hradec. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: HV-1, HV-2, HV-3, HV-4 a HV-5.

Z obdobia monitorovania, ktoré je síce relatívne krátke, je ale vidieť, že priebeh výdatnosti, podobne ako v prípade zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, podlieha cyklickým zmenám súvisiacich s klimatickými faktormi (obr. 4.4.14). Najväčšie výdatnosti sú teda späté jarným obdobím, s výskytom maximálnych úrovní hladiny podzemnej vody.

Z analýzy hodnotenia efektívnosti odvodňovacích zariadení vyplýva, že v rámci hodnotenej lokality prevládajú výdatnosti v rozsahu 0,0 až 0,6 l.min^{-1}. Dlhodobo je najefektívnejším odvodňovacím vrtom HV-1. V tomto vrte prevládajú výdatnosti s hodnotou 6,0 l.min^{-1}. Najnižšiu účinnosť majú vrty HV-3 a HV-4.

e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Prievidza (indikatív 30120; obr. 4.3.15). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú v popise lokality Veľká Lúka.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Prievidza-Hradec boli monitorovacie aktivity zabezpečované v oblasti Pavlovskej ulice a v pod futbalovým ihriskom na uliciach Na Stanici a Lesnej. Zároveň, prostredníctvom diaľkového prieskumu Zeme technológiou InSAR bola sledovaná pohybová aktivita celej mestskej časti.

V roku 2018 bolo meraniami metódou presnej inklinometrie, ale aj realizovanou technológiou InSAR potvrdené, že v mestskej časti Prievidza-Hradec naďalej pretrváva stabilitne nepriaznivý stav. Z inklinometrických meraní vyplýva, že najaktívnejšou oblasťou je naďalej územie pod futbalovým ihriskom. Pohybová aktivita na šmykovej ploche je aktuálne monitorovaná jediným funkčným inklinometrickým vrtom IGH-5i. Vrt IGP-10i, ktorý sa nachádza v tejto oblasti, bol počas roka 2017 v dôsledku mimoriadne vysokej pohybovej aktivity zosuvného telesa poškodený, vďaka čomu sa stal nemerateľný. Z hľadiska hodnotenia nameraných etapových vektorov na šmykovej ploche treba ale poznamenať, že v roku 2018, porovnaní s rokom 2017, došlo k pomerne výraznému upokojeniu pohybovej aktivity. Predpokladáme, že pozitívny stabilitný vývoj súvisí s dlhodobým zrážkovým deficitom. V oblasti Pavlovskej ul. výrazne prevládali etapové vektory do 1 mm, len v prípade vrtu IGP-9i boli namerané deformácie nad 1 mm.

I napriek relatívne priaznivému vývoju v oblasti parciálnych svahových porúch, analýza druhotných údajov opätovne potvrdila, že prevažná časť územia mestskej štvrte Prievidza-Hradec je naďalej pohybovo aktívna. Relatívne stabilnú oblasť predstavuje len úzky pás v najsevernejšej časti obce. Najproblémovejšie miesta, v ktorých sa prejavujú deštrukčné javy na stavebných objektoch sú v oblastiach kontaktu aktívnych a stabilnejších prostredí. Najväčšie rýchlosti pohybu (nad 20 mm.rok^{-1}) sú pozorované v centrálnej časti mestskej štvrte. Táto oblasť však zostáva bez viditeľného negatívneho dopadu na stavebných objektoch. Zjednodušene by sa dalo povedať, že sa „vezie".

Väčším problémom pri monitorovaní hladiny podzemnej vody sú nekvalitne vybudované piezometrické vrty. Z nameraných údajov vyplýva, že hladiny v druhej časti hodnoteného roka klesli pod úroveň dlhodobého minimálneho stavu.

V roku 2018, a to i napriek výraznému zrážkovému deficitu, vrty HV-1, HV-2 a HV-5 počas všetkých meraní odvádzali podzemnú vodu. Maximálne hodnoty prietoku boli namerané v zimnom a jarnom období. Vrty HV-3 a HV-4 boli počas celého roka suché.

I keď stabilizácia zosuvného územia je po technickej, ale i finančnej stránke mimoriadne náročná, v záujme zlepšenia stabilitných pomerov je nevyhnutné v čo najskoršom termíne vyriešiť otázku hospodárenia s odpadovými vodami, v ideálnom prípade ich odkanalizovaním. Splaškovými a zrážkovými vodami sa v mnohých prípadoch nekontrolovane nasycuje horninové prostredie. Rovnako, územný plán obce by mal zohľadniť existenciu rozsiahlych svahových porúch, ktoré si vyžadujú finančne mimoriadne náročné sanačné opatrenia a usmerniť stavebné aktivity prednostne do území mimo svahových porúch. Pri nevyhnutných stavebných aktivitách je potrebné predísť nevhodným zásahom do geometrie svahu, nebudovať zárezy v exponovaných miestach, atď.

Mestská časť Prievidza-Hradec predstavuje rozsiahle zosuvné územie, v ktorom sú ohrozené a poškodené mnohé stavebné objekty. Z tohto dôvodu bolo zosuvné územie zaradené do súboru socio-ekonomicky najvýznamnejších lokality, na ktorých budú v nasledujúcom období monitorovacie aktivity zabezpečované v rámci riešenia geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s ĽMS ï GF, predstavuje významný progres v oblasti využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom on-line zbere údajov o aktivite

zosuvných deformácií a prenose údajov do centra monitoringu (ktorým je sídlo ĠGÚDĠ v Bratislave) prostredníctvom technológie IoT.

1.4.5. Lokalita Prievidza-VeÄká Lehôtka

StruÄná charakteristika lokality

Lokalita VeÄká Lehôtka je podobne ako Hradec súÄasÅ¥ou mesta Prievidza v rámci mestskej Äasti Prievidza V.-Ä¹tvrte. Nachádza sa približne 1,5 km juhozápadne od mestskej Äasti Hradec. Lokality sú si blízke i geologickou stavbou a genézou zosuvného javu. I v tomto prípade zohráva kÄ¾ÃºÄovú úlohu gravitaÄný rozpad VtáÄnika.

Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súÄasÅ¥ou správ z prieskumu (IlkaniÄ et al., 2013, FekeÄ a IlkaniÄ, 2014b in Ä¹imeková et al., 2014) a sanácia (Tupý et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014; Ondrejka et al., 2015).

PrehÄ¾ad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Na lokalite Prievidza-VeÄká Lehôtka boli v rokoch 2017 a 2018 monitorovacie aktivity zamerané na sledovanie pohybovej aktivity (pomocou inklinometrických meraní) a reÅ¾imových ukazovateÄ¾ov (hÄºbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodÅˆovacích vrtov). Termíny realizácie jednotlivých meraní sú zhrnuté v tab. 4.5.1.

Tab. 4.5.1. PrehÄ¾ad monitorovacích aktivít, uskutoÄnených na lokalite Prievidza-VeÄká Lehôtka v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		PoÄet uskutoÄnených meraní *(dátum merania)*	
	PoÄet	OznaÄenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	8	Remeselnícka ul.: IGR-1i, IGR-4i, IGR-5i, Podhorská ul.: IGP-1i, IGP-3i, IGP-4iN, IGP-7i, IGP-8i	2 *(24. apríl, 6. december)*	2 *(14. august, 21. november, 5. december)*
Meranie hÄºbky hladiny podzemnej vody	3	IGR-4, IGR-5, IGP-6[1]	49 *(1x za týždeÅˆ)*	46 – 50 *(cca 1x za týždeÅˆ)*
Merania výdatnosti odvodÅˆovacích zariadení	7	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4 HV-5, HV-6, HV-7	49 *(1x za týždeÅˆ)*	46 – 50 *(cca 1x za týždeÅˆ)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prievidza (indikatív 30120)	*Denné úhrny zrážok Teploty vzduchu (priemerná a minimálna)*	

[1] *– vrt IGP-6 je od 4. 11. 2018 zasypaný*

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateÄ¾ov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Prievidza-VeÄká Lehôtka zabezpeÄujú od roku 2014 na šiestich vrtoch (vybudovaných poÄas prieskumu), ku ktorým v roku 2015 pribudli ÅˆalšIe dva vrty (vybudované poÄas sanácie v roku 2014; nulté meranie na týchto vrtoch bolo realizované v roku 2015). Jednotlivé vrty sú situované v profile, ktorý sa tiahne severojužným smerom (v severnej Äasti obce pretína Remeselnícku ul. – vrty IGR-4i, 5i a 1i – a pokraÄuje paralelne s Podhorskou ul. – IGP-8i, 1i, 3i, 4i a 7i). Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.5.2 a prezentované na obr. 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3 a 4.5.4.

V roku 2017 boli v jednotlivých zosuvných Äastiach obce zrealizované dve etapy inklinometrických meraní. Prvé meranie bolo vykonané v druhej polovici apríla a charakterizovalo pohybovú aktivitu za cca sedemmesaÄné obdobie. NajväÄší prírastok



Obr. 4.5.1. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka, Remeselnícka ul. – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.5.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohranič enie zosuvu podľa Fekeľa a Ilkanič a, (2014b in Čmeková et al., 2014), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.5.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka v rokoch 2017 a 2018

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	23. 9. 16 – 24. 4. 17			24. 4. 17 – 6. 12. 17			6. 12. 17 – 14. 8. 18			14. 8. 18 – 21. 11. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IGP-1i	1,00	24,03	8,83	315	30,13	6,30	300	35,02	4,90	309	33,53	1,51	122
IGP-1i	7,00	2,60	0,50	310	0,81	1,81	136	1,00	0,20	310	1,20	0,22	337
IGP-3i	6,60	2,39	0,41	86	3,18	2,28	341	3,14	0,20	190	2,80	0,50	153
IGP-4iN	2,50	3,47	1,70	240	6,51	3,05	11	6,15	0,50	150	6,02	0,45	267
IGP-4iN	3,00	3,04	1,12	250	5,95	2,91	11	5,80	0,45	123	5,32	0,70	240
IGP-7i	6,96	0,71	2,25	333	1,06	0,81	358	18,28	17,36	285	1,10	17,22	108
IGP-7i	17,46	1,32	0,85	320	1,00	0,32	347	16,66	16,92	286	1,00	16,73	106
IGP-8i	12,04	1,08	1,91	227	0,63	0,45	27	1,12	0,50	217	0,92	0,32	72
IGR-1i	1,38				3,04	2,26[1]	320[1]	3,31	1,17	75	4,20	0,95[2]	347[2]
IGR-1i	6,38				0,60	2,60[1]	259[1]	1,08	0,67	68	1,20	0,20[2]	95[2]
IGR-4i	3,52	4,42	0,40	218	5,87	2,22	74	6,50	0,63	110	7,02	0,67	155
IGR-4i	6,02	1,58	0,67	245	2,10	2,13	87	2,20	0,10	128	2,51	0,32	146
IGR-5i	5,57	2,37	0,51	209	3,32	1,32	301	3,33	0,28	175	3,34	0,14	175

CD – celková deformácia od nultého merania (6. 11. 14 – vrty: IGP-1i, IGP-3i, IGP-4i, IGR-1i, IGR-4i a IGR-5i; 16. 3. 15 – vrty: IGP-7i a IGP-8i; 15. 12. 15 – IGP-4iN); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 23. 9. 16 – 6. 12. 17; [2] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 14. 8. 18 – 5. 12. 18.

deformácie inklinometrickej pažnice počas tejto etapy bol nameraný vo vrte IGP-7i v hĺbke 6,96 m pod terénom (2,25 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,84 mm.rok^{-1}; azimut 333°). Mierne zvýšené hodnoty pohybovej aktivity boli namerané aj vo vrtoch IGP-8i (v hĺbke 12,04 m pod terénom bol zaznamenaný prírastok deformácie 1,91 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,27 mm^{-1}) a IGP-4i (v hĺbke 2,5 m pod terénom; 1,7 mm; 2,91 mm.rok^{-1}). Ich azimuty boli orientované juhozápadným smerom. V ostatných monitorovacích vrtoch na sledovaných šmykových plochách sa hodnoty etapových vektorov pohybovali do 0,85 mm (IGP-7i – hĺbka 17,46 m pod terénom). Počas nasledujúceho decembrového merania došlo v niektorých vrtoch (IGP-1i, IGP-3i, IGP-4i, IGR-4i a IGR-5i) k nárastu pohybovej aktivity, a naopak v niektorých vrtoch k jej poklesu (IGP-7i a IGP-8i). Najvyššiu nameraný etapový

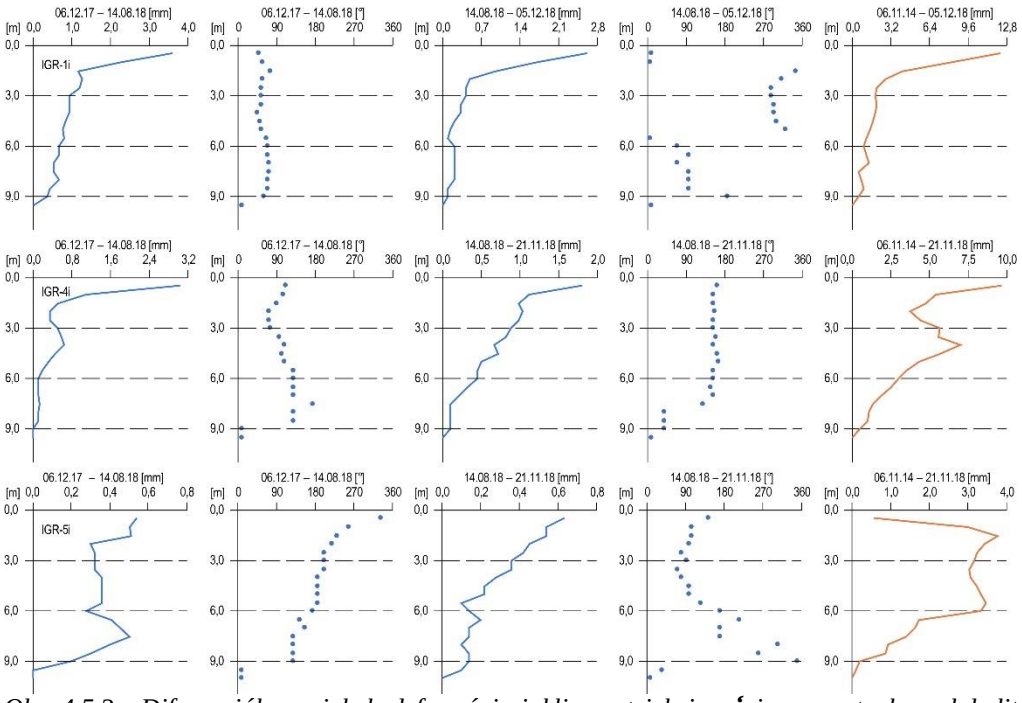
prírastok bol vo vrte IGR-4i v hĎbke 2,5 m pod terénom (3,05 mm; 4,92 mm.rok^{-1}; azimut 63°). Vektory nad 2 mm boli namerané vo vrtoch (IGP-3i ï 2,28 mm ï 3,68 mm.rok^{-1}, IGR-1i ï 2,6 mm ï 2,16 mm.rok^{-1}, IGR-4i ï 2,22 mm ï 3,58 mm.rok^{-1}). Najvyġġia hodnota výslednej deformácie za monitorované obdobie je vo vrte IGP-4iN v hĎbke 2,5 m pod terénom. V období od 6. novembra 2014 do 6. decembra dosiahla veĎkosŠ 6,51 mm. ZároveŔ ide o vrt s jasne vyprofilovanou ġmykovou plochou (obr. 4.5.3.b). Z decembrového kontrolného merania vyplýva, ġe aġ v ġtyroch vrtoch (IGP-3i, IGP-1i, IGR-1i a IGR-4i) boli namerané najvyġġie etapové vektory za celé monitorované obdobie (tab. 4.5.2).



Obr. 4.5.2. Lokalita Prievidza-VeĎká Lehôtka, Podhorská ul. ï vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.5.2; ļ ísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch oznaļ ujú hĎbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraniļ enie zosuvu podĎa Fekeļ a a Ilkaniļ a, (2014b in Ġmeková et al., 2014), mapový podklad: ZBGIS®.

Monitorovacími merania s rovnakou frekvenciou, na rovnakom poļ te vrtov, sa pokraļ ovalo v sledovaní pohybovej aktivity v katastri VeĎkej Lehôtky aj v roku 2018 (výsledky zaznamenané vo vrte IGP-7i nebolo moġné spoĎahlivo vyhodnotiŠ v dôsledku technických problémov, ktoré vznikli pri jarnej kontrolnej etape). V oblasti Remeselníckej ulici boli sledované relatívne nízke hodnoty deformaļ ných prírastkov, a to poļ as oboch kontrolných etáp. Najvyġġia hodnota nameraného vektora bola zaznamenaná vo vrte IGR-1i poļ as jarnej etapy. V hĎbke 6,38 m pod terénom na sledovanej ġmykovej ploche bol v období od 6. decembra do 14. augusta nameraný vektor 0,67 mm, ļ o predstavuje priemernú rýchlosŠ 0,97 mm.rok^{-1} (azimut ï 68°). Na plytġej ġmykovej ploche, v hĎbke 1,38 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 1,17 mm (priemerná rýchlosŠ ï 1,7 mm.rok^{-1}; azimut ï 75°). Pri kontrolnom meraní bol overený pokles pohybovej aktivity v oboch sledovaných horizontoch (v hĎbke 6,38 m pod terénom ï 0,2 mm; 0,64 mm.rok^{-1}; v hĎbke 1,38 m pod terénom ï 0,95 mm; 3,06 mm.rok^{-1}). Celková deformácia na hlavnej ġmykovej ploche (6,38 m pod terénom) v období od nultého (6. november 2014) po posledné etapové meranie

(5. december 2018) dosiahla 1,2 mm, ľo v prepoľte na priemernú rýchlosŠ prestavuje 0,29 mm.rok^{-1}. Etapové prírastky nad 0,6 mm boli namerané i vo vrte IGR-4i (v hĎbke 3,52 m pod terénom ï jarná etapa ï 0,67 mm; 2,47 mm.rok^{-1}; jesenná etapa ï 0,63 mm; 0,92 mm.rok^{-1}). Celková deformácia na sledovanej ģmykovej ploche poľas monitorovaného obdobia (od 6. novembra 2014 do 21. novembra 2018) dosiahla 7,02 mm, ľo v prepoľte na priemernú rýchlosŠ prestavuje 1,74 mm.rok^{-1}. Vo vrte IGR-5i v hĎbke 5,57 m pod terénom dosiahol najvyģší etapový prírastok deformácie (v roku 2018) 0,28 mm (0,41 mm.rok^{-1}).

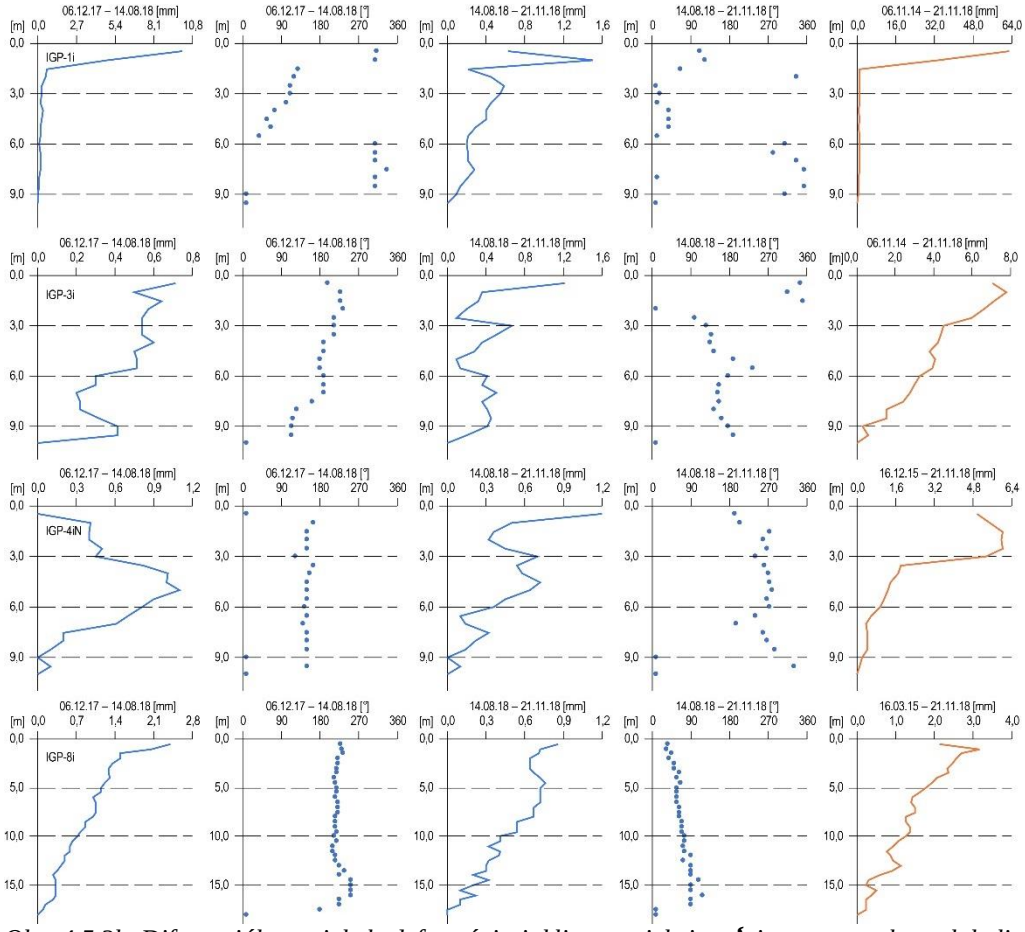


Obr. 4.5.3a. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej paģnice vo vrtoch na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka (Remeselnícka ulica; oznaľenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia ï etapová deformácia inklinometrickej paģnice, modré body ï etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová ï výsledná deformácia inklinometrickej paģnice za dlhģie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

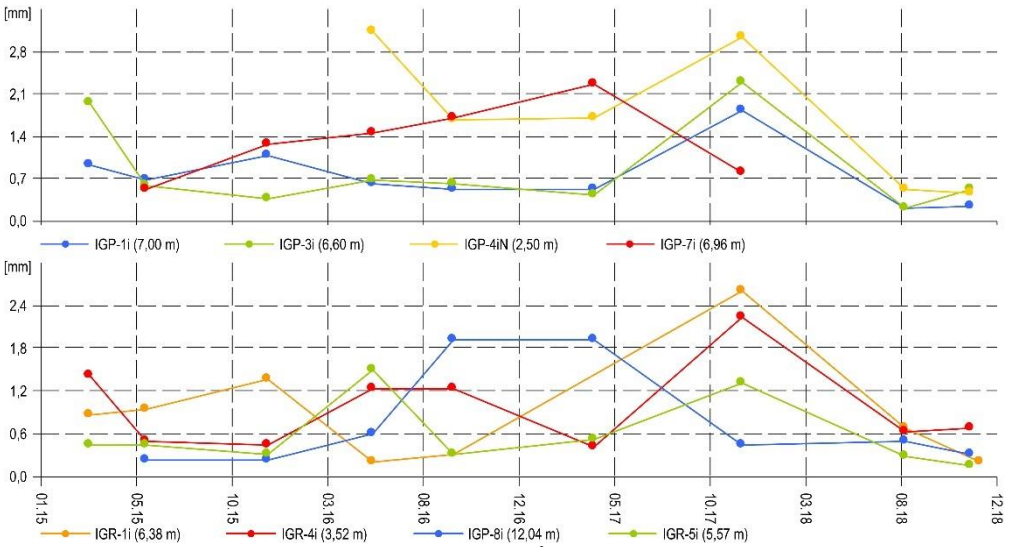
Podobná situácia bola i v oblasti zosuvného územia na Remeselníckej ul. Etapové prírastky deformácie v jednotlivých vrtoch, na sledovaných ģmykových plochách, dosiahli maximálne hodnotu 0,5 mm. Poľas jarnej etapy boli takéto vektory namerané na ģmykových plochách vo vrtoch IGP-4iN a IGP-8i (0,73 mm.rok^{-1}) a poľas jesennej etapy vo vrte IGP-3i (1,84 mm.rok^{-1}). Najmenģie zmeny boli v oblasti vrtu IGP-1i (jarná etapa ï 0,22 mm ï 0,81 mm.rok^{-1}; jesenná etapa ï 0,2 mm ï 0,29 mm.rok^{-1}). Najvyģšia výsledná deformácia, ktorá charakterizuje obdobie monitorovania, je vo vrte IGP-4iN. Na ģmykovej ploche v hĎbke 2,5 m pod terénom) v období od nultého (16. december 2015) do 14. augusta 2018 dosiahla deformácia 6,15 mm, ľo v prepoľte na priemernú rýchlosŠ prestavuje 2,31 mm.rok^{-1}.

Z hĎadiska stability je moģné rok 2018 hodnotiŠ pozitívne. Predpokladáme, ģe pod priaznivý stabilitný vývoj sa podpísali klimatické pomery posledných rokov, poľas ktorých mali zráģkové úhrny deficitný charakter.

Pri hodnotení celého obdobia monitorovania bol do roku 2017 pozorovateĎný mierne vzostupný trend prírastkov etapových deformácií. V roku 2018 doģlo vģak k poklesu pohybovej aktivity na vģetkých sledovaných ģmykových plochách. V ľasti inklinometrických vrtov, tak ako to bolo uģ vyššie spomenuté, boli najvyššie deformácie namerané v prvej polovici decembra 2017. Medzi najaktívnejšie oblasti patrí územie v okolí vrtu IGP-4iN.



Obr. 4.5.3b. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka (Podhorská ulica; označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).



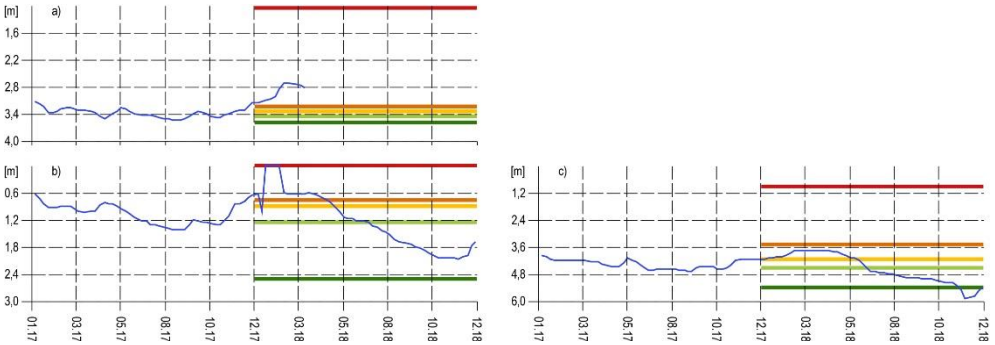
Obr. 4.5.4. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka v období rokov 2015 až 2018.

c/ Merania hĎbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Prievidza-VeĽká Lehôtka sú zmeny hĎbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (Ģtatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.5.3 a 4.5.4). Priebehy hĎbky hladiny podzemnej vody za roky 2017 a 2018 spolu so základnými Ģtatistickými ukazovateĽmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.5.5. Kolísanie hĎbky hladiny podzemnej vody za monitorované obdobie je znázornené na obr. 4.5.8.

Tab. 4.5.3. Výsledky merania hĎbky hladiny podzemnej vody v roku 2017 na lokalite Prievidza-VeĽká Lehôtka

Bod	Poļet meraní	Max. úroveŇ hpv			Min. úroveŇ hpv			Priem. úroveŇ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
IGP-6	49	3,12	423,25	7. 1. 17	3,54	422,83	3. 9. 17	3,37	423,00	0,42
IGR-4	49	0,61	443,79	7. 1. 17	1,42	442,98	29. 8. 17	1,06	443,34	0,81
IGR-5	49	3,99	416,73	7. 1. 17	4,67	416,05	9. 9. 17	4,37	416,35	0,68



Obr. 4.5.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Prievidza-VeĽká Lehôtka, vo vzŠahu k základným Ģtatistickým ukazovateĽom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenļné obdobie ï RO): a ï IGP-6, b ï IGR-4, c ï IGR-5 (RO: 4. 5. 15 ï 29. 12. 17), ļervená ï maximálna, zelená ï minimálna hladina podzemnej vody nameraná poļas RO, bledozelená ï 1. kvartil, Ģltá ï 2. kvartil, oranĺová ï 3. kvartil odvodený z údajovo o hĎbke hladiny podzemnej vody, nameranej poļas RO.

V roku 2017 sa bolo zabezpeļených 49 kontrolných meraní. Merania boli vykonávané od 7. januára do 29. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte IGR-4 v hĎbke 0,61 m pod terénom (443,79 m n. m.) 7. januára. V tomto termíne boli zaznamenané maximálne hladiny i v ostatných vrtoch. Hladina podzemnej vody vo vrte IGR-4 poļas roku viac-menej oscilovala v blízkosti hodnoty dlhodobého priemeru. Vo vrtoch IGP-6 a IGR-5 sa hladiny podzemnej vody nachádzali pod dlhodobým priemerom. Na konci roka hladiny podzemnej vody vo vĢetkých vrtoch mierne stúpli. Najhlbĝie klesla hladina podzemnej vody vo vrte IGR-5 (4,67 m pod terénom; 416,05 m n. m.) 9. septembra. Podobne, na konci letného obdobia boli dosiahnuté minimálne stavy hladiny podzemnej vody aj v ostatných dvoch vrtoch. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2017 dosiahla hĎbku 2,99 m pod terénom a maximálne kolísanie bolo namerané vo vrte IGR-4 (0,81 m).

Poļas aktuálne hodnoteného roka 2018 bolo zabezpeļených 50 kontrolných meraní (7. január ï 28. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte IGR-4, a to na úrovni terénu (444,44 m n. m.; 20. január). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale od 1,52 (IGR-5) do 2,74 m pod terénom (IGP-6). Vyskytovali sa od prvej polovice marca do druhej polovice júna. Najhlbĝie pod terén hladina podzemnej vody klesla vo vrte IGR-5 na zaļiatku decembra. Jej minimálna hodnota dosiahla 5,89 m pod terénom. (414,83 m n. m.). V rovnakom termíne bola minimálna hladina podzemnej vody zaznamenaná aj vo vrte IGR-4.



Obr. 4.5.6. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka, Remeselnícka ul. – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvu podľa Fekeľa a Ilkaniča, (2014b in Gmeková et al., 2014), mapový podklad: ZBGIS®.

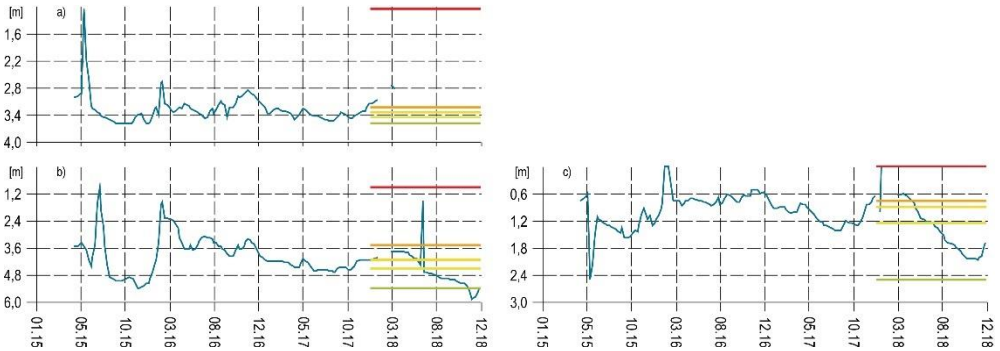


Obr. 4.5.7. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka, Podhorská ul. – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekt označený ako bod – piezometrický vrt, objekty označené ako modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvu podľa Fekeľa a Ilkaniča, (2014b in Gmeková et al., 2014), mapový podklad: ZBGIS®.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 2,9 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2017 nepatrná zmena (vzostup o 0,09 m). Najvýraznejšie namerané kolísanie hladiny podzemnej vody bolo vo vrte IGR-4 (2,06 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2018 s údajmi z predchádzajúceho obdobia vyplýva, že vo vrte IGR-5 došlo k prekročeniu dlhodobého minimálneho stavu.

Tab. 4.5.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2018 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
IGP-6	46	2,74	423,63	11.03.18	suchý					
IGR-4	50	0,00	444,44	20.01.18	2,06	442,34	01.12.18	1,24	443,16	2,06
IGR-5	50	1,52	419,20	23.06.18	5,89	414,83	01.12.18	4,55	416,17	4,37



Obr. 4.5.8. Dlhodobé (2015 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – IGP-6, b – IGR-5, c – IGR-4 (RO: 4. 5. 15 – 29. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Z hľadiska hodnotenia celého monitorovacieho obdobia je zreteľné, že zmeny hladiny do veľkej miery súvisia s ročným cyklom. Maximálne hodnoty sú viazané na koniec zimného obdobia, ale hlavne na jarné obdobie. Jarné doplňanie zásob podzemnej vody je späté s topením snehovej pokrývky vo vyššie položených polohách Vtáčnika. Intenzívne letné zrážky sa na zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody prejavujú prakticky len nepatrne, a aj to s približne dvojmesačnou retardáciou (v závislosti od stupňa saturácie zóny aerácie).

d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

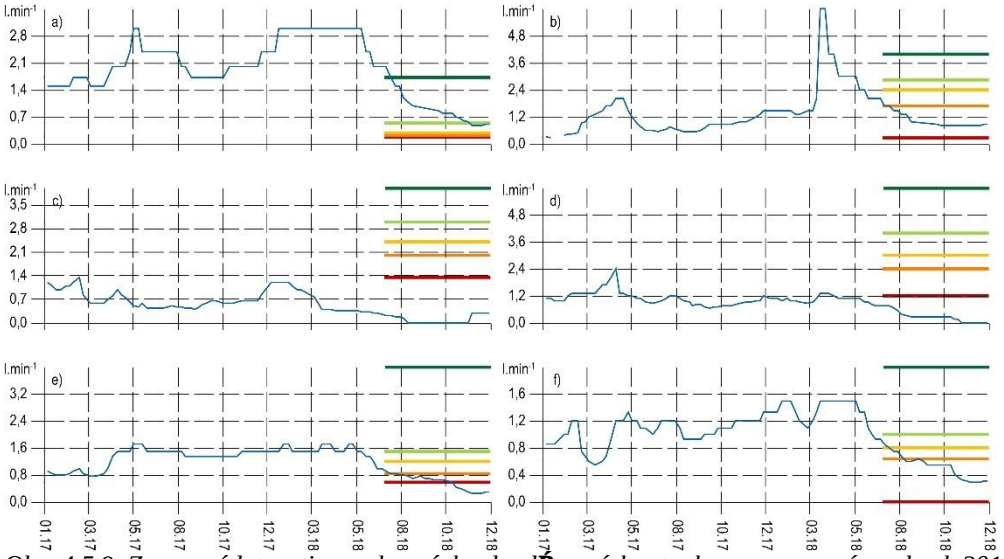
Na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka je pozorovaných 7 odvodňovacích zariadení (štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.5.5 a 4.5.6), ktoré boli v roku 2014 počas sanačných prác rozmiestnené do troch stanovíšť. Prvé tri vrty – HV-1, HV-2 a HV-3 ústia na Podhorskej ulici a odvodňujú parciálny zosuv v južnej časti Remeselníckej ulice. Zvyšné štyri odvodňovacie vrty odvádzajú vodu z dvoch pozícií v juhovýchodnej časti Podhorskej ul. v oblasti futbalového ihriska (situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.5.7).

V roku 2017 bolo zrealizovaných 49 meracích etáp. Merania sa realizovali v období od 7. januára do 29. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte HV-1 27. mája (3,0 l.min^{-1}). Približne v rovnakom termíne boli zaznamenané maximálne hodnoty prietokov aj vo vrtoch HV-6 a HV-7. V ostatných vrtoch boli maximálne prietoky pozorované v apríli, prípadne vo februári. Najvyššia spoločná výdatnosť bola dosiahnutá 30. apríla s hodnotou 10,45 l.min^{-1}. Rovnako ako v predchádzajúcom roku 2016, počas všetkých meraní bolo možné na jednotlivých vrtoch sledovať súvislí prietok podzemnej vody. Najnižšie hodnoty boli pozorované na ústí vrtu HV-2. Jeho maximálny stav dosiahol len 0,35 l.min^{-1}. V tomto vrte bola

najniġġia výdatnosŠ nameraná 8. októbra, s hodnotou 0,18 l.min^{-1} a jeho priemerná výdatnosŠ dosiahla len 0,23 l.min^{-1}. Najniġġia spoloļná výdatnosŠ v roku 2017 dosiahla 5,16 l.min^{-1}.

Tab. 4.5.5. Výsledky merania výdatnosti odvodŘovacích zariadení v rokoch 2017 na lokalite Prievidza-VeĎká Lehôtka

Bod	Poļet meraní	Max. výdatnosŠ		Min. výdatnosŠ		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	49	3,00	27. 5. 17	1,50	7. 1. 17	1,96	1,50
HV-2	49	0,35	30. 4. 17	0,18	8. 10. 17	0,23	0,18
HV-3	49	2,00	30. 4. 17	0,30	15. 1. 17	0,94	1,70
HV-4	49	1,33	27. 2. 17	0,41	3. 9. 17	0,70	0,92
HV-5	49	2,40	30. 4. 17	0,67	30. 9. 17	1,10	1,73
HV-6	49	1,71	27. 5. 17	0,75	18. 3. 17	1,28	0,96
HV-7	49	1,33	20. 5. 17	0,55	27. 3. 17	1,03	0,79



Obr. 4.5.9. Zmeny výdatnosti na vybraných odvodŘovacích vrtoch zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Prievidza-VeĎká Lehôtka, vo vzŤahu k základným ġtatistickým ukazovateĎom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenļné obdobie ï RO): a ï HV-1, b ï HV-3, c ï HV-4, d ï HV-5, e ï HV-6, f ï HV-7 (RO: 4. 5. 15 ï 30. 12. 16), ļervená ï minimálna, tmavozelená ï maximálna výdatnosŠ nameraná poļas RO, oranģová ï 1. kvartil, ģltá ï 2. kvartil, bledozelená ï 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných poļas RO.

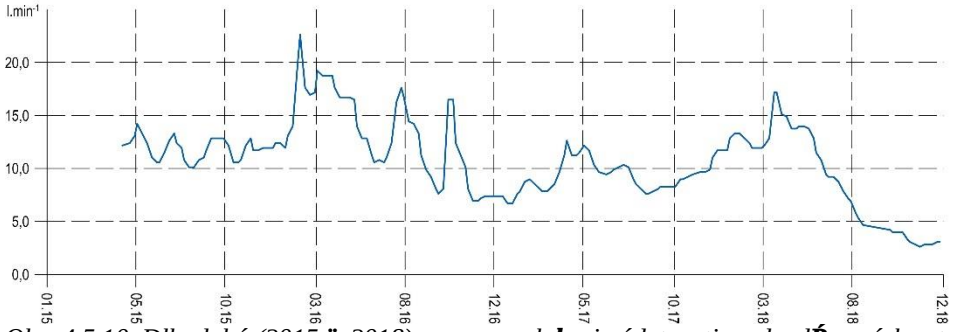
Sumárna priemerná výdatnosŠ vġetkých meraných objektov v roku 2017 dosiahla 7,23 l.min^{-1}, ļo je v porovnaní s rokom 2016 výrazný prepad (o 5,5 l.min^{-1}). Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-5 (1,73 l.min^{-1}).

Tab. 4.5.6. Výsledky merania výdatnosti odvodŘovacích zariadení v rokoch 2018 na lokalite Prievidza-VeĎká Lehôtka

Bod	Poļet meraní	Max. výdatnosŠ		Min. výdatnosŠ		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	46	3,00	20. 1. 18	0,48	1. 12. 18	1,98	2,52
HV-2	46	0,23	28. 1. 18	0,00	21. 7. 18	0,13	0,22
HV-3	46	6,00	31. 3. 18	0,80	13. 10. 18	1,85	5,20
HV-4	50	1,20	7. 1. 18	0,00	18. 8. 18	0,38	1,20
HV-5	50	1,33	31. 3. 18	0,00	17. 11. 18	0,67	1,33
HV-6	50	1,71	28. 1. 18	0,27	1. 12. 18	1,06	1,44
HV-7	50	1,50	28. 1. 18	0,30	1. 12. 18	0,94	1,20

V roku 2017 bola prekroļená dlhodobá maximálna výdatnosŠ vo vrte HV-1 (obr. 4.5.9). Obdobne, prekroļené boli i doteraz namerané minimálne výdatnosti, a to v 2 prípadoch (vrty: HV-4 a HV-5; obr. 4.5.9).

Počas roka 2018 bolo zabezpečených 50 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 7. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 31. marca na odvodňovacom vrte HV-3 (6,00 l.min^{-1}; ide o najvyššiu hodnotu prietoku zaznamenanú vo vrte počas monitorovaného obdobia). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 13. októbra s hodnotou 0,80 l.min^{-1} a priemerná výdatnosť dosiahla 1,85 l.min^{-1}. V ostatných vrtoch boli maximálne výdatnosti namerané najmä počas 20. januára (HV-1) a 28. januára (HV-6 a HV-7). Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná 28. januára vo vrte HV-2 (0,23 l.min^{-1}). Pozitívne môžeme hodnotiť skutočnosť, že ani jeden vrt nebol počas celého roka suchý. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 7,00 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,23 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-3 (5,20 l.min^{-1}).



Obr. 4.5.10. Dlhodobé (2015 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti z odvodňovacích vrtov na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: HV-1, HV-2, HV-3, HV-4, HV-5, HV-6, HV-7

Z dlhodobého hľadiska je na priebehu spoločnej výdatnosti možné sledovať zostupný trend, ktorý začal v zimných mesiacoch roku 2016. Do značnej miery môže súvisieť s výrazným zrážkovým deficitom v posledných rokoch.

Na základe štatistického zhodnotenia efektívnosti odvodňovacích zariadení je možné pozitívne vnímať skutočnosť, že v rámci hodnotenej lokality prevládajú výdatnosti v rozsahu 0,3 až 0,9 l.min^{-1} (v rámci širokého spektra monitorovaných lokalít ide o ojedinelý jav, na ostatných lokalitách vo všeobecnosti prevládajú veľmi nízke prietoky blízke 0,0 l.min^{-1}). Dlhodobo medzi najefektívnejšie odvodňovacie vrty patria HV-2, 3, 4 a 5. V týchto vrtoch prevládajú výdatnosti v intervale 2,3 až 2,5 l.min^{-1}. Najväčšiu účinnosť majú vrty HV1 a HV7. Kumulatívne množstvo vody odvádzanej z odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.5.10.

e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Prievidza (indikatív 30120; obr. 4.3.15). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Veľká Lúka.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Veľká Lehôtka boli v roku 2018 zabezpečené merania metódou presnej inklinometrie, režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích vrtov a zároveň boli analyzované klimatické faktory. Z výsledkov inklinometrických meraní vyplýva, že v roku 2018 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom poklesu pohybovej aktivity vo všetkých vrtoch a na všetkých sledovaných šmykových plochách. Najvyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná v oblasti vrtu IGP-1i, a to plytko pod terénom v hĺbke 1 m. V ostatných vrtoch dominovali vektory v intervale od 0,1 do 0,95 mm.

Stabilitnú situáciu v oblasti monitorovaných vrtov, na základe nameraných etapových prírastkov deformácie, je možné hodnotiť pozitívne. Namerané vektory patria medzi najnižšie za celé monitorované obdobie.

Zmeny hĺbky hladiny podzemných vôd naznaľujú, v porovnaní s rokom 2017, že v roku 2018 došlo k jej poklesu. Hladina vo vrte IGR-5 na konci roka klesla pod hodnotou dlhodobého minima. Pokles hladiny podzemnej vody súvisí s klimatickými faktormi posledných dvoch rokov. Roky 2017 a 2018 boli v oblasti zosuvného územia zrážkovo deficitné. Vo vrte IGP-6 boli prerušené režimové pozorovania. Dôvodom je znehodnotenie monitorovacieho objektu majiteľmi pozemku.

Zrážkový deficit sa prejavil i na množstve odvádzanej vody zo zosuvného územia, prostredníctvom subhorizontálnych vrtov. Treba však dodať, že odvodňovacie vrty HV-1, HV-3, HV-6 a HV-7 sa efektívne podieľali na odvádzaní podzemnej vody i počas dlhšieho bezzrážkového obdobia, a ani počas jedného merania neboli suché. Túto skutočnosť možno z hľadiska situovania odvodňovacích zariadení hodnotiť pozitívne. Vrty HV-2, HV-4 a HV-5 boli počas viacerých meraní suché, resp. z nich voda len kvapkala.

Monitorované územie v súčasnosti predstavuje oblasť, v ktorej zosuv ohrozuje veľké množstvo rôznych objektov infraštruktúry, stavebných objektov, ale najmä obyvateľov obce mestskej časti Prievidza-Veľká Lehôtka. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú v nasledujúcom období monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s projektom ĽMS – GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom – on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.6. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko

Stručná charakteristika lokality

Morovnianske sídlisko sa nachádza na SZ okraji mesta Handlová. Na základe rozdielnych inžinierskogeologických a hydrogeologických podmienok sa celá pozorovaná oblasť (súborne nazvaná ako Morovnianske sídlisko) rozdeľuje na nasledujúce samostatné celky:

– oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby;
– oblasť Malá Hôrka s individuálnou bytovou výstavbou;
– oblasť Jánošíkova cesta (v južnej časti pozorovaného územia).

Monitorovacie aktivity sa vykonávajú na vejárovite usporiadaných horizontálnych odvodňovacích vrtoch (celkom 64 ks, prevažná väčšina ktorých sa nachádza v šiestich odvodňovacích vejároch) a 37 pozorovacích piezometrických vrtoch.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov a frekvencia meraní sú zhrnuté v tab. 4.6.1.

Tab. 4.6.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	2	AH-3 (Jánošíkova cesta), AH-2 (oblasť nad železničným oblúkom)	3 *(31. marec, 2. október, 14. december, 15. december)*	2 – 3 *(14. apríl, 12. apríl, 14. august, 5. december)*
	1	AH-2 (oblasť nad železničným oblúkom); – stacionárna inklinometrická sonda	Kontinuálne *(každý deň)*	
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	6	VP-41, VP-44 (oblasť nad železničným oblúkom); VP-23, HG-351 (Malá Hôrka); J-317, J-318 (Jánošíkova cesta)	24 *(2x za mesiac)*	24 *(2x za mesiac)*
	35	P-1 až P-13, P-15, P-16, P-18, P-20 až P-38	24 *(2x za mesiac)*	24 *(2x za mesiac)*
	2	P-17, P-19 – automatické hladinomery	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	13	Oblasť nad železničným oblúkom: A (10 odvodňovacích vrtov: HVA-1 až 10), C (9 vrtov: HVC-1 až 9), D (9 vrtov: HVD-1 až 9); Malá Hôrka: E (7 vrtov: HVE-1 až 7), F (9 vrtov: HVF-1 až 9), HV-6, HV-7, HV-8a, HV-8b Jánošíkova cesta: JH-5, JH-6, HV-101, HV-102	24 *(2x za mesiac)*	24 *(2x za mesiac)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko zaľ ali vykonávaŠ v roku 2015 v 2 vrtoch, ktoré sú v rámci monitorovaného územia situované do dvoch samostatných ľastí (oblasŠ nad železniľ ným oblúkom a Jánoš íkova cesta ï IBV). Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.6.2. a na obr. 4.6.1, 4.6.2, 4.6.3, 4.6.4 a 4.6.5.

Tab. 4.6.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2017 a 2018

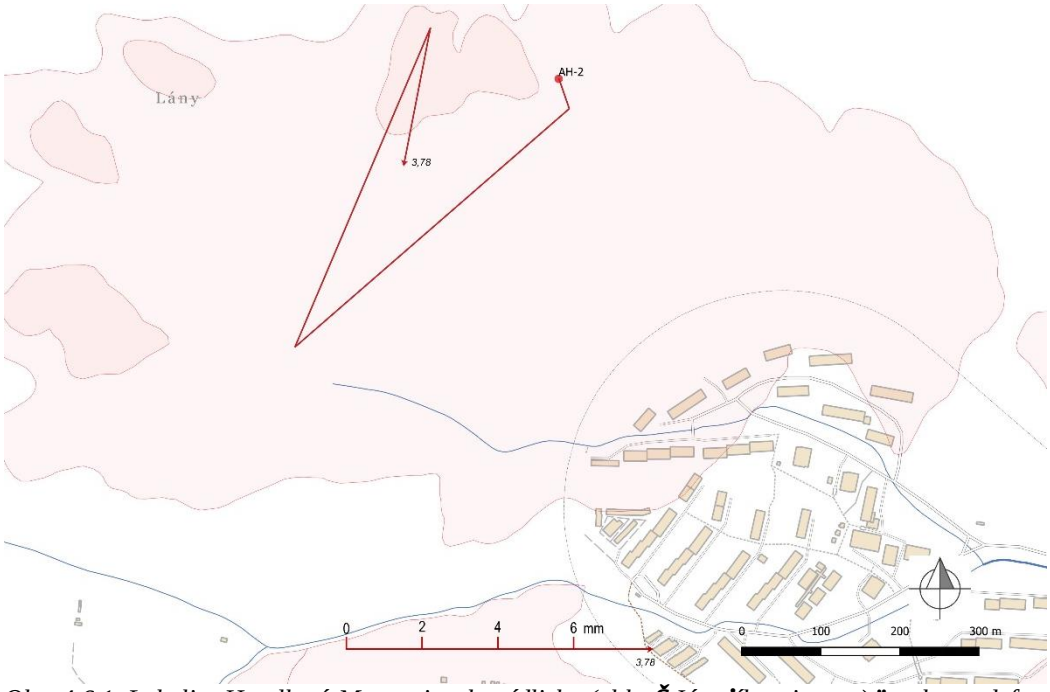
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	16. 12. 16 ï 31. 3. 17			31. 3. 17 ï 2. 10. 17			2. 10. 17 ï 14. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-2	3,78				5,20	0,85[1]	161[1]	10,10	9,60[2]	229[2]
AH-2	8,78				4,24	1,39[1]	110[1]	7,76	10,10[2]	231[2]
AH-2	19,28				2,37	1,70[1]	112[1]	3,80	4,52[2]	235[2]
AH-3	6,57	18,24	3,19	349	21,14	2,91	79	23,90	2,77	79
AH-3	15,57	1,03	0,64	351	1,03	0,00	0	1,34	2,37	2

CD ï celková deformácia od nultého merania (4. 3. 15); ED ï etapová deformácia; A ï azimut etapového vektora; [1] ï nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 16. 12. 16 ï 2. 10. 17; [2] ï nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 2. 10. 17 ï 15. 12. 17.

Pokraľ ovanie Tab. 4.6.2.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	14. 12. 17 ï 12. 4. 18			12. 4. 18 ï 14. 8. 18			14. 8. 18 ï 5. 12. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-2	3,78	1,26	9,17[3]	23[3]				4,74	3,62	191
AH-2	8,78	1,00	8,19[3]	22[3]				0,78	1,62	162
AH-2	19,28	0,72	3,09[3]	25[3]				1,62	1,10	140
AH-3	6,57	26,36	3,01	45	27,16	0,85	99	28,43	1,43	108
AH-3	15,57	1,63	0,50	300	1,63	0,00	0	1,06	0,57	165

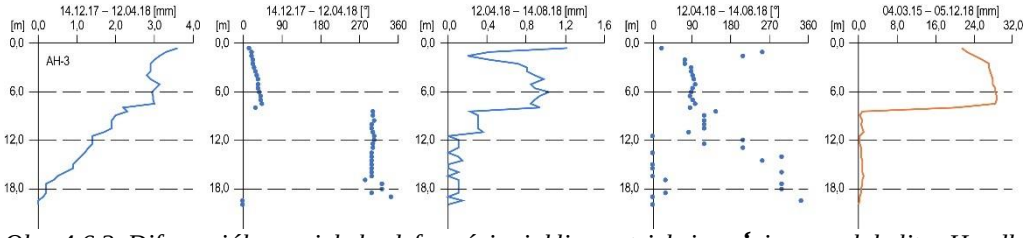
CD ï celková deformácia od nultého merania (4. 3. 15); ED ï etapová deformácia; A ï azimut etapového vektora; [3] ï nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 15. 12. 17 ï 12. 4. 18.



Obr. 4.6.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasŠ Jánoš íkovej cesty) ï vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.6.2; ľíslo zobrazené pri poslednom vektore oznaľ uje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

V zosuvnom území v oblasti Jánoġíkovej ulice je vybudovaný vrt AH-3. V roku 2017 bola vyġġia pohybová aktivita zaznamenaná poļas prvého merania, teda v období od polovice decembra 2016 do konca marca. Na predpokladanej ġmykovej ploche v hĎbke 6,57 m pod terénom bola nameraná deformácia 3,19 mm, ļo predstavuje priemernú rýchlosŠ 11,04 mm.rok^{-1}. Dodatoļne, poļas októbrového merania, doġlo v sledovanom horizonte k miernemu upokojeniu pohybovej aktivity. Za pribliġne ġesŠmesaļné obdobie bol nameraný prírastok deformácie s veĎkosŠou 2,91 mm, ļo predstavuje priemernú rýchlosŠ 5,74 mm.rok^{-1}. Poļas poslednej kontrolnej etapy v polovici decembra prírastok deformácie klesol na 2,77 mm, ļo vġak vzhĎadom na dĎžku etapy len dva a polmesiaca predstavuje rýchlosŠ 13,78 mm.rok^{-1}. Azimuty posledných dvoch nameraných vektorov boli zhodne orientované na východ, resp. severovýchod; zároveŕ bol potvrdený generálny smer pohybu na severovýchod. Jarný vektor bol orientovaný na severo-severovýchod (obr. 4.6.1).

Poļas roka 2018 bola zachovaná rovnaká frekvencia meraní ako v predchádzajúcom roku 2017, teda tri kontrolné merania (jar, leto a jeseŕ). Najvyġġie hodnoty etapových prírastkov deformácie boli namerané poļas jarnej etapy. V hĎbke 6,57 m pod terénom, na výraznej ġmykovej ploche, bol v období od 14. decembra 2017 do 12. apríla 2018 nameraný prírastok deformácie 3,01 mm, ļo predstavuje priemernú rýchlosŠ 9,26 mm.rok^{-1} (azimut 45° ï severovýchod). Na hlbġej ġmykovej ploche, v hĎbke 15,57 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor 0,57 mm (priemerná rýchlosŠ ï 1,84 mm.rok^{-1}; azimut ï 165°). Poļas dvoch nasledujúcich etáp bol na hlavnej ġmykovej ploche pozorovaný pokles pohybovej aktivity (letná etapa ï 14. august ï deformácia ï 0,85 mm, priemerná rýchlosŠ ï 2,5 mm.rok^{-1}, azimut ï 99°; jesenná etapa ï 5. december, deformácia ï 1,43 mm, priemerná rýchlosŠ ï 4,62 mm.rok^{-1}, azimut ï 108°). Celková deformácia na hlavnej ġmykovej ploche (6,57 m pod terénom) v období od nultého (4. marec 2015) po aktuálne posledné etapové meranie (5. december 2018) dosiahla 28,43 mm, ļo po prepoļítaní na priemernú rýchlosŠ prestavuje 7,56 mm.rok^{-1}.



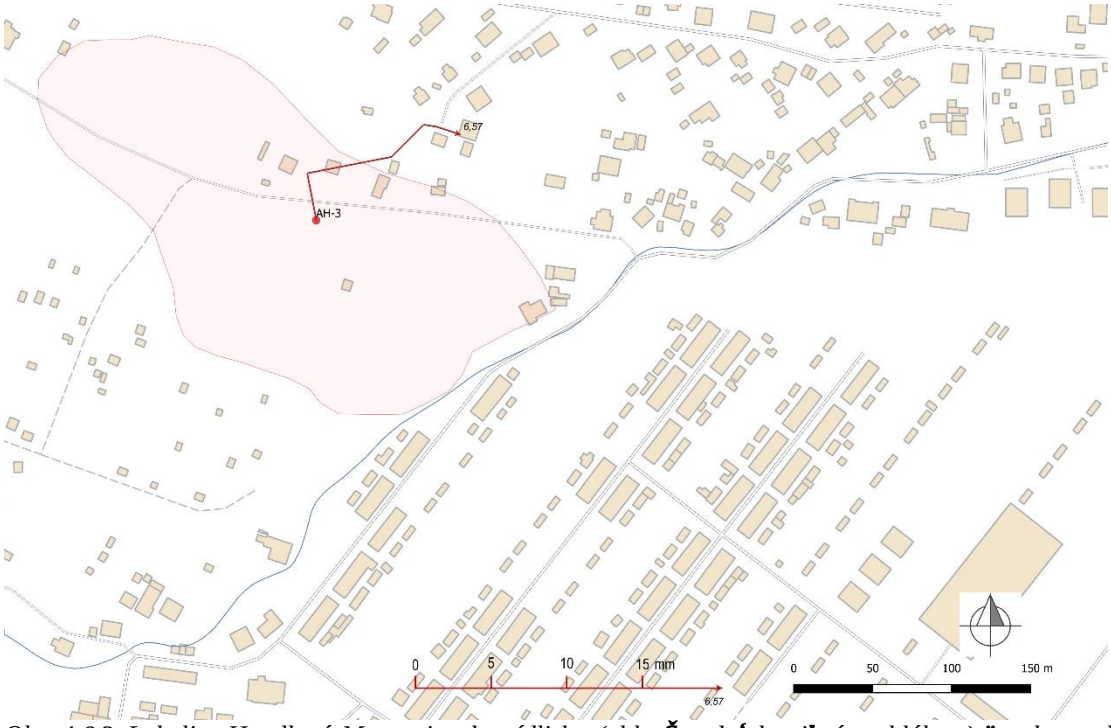
Obr. 4.6.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej paġnice na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasŠ Jánoġíkova cesta; oznaļenie vrtu je vĎavo hore). Modrá línia ï etapová deformácia inklinometrickej paġnice, modré body ï etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová ï výsledná deformácia inklinometrickej paġnice za dlhġie obdobie monitorovania (informácia o dĎžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

V oblasti nad ġeleznič ným oblúkom (obr. 4.6.3) je vo vrte AH-2 od roku 2014 umiestnená stacionárna inklinometrická sonda. Vġetky monitorovacie merania sú zamerané na spresnenie hĎbky ġmykovej plochy, a tým pádom i optimalizáciu hĎbky umiestnenia monitorovacieho zariadenia vo vrte. Na základe vývoja deformácie v jednotlivých horizontoch sú sledované hĎbky 3,78, 8,78 a 19,28 m pod terénom.

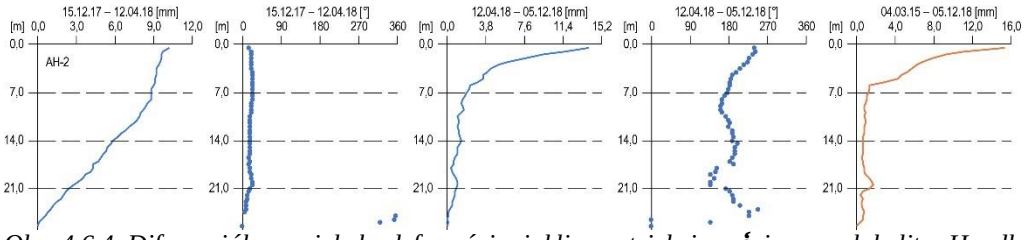
V roku 2017 boli zabezpeļené dve etapy meraní. Poļas prvej etapy, ktorá trvala od 16. decembra 2016 do 2. októbra 2017, teda necelých desaŠ mesiacov, dosahovali prírastky deformácie v jednotných sledovaných hĎbkových horizontoch pomerne nízke hodnoty, a to od 0,85 mm (3,78 m pod terénom) do 1,7 mm (19,28 m pod terénom). K pomerne výraznému vzostupu deformácie doġlo poļas krátkeho obdobia medzi poslednými dvoma etapami. Poļas 74 dní dosiahla deformácia v hĎbke 8,78 m pod terénom 10,10 mm, ļo predstavuje priemernú

rýchlosť až 49,76 mm.rok^{-1}. O niečo nižšia hodnota etapovej deformácie bola nameraná v horizonte 3,78 m pod terénom (9,6 mm; 47,31 mm.rok^{-1}).

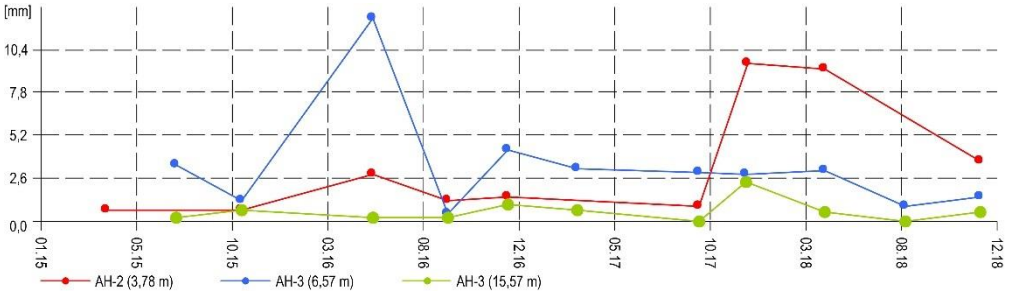
V roku 2018 boli vo vrte zabezpečené 2 kontrolné etapy. Zvýšené hodnoty etapovej deformácie boli zaznamenané počas marcového merania. V hĺbke 3,78 m pod terénom bol na šmykovej ploche (v období od 15. decembra 2017 do 12. apríl 2018) nameraný prírastok deformácie s hodnotou 9,17 mm (priemerná rýchlosť – 28,39 mm.rok^{-1}; azimut – 23°). Na hlbšej šmykovej ploche, v hĺbke 8,78 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 8,19 mm (priemerná rýchlosť – 25,36 mm.rok^{-1}) a s azimutom na severo-severovýchod. Počas decembrovej etapy došlo v hĺbke 3,78 m pod terénom k miernemu upokojeniu, pričom etapová deformácia dosiahla veľkosť 3,62 mm (5,57 mm.rok^{-1}; azimut – juho-juhozápad). Celková deformácia na šmykovej ploche v hĺbke 3,78 m pod terénom počas monitorovaného obdobia od 4. marca 2015 do 5. decembra 2018 dosiahla 4,74 mm (1,26 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.6.3. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť nad železničným oblúkom) – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.6.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.6.4. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť nad železničným oblúkom; označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).



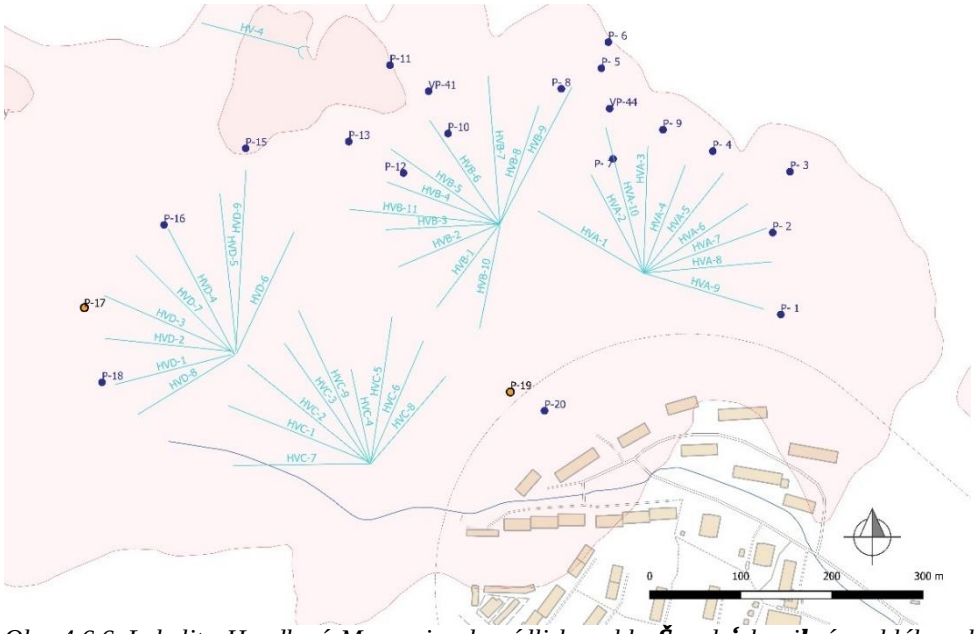
Obr. 4.6.5. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v období rokov 2015 až 2018.

Z pohľadu hodnotenia celého obdobia monitorovania je zrejmé, že k najvýznamnejšej deformácii došlo v roku 2016 vo vrte AH-3 na Jánošíkovej ul. Ide o aktívnu oblasť, v ktorej už v minulosti došlo k výraznejším deformáciám (pozorovateľných na okolitých stavebných objektoch). V roku 2017 sa prejavila deformácia i v oblasti nad železničným oblúkom vo vrte AH-2. V roku 2018 bol pozorovaný prevažne pokles pohybovej aktivity v oboch monitorovaných územiach.

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

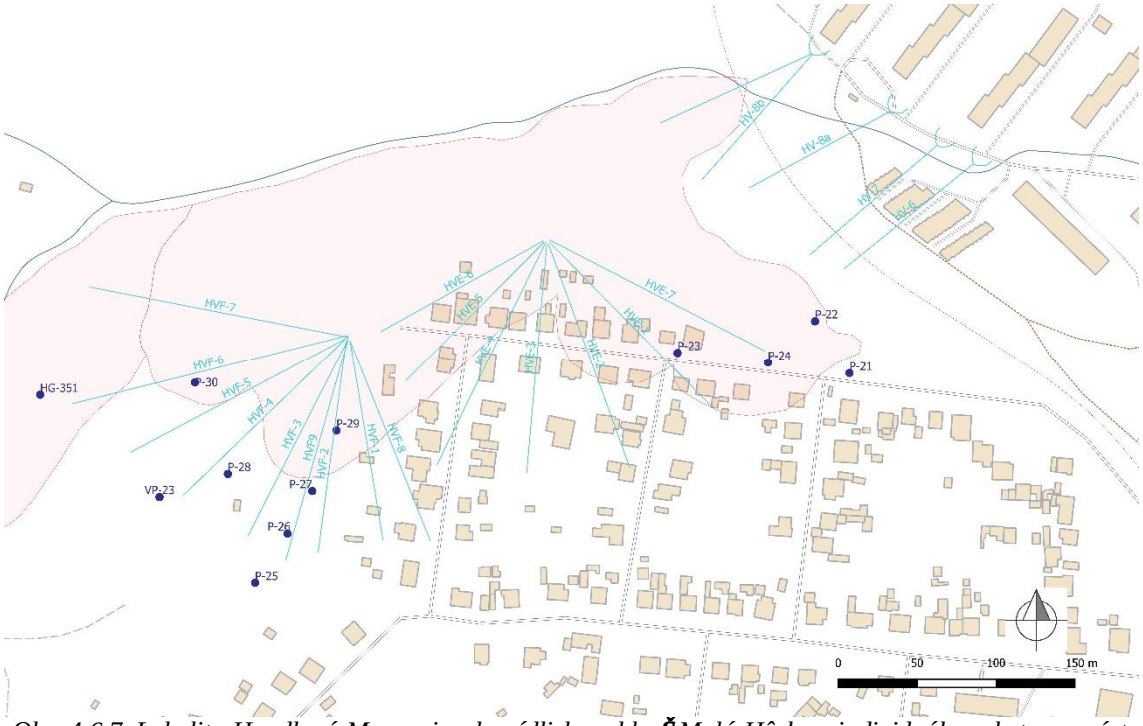
a1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Hladina podzemnej vody sa na lokalite meria v troch skupinách objektov – v starších vrtoch realizovaných prevažne v osemdesiatych rokoch (6 objektov – označených ako HG, J a VP), vo vrtoch z roku 2002 (35 objektov, označených písmenom P) a dvoma automatickými hladinomermi (nainštalovanými vo vrtoch P-17 a P-19, ktoré sú hodnotené samostatne; situovanie piezometrických vrtov je na obr. 4.6.6, 4.6.7 a 4.6.8). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch za roky 2017 a 2018, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.6.9. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch za dlhšie obdobie monitorovania sú znázornené na obr. 4.6.10.



Obr. 4.6.6. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty: modré – merané pozorovateľom, oranžové – s automatickými hladinomermi; objekty označené ako modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2017 sa režimové pozorovania vykonávali v 41 vrtoch a celkove bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania boli vykonávané od 13. januára do 28. decembra. V roku 2017 boli hladiny podzemnej vody s pozitívnym vztlakom pozorované v troch vrtoch: P-11 (1,27 m nad terénom; 460,73 m n. m.; 27. február), P-18 (1,08 m nad terénom; 466,77 m n. m.; 27. február) a P-13 (1,05 m nad terénom; 464,60 m n. m.; 28. apríl). Do blízkosti terénu sa hladiny podzemnej vody dostali i vo vrtoch P-34, P-36, P-16, P-38, P-32, P-37, P-35. V čase dosiahnutého maxima sa úrovne hladiny podzemnej vody pohybovali v rozsahu 0,21 až 0,94 m pod terénom. Maximálne hladiny sa v jednotlivých vrtoch vyskytovali od konca februára do konca mája (výnimočne však i v decembri – vo vrtoch P-28 a P-30). Výskyt najvyšších úrovní hladiny podzemnej vody dominoval v mesiacoch máj (12. mája – max. hladiny v 17 vrtoch; 28. mája – max. hladiny v 2 vrtoch) a apríl (max. hladiny v 12 vrtoch). Výskyt maximálnych hladín vo väčšine prípadov korešponduje so vzostupnou vetvou ročného priemeru, zobrazeného na obr. 4.6.9a a 4.6.9b. Zaznamenaná najvyššia hladina vo vrte P-13 prekročila dlhodobé maximum namerané v apríli 2006 (0,18 m pod terénom).



Obr. 4.6.7. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Malá Hôrka s individuálnou bytovou výstavbou – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

Najhlbšie pod terénom sa hladiny podzemnej vody vyskytovali najmä od prvej polovice augusta do konca októbra. Len výnimočne, v ojedinelých prípadoch, to bolo počas januára. V jedenástich vrtoch bol minimálne počas piatich meraní pozorovaný stav, kedy hladiny podzemnej vody klesli do väčšej hĺbky ako je samotná úroveň dna vrtu, teda vrty boli suché. Najčastejšie sa to prejavovalo vo vrte J-317. Vrty P-28, P-15, HG-351, P-36 a P-18 boli suché minimálne počas 15 meraní. Najnižšia nameraná hladina podzemnej vody bola vo vrte P-25 (12,55 m pod terénom; 475,05 m n. m.). Približne do rovnakej hĺbky klesli hladiny i vo vrtoch VP-23, P-12, P-29 (12,14 – 12,48 m pod terénom).

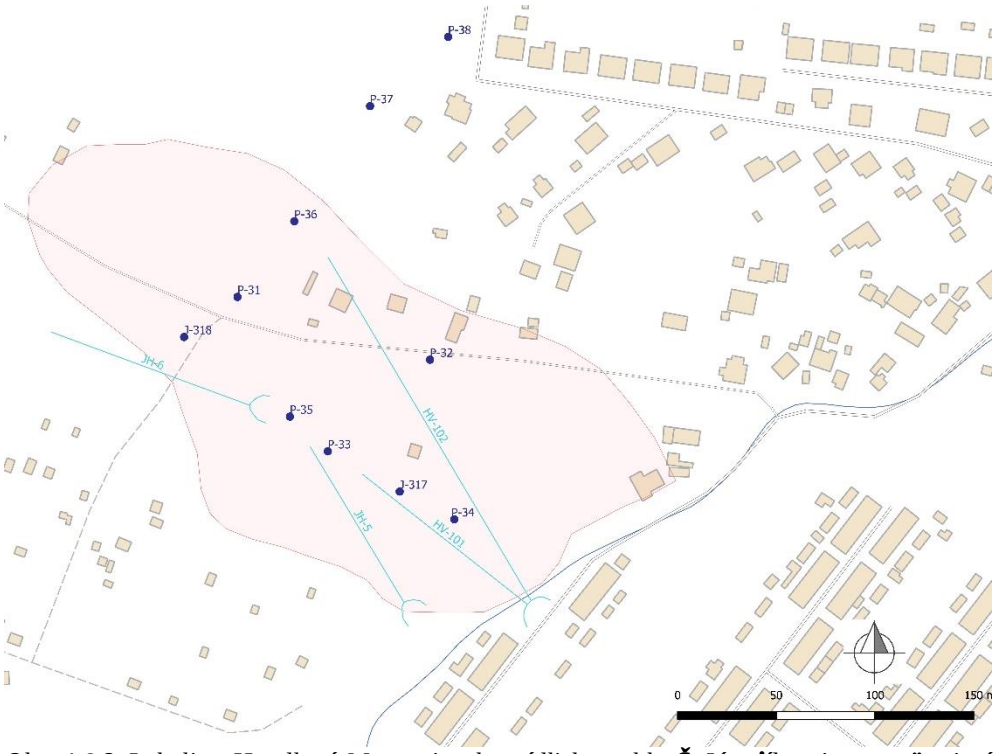
Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2017 dosiahla hĺbku 5,47 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku jej vzostup (vzhľadom na veľké množstvo suchých vrtov nie je možné vykonávať porovnanie s predchádzajúcim rokom). Priemerné hĺbky sa pohybovali

v rozsahu od -0,72 (vrt P-11 – preliv cez ústie pažnice bol zaznamenaný počas 10 meraní) do 12,50 m pod terénom (vrt P-25). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VP-37 (6,65 m). Podobne ako v roku 2016, ďalšie výraznejšie zmeny je možné predpokladať vo vrte P-18, v ktorom sa počas roka súčasne vystriedali preliv podzemnej vody cez pažnicu a pokles hladiny pod dno vrtu.

Tab. 4.6.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
HG-351	24	4,14	478,85	13.03.17	suchý					
J-317	24	3,82	486,54	28.04.17	suchý					
J-318	24	4,45	498,16	28.04.17	5,94	496,67	27.10.17	5,10	497,51	1,49
P-1	24	2,36	429,79	12.05.17	4,91	427,24	27.10.17	4,05	428,10	2,55
P-2	24	2,29	439,75	12.05.17	4,86	437,18	27.10.17	3,83	438,21	2,57
P-3	24	3,50	448,28	12.05.17	5,45	446,33	27.10.17	4,71	447,07	1,95
P-4	24	3,85	446,19	12.05.17	9,65	440,39	10.09.17	7,65	442,39	5,80
P-5	24	3,45	452,91	12.05.17	4,64	451,72	27.10.17	4,15	452,21	1,19
P-6	24	1,83	458,92	28.04.17	5,99	454,76	27.10.17	4,63	456,12	4,16
P-7	24	8,19	435,39	12.05.17	10,95	432,63	28.01.17	9,66	433,92	2,76
P-8	24	3,20	447,20	13.03.17	7,12	443,28	27.10.17	5,94	444,46	3,92
P-9	24	7,63	440,58	12.05.17	10,79	437,42	28.01.17	9,32	438,89	3,16
P-10	24	6,83	440,51	12.05.17	suchý					
P-11	24	preliv			0,12	459,34	30.08.17	-0,72	460,18	1,39
P-12	24	12,28	437,49	28.05.17	12,35	437,42	13.01.17	12,31	437,46	0,07
P-13	24	preliv			4,01	459,54	27.10.17	2,46	461,09	5,06
P-15	24	9,84	462,91	13.03.17	suchý					
P-16	24	0,38	475,39	12.05.17	4,84	470,93	27.10.17	2,91	472,86	4,46
P-18	24	preliv			suchý					
P-20	24	5,14	425,07	28.05.17	5,87	424,34	27.10.17	5,50	424,71	0,73
P-21	24	2,40	446,28	12.05.17	3,92	444,76	10.09.17	3,16	445,52	1,52
P-22	24	6,98	440,05	12.05.17	8,23	438,80	28.01.17	7,66	439,37	1,25
P-23	24	1,92	454,23	12.05.17	4,41	451,74	28.01.17	3,43	452,72	2,49
P-24	24	2,31	449,70	12.05.17	5,01	447,00	10.09.17	3,95	448,06	2,70
P-25	24	12,45	475,15	12.05.17	12,55	475,05	13.01.17	12,50	475,10	0,10
P-26	24	8,92	475,79	28.04.17	suchý					
P-27	24	8,46	472,69	28.04.17	suchý					
P-28	24	7,60	478,68	12.12.17	suchý					
P-29	24	12,45	461,97	27.02.17	12,48	461,94	11.08.17	12,47	461,95	0,03
P-30	24	10,79	469,41	12.12.17	suchý					
P-31	24	1,43	500,87	28.04.17	5,73	496,57	27.10.17	4,47	497,83	4,30
P-32	24	0,70	490,18	28.04.17	2,31	488,57	10.09.17	1,54	489,34	1,61
P-33	24	1,33	493,75	28.04.17	4,09	490,99	10.09.17	3,12	491,96	2,76
P-34	24	0,21	484,61	28.04.17	3,20	481,62	10.09.17	1,79	483,03	2,99
P-35	24	0,94	496,50	12.05.17	2,46	494,98	30.08.17	1,63	495,81	1,52
P-36	24	0,30	503,29	13.03.17	suchý					
P-37	24	0,72	501,42	28.04.17	7,37	494,77	27.10.17	4,91	497,23	6,65
P-38	24	0,55	501,53	27.02.17	3,68	498,40	27.10.17	2,39	499,69	3,13
VP-23	24	12,10	477,68	28.04.17	12,14	477,64	10.09.17	12,12	477,66	0,04
VP-41	24	6,14	445,49	12.05.17	9,01	442,62	10.10.17	7,32	444,31	2,87
VP-44	24	4,81	444,05	12.05.17	suchý					

V aktuálne hodnotenom roku 2018 sa pokračovalo v meraniach v 41 vrtoch a celkove bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní (12. január – 28. december). Maximálna hladina podzemnej vody (nad úrovňou terénu) bola podobne ako v predchádzajúcich rokoch nameraná vo vrtoch P-11 (1,27 m nad terénom – 460,73 m n. m.) a P-18 (1,08 m nad terénom – 466,77 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný hneď počas prvého merania (12. január) a vo vrte P-11 trval až do konca mája. Do blízkosti terénu sa hladina podzemnej vody dostala aj vo vrte P-34 (0,02 m pod terénom – 484,80 m n. m.). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa v rámci zosuvnej lokality vyskytovali sa prakticky výhradne 12. januára, výnimkou je len vrt J-318, v ktorom hladina podzemnej vody dosiahla maximum na konci januára.



Obr. 4.6.8. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Jánovíkovej cesty – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

Výskyt minimálnych stavov hladiny podzemnej vody bol v rámci lokality nejednotný, v jednotlivých vrtoch boli minimálne hodnoty sledované počas celého roka, najčastejšie v jesennom období. Najhlbšie pod terénom, v hĺbke väčšej ako 10 m, sa hladina podzemnej vody počas minimálnych stavov nachádzala v 11 vrtoch (P-15, P-26, P-10, P-9, P-7, P-27, P-30, VP-23, P-12, P-25, P-29). Vo ôsmich vrtoch bolo minimálne počas jedného merania pozorované, že vrt je suchý (bez vody). Vo viacerých vrtoch hladiny podzemnej vody v roku 2018 klesla pod úroveň dlhodobého minima (obr. 4.6.9)

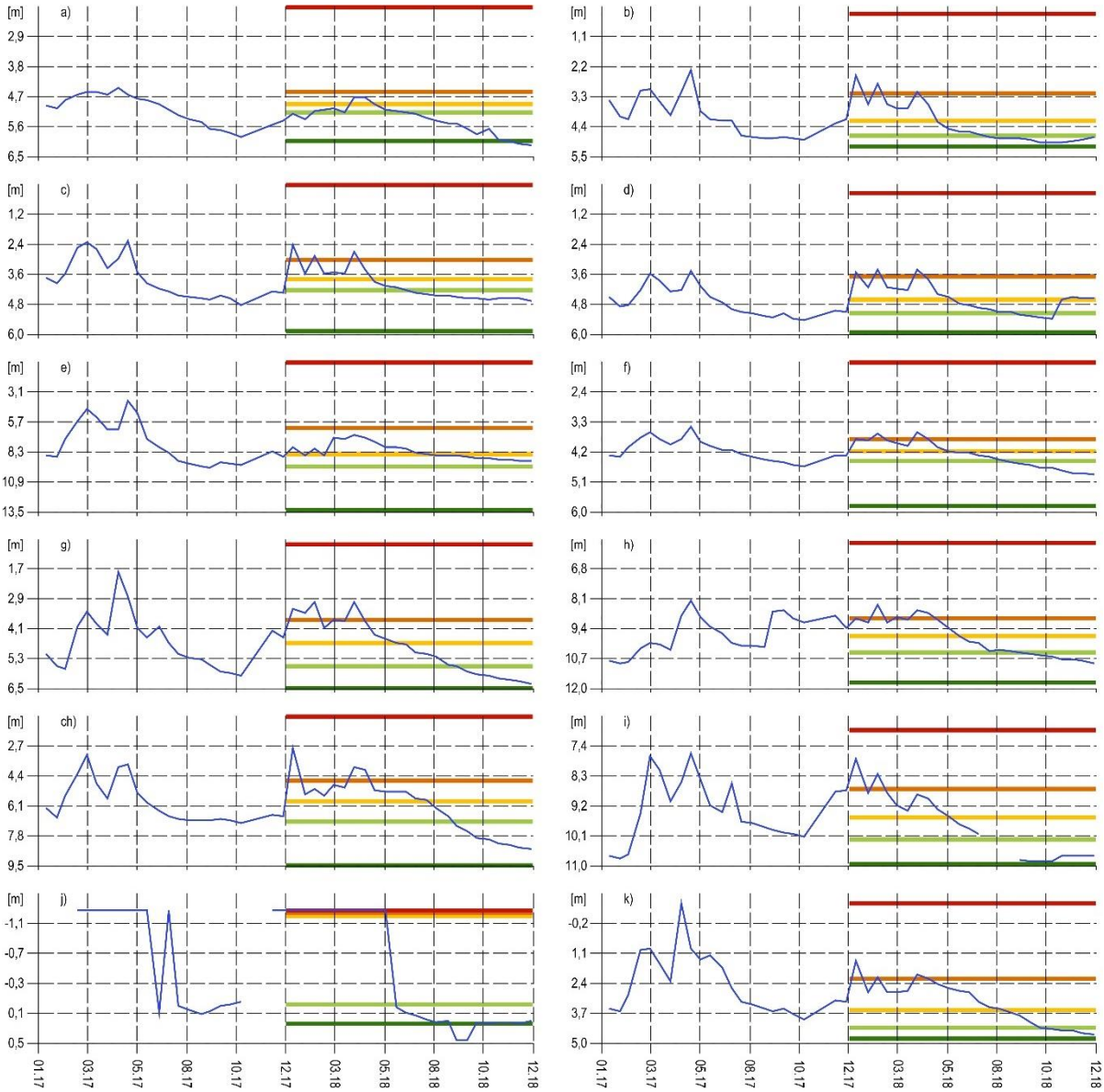
Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2016 dosiahla hĺbku 5,98 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku zostup o viac ako 0,5 metra, avšak vzhľadom na pomerne častý výskyt prípadov s hladinou pod úrovňou dna vrtu, ktorú nie je možné kvantifikovať, má informácia len orientačný charakter. Priemerné hĺbky hladiny sa pohybovali v rozsahu od 0,23 (vrt P-11 – zaznamenaný preliv) do 12,5 m pod terénom (vrt P-25). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VP-37 (6,92 m). Extrémne zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované v 1 vrte (P-18), v ktorom sa súčasne vyskytoval preliv aj pokles hladiny pod dno vrtu.

Z vývoja sledovaných ukazovateľov na obr. 4.6.10 vyplýva určitá periodicita ročného cyklu zmien hladiny podzemnej vody. Najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody sú zvyčajne spojené s topením snehovej pokrývky a jarnými zrážkovými úhrnmi. Z tohto dôvodu je ich výskyt spätý s mesiacmi marec a apríl. Výskyt minimálnych stavov hladiny podzemnej vody sa taktiež vyznačuje určitou periodicitou, vyskytuje v období jesenného a zimného obdobia. Výnimkou je rok 2010, počas ktorého sa meraniami preukázali viaceré obdobia stúpnutia hladiny podzemnej vody. V niektorých vrtoch sa hladiny podzemnej vody dostávajú do blízkosti terénu, prípadne vystupujú i nad terén. Najnepriaznivejší stav – preliv podzemnej vody cez ústie pažnice, bol v poslednom desaťročí nameraný vo vrtoch P-11 (za posledných 10 rokov je to až v 158 prípadoch), P-18 (72 prípadov), P16 (14 prípadov), P-28 (1 prípad),

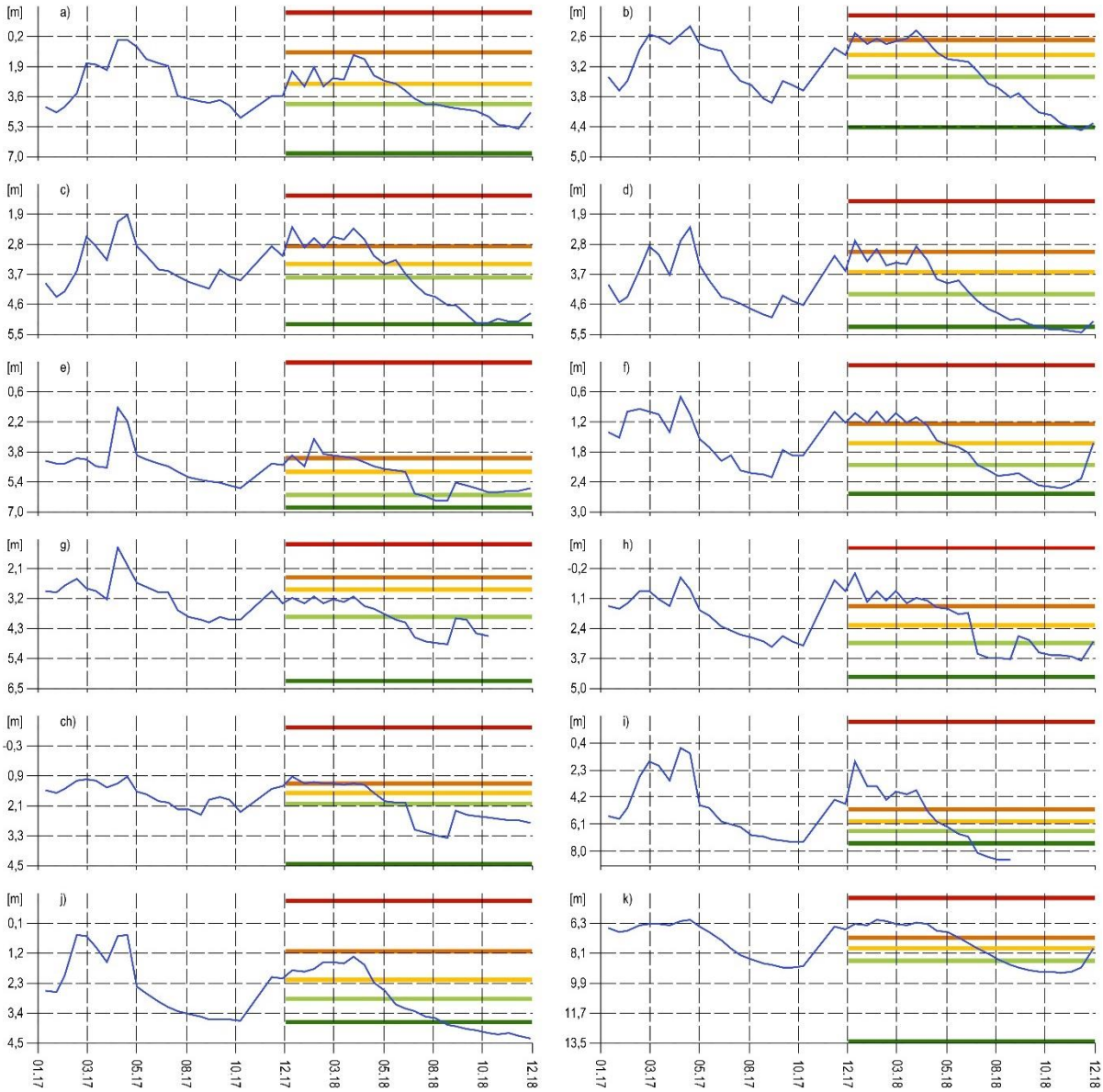
P-13 (1 prípad), P-34 (1 prípad), P-37 (1 prípad). Do blízkosti terénu sa dostávajú hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch P-1, 2, 3, 4, 6, 11, 13, 16, 18, 28, 32, 34, 35, 36, 38 a J-317.

Tab. 4.6.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2018

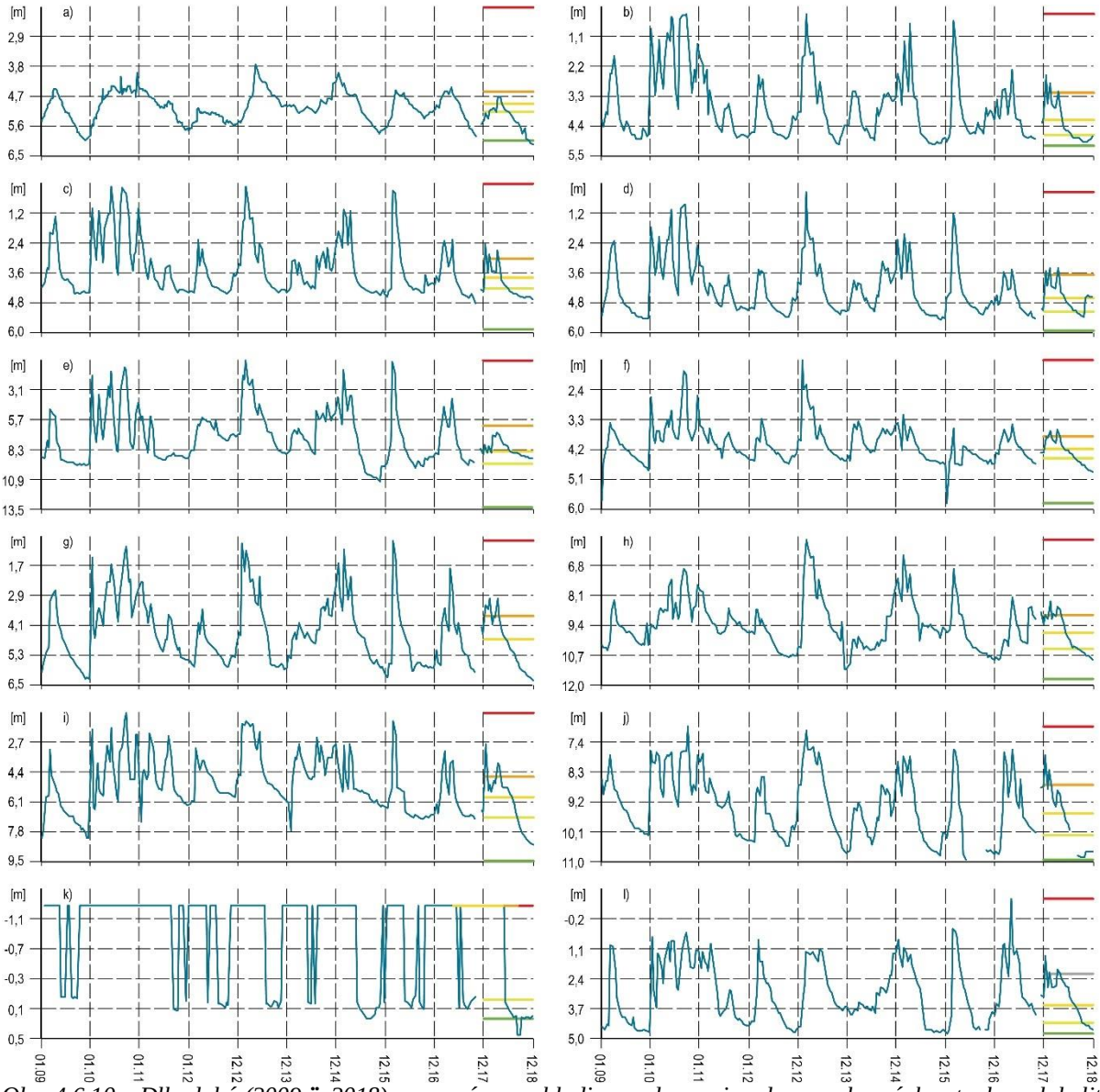
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
HG-351	24	4,29	478,70	12.01.18	suchý					
J-317	24	permanentne suchý								
J-318	24	4,72	497,89	28.04.18	6,17	496,44	28.12.18	5,39	497,22	1,45
P- 1	24	2,53	429,62	12.01.18	5,02	427,13	28.10.18	4,30	427,85	2,49
P- 2	24	2,42	439,62	12.01.18	4,69	437,35	28.12.18	4,02	438,02	2,27
P- 3	24	3,41	448,37	12.02.18	5,39	446,39	28.10.18	4,55	447,23	1,98
P- 4	24	6,82	443,22	12.04.18	9,09	440,95	28.12.18	8,26	441,78	2,27
P- 5	24	3,63	452,73	12.04.18	4,90	451,46	28.12.18	4,29	452,07	1,27
P- 6	24	3,04	457,71	12.04.18	6,34	454,41	28.12.18	4,84	455,91	3,30
P- 7	24	8,39	435,19	12.02.18	10,95	432,63	28.12.18	9,83	433,76	2,56
P- 8	24	2,81	447,59	12.01.18	8,54	441,86	28.12.18	6,12	444,28	5,73
P- 9	24	7,79	440,42	12.01.18	10,89	437,32	26.09.18	9,76	438,45	3,10
P-10	24	8,38	438,96	12.04.18	10,64	436,70	28.06.18	9,23	438,11	2,26
P-11	24	preliv			0,47	458,99	10.09.18	0,23	459,23	0,45
P-12	24	12,26	437,51	12.01.18	12,34	437,43	28.10.18	12,30	437,47	0,08
P-13	24	1,46	462,09	12.01.18	4,62	458,93	28.12.18	3,26	460,29	3,16
P-15	24	9,24	463,51	12.01.18	suchý					
P-16	24	1,25	474,52	12.04.18	5,42	470,35	10.12.18	3,50	472,27	4,17
P-18	24	preliv			suchý					
P-20	24	5,20	425,01	12.04.18	6,33	423,88	28.12.18	5,69	424,52	1,13
P-21	24	2,48	446,20	12.04.18	4,47	444,21	10.12.18	3,39	445,29	1,99
P-22	24	6,96	440,07	12.02.18	8,83	438,20	10.12.18	7,88	439,15	1,87
P-23	24	2,30	453,85	12.01.18	5,18	450,97	28.10.18	3,83	452,32	2,88
P-24	24	2,69	449,32	12.01.18	5,44	446,57	10.12.18	4,28	447,73	2,75
P-25	24	12,46	475,14	12.01.18	12,54	475,06	28.10.18	12,50	475,10	0,08
P-26	24	9,52	475,19	12.01.18	suchý					
P-27	24	9,38	471,77	12.01.18	suchý					
P-28	24	5,61	480,67	12.02.18	suchý					
P-29	24	12,46	461,96	12.01.18	12,54	461,88	10.11.18	12,49	461,93	0,08
P-30	24	10,36	469,84	12.01.18						
P-31	24	3,13	499,17	12.02.18	6,42	495,88	28.08.18	5,12	497,18	3,29
P-32	24	1,01	489,87	12.02.18	2,52	488,36	10.11.18	1,80	489,08	1,51
P-33	24	3,13	491,95	12.04.18	4,91	490,17	28.08.18	3,89	491,19	1,78
P-34	24	0,02	484,80	12.01.18	3,79	481,03	10.12.18	2,32	482,51	3,77
P-35	24	0,94	496,50	12.01.18	3,39	494,05	28.08.18	2,11	495,33	2,45
P-36	24	permanentne suchý								
P-37	24	1,73	500,41	12.01.18	8,65	493,49	28.08.18	5,60	496,54	6,92
P-38	24	1,33	500,75	12.04.18	4,36	497,72	28.12.18	2,99	499,09	3,03
VP-23	24	12,11	477,67	12.01.18	12,18	477,60	26.11.18	12,14	477,64	0,07
VP-41	24	6,09	445,54	12.02.18	9,28	442,35	10.11.18	7,67	443,96	3,19
VP-44	24	5,82	443,04	12.01.18	9,88	438,98	26.11.18	7,80	441,06	4,06



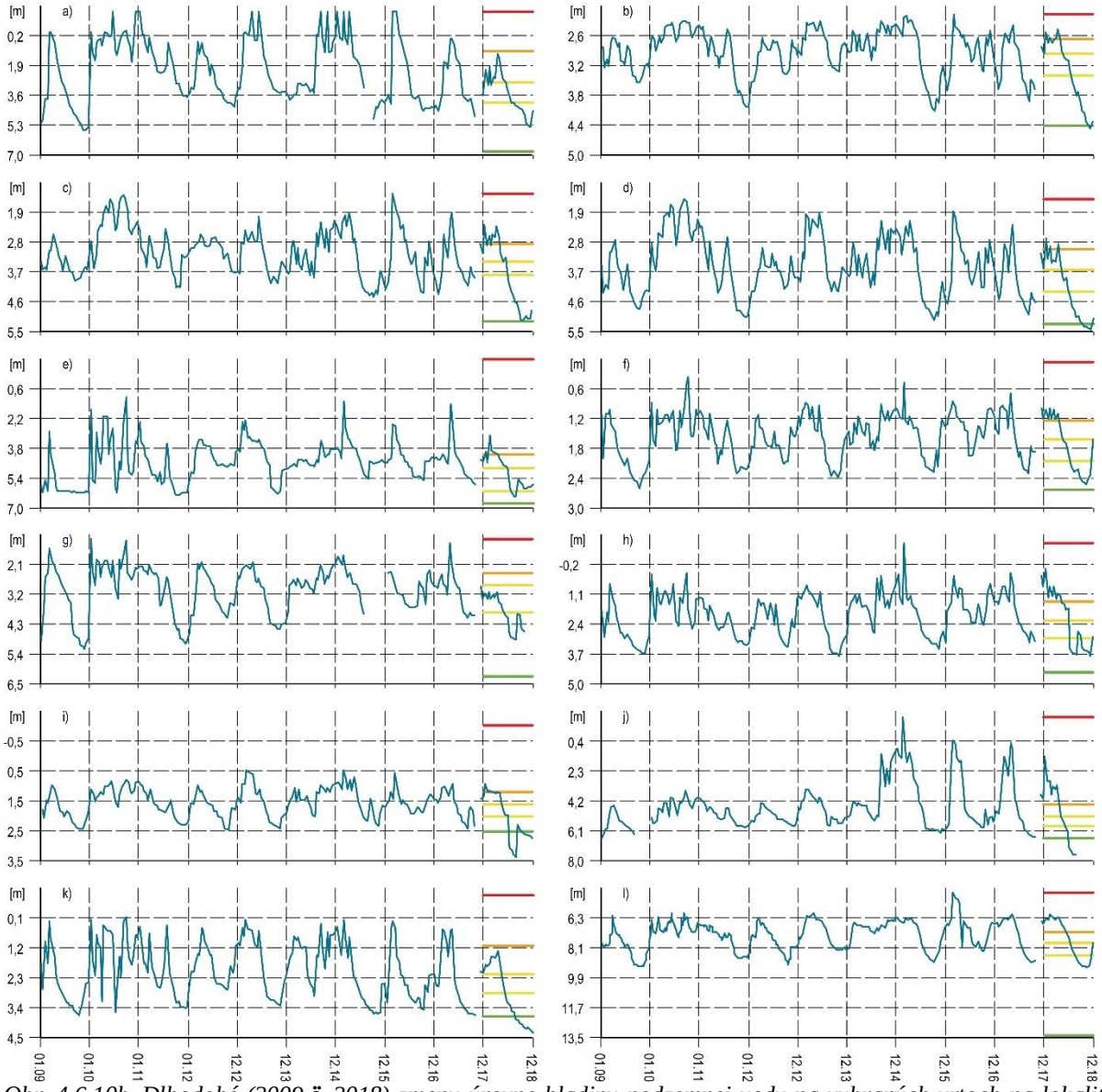
Obr. 4.6.9a. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – J-318 (RO: 28. 4. 00 – 28. 12. 17), b – P-1, c – P-2, d – P-3, e – P-4, f – P-5, g – P-6, h – P-7, ch – P-8 (RO: 1. 1. 03 – 28. 12. 17), i – P-9 (RO: 4. 12. 05 – 28. 12. 17), j – P-11, k – P-13 (RO: 1. 1. 03 – 28. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.



Obr. 4.6.9b. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – P-16, b – P-21, c – P-23, d – P-24, e – P-31, f – P-32, g – P-33, h – P-34, ch – P-35, i – P-37, j – P-38 (RO: 1. 1. 03 – 28. 12. 17), k – VP-41 (RO: 28. 4. 00 – 28. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.



Obr. 4.6.10a. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – J-318 (RO: 28. 4. 00 – 28. 12. 17), b – P-1, c – P-2, d – P-3, e – P-4, f – P-5, g – P-6, h – P-7, ch – P-8 (RO: 1. 1. 03 – 28. 12. 17), i – P-9 (RO: 4. 12. 05 – 28. 12. 17), j – P-11, k – P-13 (RO: 1. 1. 03 – 28. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.



Obr. 4.6.10b. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – P-16, b – P-21, c – P-23, d – P-24, e – P-31, f – P-32, g – P-33, h – P-34, ch – P-35, i – P-37, j – P-38 (RO: 1. 1. 03 – 28. 12. 17), k – VP-41 (RO: 28. 4. 00 – 28. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomermi

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú automatickými hladinomermi zabezpečované merania v 2 vrtoch (P-17 a P-19; situovanie vrtov je na obr. 4.6.6). Počas hodnotených rokov 2017 a 2018 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale. Keďže v oboch vrtoch hladiny podzemnej vody vystupovali pomerne často nad úroveň terénu (v dôsledku natekania podzemnej vody do vrtu z plytšieho horizontu, resp. zo zvodneného horizontu s vyšším hydraulickým gradientom) a monitorovacie zariadenie je schopné zaznamenávať len hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody pod terénom, počas monitorovaného obdobia sa vyskytli viaceré výpadky v meraniach. Z tohto dôvodu sú spracované len údaje, ktoré boli priamo namerané.

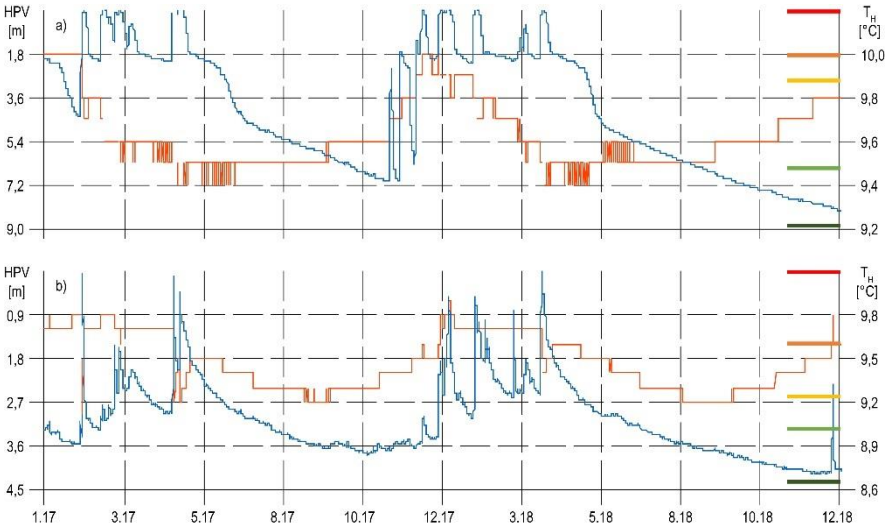
Vo vrte P-17 v roku 2017 hladina podzemnej vody vystúpila nad úroveň terénu počas 23 dní (prvýkrát 5. februára). Celkovo bolo zaznamenaných 379 meraní s hladinou nad úrovňou terénu, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný pokles (o 427 záznamov menej). Minimálny stav bol zaznamenaný 10. novembra s hĺbkou 7,08 m pod terénom (466,54 m n. m.). Hladina počas prvých piatich mesiacov relatívne často menila svoju výšku. V tomto období dochádzalo k častým vzostupom až k úrovni terénu. V období od polovice mája do prvej polovice novembra mala hladina len klesajúci charakter. Následne po dosiahnutí minimálnej hladiny začala opäť intenzívne stúpať. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody (odvodená len z nameraných údajov, nie sú v nej zahrnuté termíny s hladinou nad úrovňou terénu) dosiahla v roku 2017 hodnotu 3,57 m pod terénom (470,64 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom zostup o 0,59 m. Celkové kolísanie hladiny počas roka sa nachádzalo na úrovni 7,08 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,17 m za deň. Zaznamenaná maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,94 m (čo je 13,28 % celkovej ročnej amplitúdy). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 5,61 m pod terénom, 2. kvartil 3,6 m pod terénom a 3. kvartil 1,93 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,0 °C počas 1. januára, naopak, najnižšia teplota (9,4 °C) bola zaznamenaná 2. mája. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,64 °C.

Tab. 4.6.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2017

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
P-19	8758/8760	0,05	435,38	03.02.17	3,79	431,64	24.10.17	3,05	432,38	3,74
P-17	8381/8760	0,00	473,62	05.02.17	7,08	466,54	10.11.17	3,57	470,05	7,08

Poznámka: Počet meraní vyjadruje pomer záznamov k celkovému možnému počtu meraní v danom roku. Odchýlky sú spôsobené výskytom hladiny podzemnej vody nad úrovňou terénu.



Obr. 4.6.11. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi v rokoch 2017 a 2018, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – P-17, b – P-19. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznačené na ľavej strane grafu – štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od 21. novembra 2003 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás – minimálna hĺbka HPV, zelený pás – 1. kvartil, žltý pás – 2. kvartil, oranžový pás – 3. kvartil, červený pás – maximálna HPV.

V roku 2018 bola maximálna hladina podzemnej vody na úrovni terénu, resp. nad ním (viac ako 473,62 m n. m.) počas deviatich dní (prvýkrát 4. januára). V porovnaní

s predchádzajúcim rokom sa hladiny podzemnej vody nachádzali nad úrovňou terénu o štrnásť dní kratšie. Po zimných maximálnych stavoch hladiny začala klesať. Minimálnu úroveň s hĺbkou 8,3 m (465,32 m n. m.) dosiahla 31.decembra (oproti maximálnemu stavu z predchádzajúceho roku ide o pokles o 1,22 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 4,84 m pod terénom (468,78 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom pokles o 1,27 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 8,3 m. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,17 m pod terénom, 2. kvartil 5,57 m pod terénom a 3. kvartil 1,99 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,9 °C počas 1. januára, naopak, najnižšia teplota (9,4 °C) bola zaznamenaná 3. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,6 °C.

Tab. 4.6.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
P-19	8760	0,00	435,43	1. 4. 18	4,20	431,23	20. 12. 18	3,10	432,33	4,20
P-17	8760	0,00	473,62	4. 1. 18	8,30	465,32	31. 12. 18	4,84	468,78	8,30

Vo vrte P-19 v roku 2017, podobne ako po minulé roky, bola najvyššia hladina podzemnej vody nameraná nad úrovňou terénu (viac ako 435,43 m n. m.). Na rozdiel od minulosti, v roku 2017 boli takéto merania zaznamenané len dve (3. februára). Znamená to, že v porovnaní s predchádzajúcim roku došlo k výraznému poklesu hladiny podzemnej vody.

Priebeh hladiny podzemnej vody mal od začiatku roka až do konca apríla vzostupný trend. Počas tohto obdobia hladina podzemnej vody viackrát výrazne stúpla. Tieto zmeny boli vymedzené zrážkovými úhrnmi a teplotou vzduchu, ktorá rozhoduje o kumulácii, resp. topení snehovej pokrývky (obr. 4.6.11b). Najvýraznejšie sa to prejavilo začiatkom februára, kedy po období s veľmi nízkymi teplotami (na stanici SHMÚ Handlová bola priemerná teplota v mesiaci január 2017 -7,5 °C) došlo k otepleniu (teploty nad 0 °C), spojenému so zrážkovou činnosťou. Podobná situácia sa odohrala aj na konci apríla. V nasledujúcom období, ktoré trvalo do druhej polovice októbra, mala hladina podzemnej vody klesajúci trend. Minimálna hladina bola nameraná 24. októbra v hĺbke 3,79 m pod terénom (431,64 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 pokles hladiny o 0,85 m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 3,05 m pod terénom (432,38 m n. m.), čo je tiež pokles (o 0,59 m) oproti roku 2016. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,74 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol teda zachovaný charakter jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,11 m za deň. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 2,96 m (čo je až 79,14 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,56 m pod terénom, 2. kvartil 3,24 m pod terénom a 3. kvartil 2,74 m pod terénom.

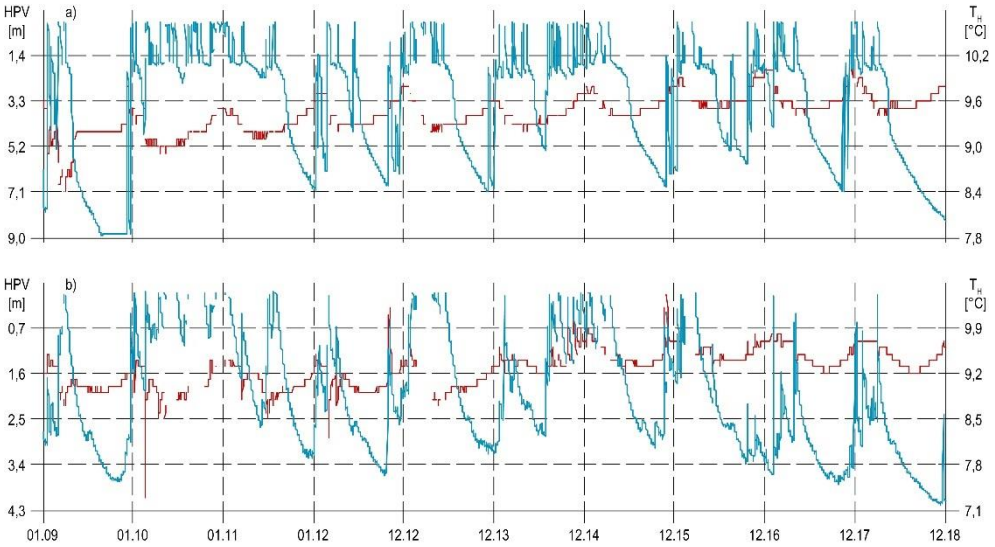
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,8 °C počas 5. januára, naopak, najnižšia teplota (9,0 °C) bola zaznamenaná 4. februára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,48 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas roku 2017 predstavovala 0,8 °C.

V roku 2018 bola najvyššia hladina podzemnej vody nameraná nad úrovňou terénu (viac ako 435,43 m n. m.) nameraná len počas jedného dňa ï 1. apríla. Od druhej polovice marca, kedy bol zaznamenaný výraznejší pokles hladiny podzemnej vody, až do druhej polovice októbra, mala hladina podzemnej vody klesajúci charakter. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 4,20 m (431,23 m n. m.), bola dosiahnutá 20. decembra. Oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,41m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 3,10 m pod terénom (432,33 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim

rokom pokles o 0,05 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 4,2 m. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,85 m pod terénom, 2. kvartil 3,26 m pod terénom a 3. kvartil 2,49 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,9 °C počas 5. januára, naopak, najnižšia teplota (9,2 °C) bola zaznamenaná 5. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,5 °C.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (obr. 4.6.12) možno konštatovať, že zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody majú periodický charakter. Hladina podzemnej vody pravidelne dosahuje úroveň terénu, najmä v období jarného topenia snehovej pokrývky. Výnimku predstavuje rok 2010, kedy hladiny podzemnej vody dosahovali úroveň terénu prakticky počas celého roka. Minimálny stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte P-17 zaznamenaný 29. augusta v roku 2009 s hodnotou 8,89 m pod terénom a vo vrte P-19 v aktuálne hodnotenom roku 20. decembra roku s hodnotou 4,20 m pod terénom. Za negatívny aspekt z hľadiska hodnotenia trendu zmien hladiny podzemnej vody v oboch vrtoch možno považovať čiastočný výskyt hladiny podzemnej vody nad úrovňou terénu (technický nedostatok v zabudovaní monitorovacieho vrtu – neprimerane dlhá filtračná časť vrtu – sledovanie kolísania hĺbky hladiny podzemnej vody z viacerých zvodnených horizontov).



Obr. 4.6.12. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – P-17, b – P-19. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; červená línia – teplota podzemnej vody.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko je pozorovaných 13 odvodňovacích zariadení (tab. 4.6.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.6.7 a 4.6.8; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.6.6, 4.6.7 a 4.6.8).

V roku 2017 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 13. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na skupinách vrtov, ústiacich do šácht D a E. Počas 27. februára (v rovnakom termíne ako v roku 2016) boli na odvodňovacích vrtoch namerané výdatnosti 70,59 $l.min^{-1}$. O niečo nižšie prietoky (66,67 $l.min^{-1}$) vytekali zo šácht A, C a F počas 28. apríla. V uvedenom termíne boli maximálne prietoky namerané aj vo HV-6, 7 a 101. Zároveň ide o etapu, počas ktorej bola zaznamenaná najvyššia spoločná hodnota výdatnosti v roku 2017. Minimálne hodnoty výdatnosti, na úrovni kvapkania, boli sledované vo vrtoch HV-101, HV-6, HV-102, HV-8a a HV-8b (v prípade posledných dvoch vrtov bola rovnaká výdatnosť sledovaná počas celého roka). Naviac, vrt

JH-5 bol počas všetkých meraní v roku 2017 suchý. Na výtokových potrubiach zo šácht označených A, C, D, E, F sa minimálne výdatnosti pohybovali v rozsahu od 10,34 l.min^{-1} (šachta F; 28. júl) do 46,15 l.min^{-1} (šachta D; 10. september). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2017 dosiahla 202,01 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 17,37 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte F (56,33 l.min^{-1}).

Tab. 4.6.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2017

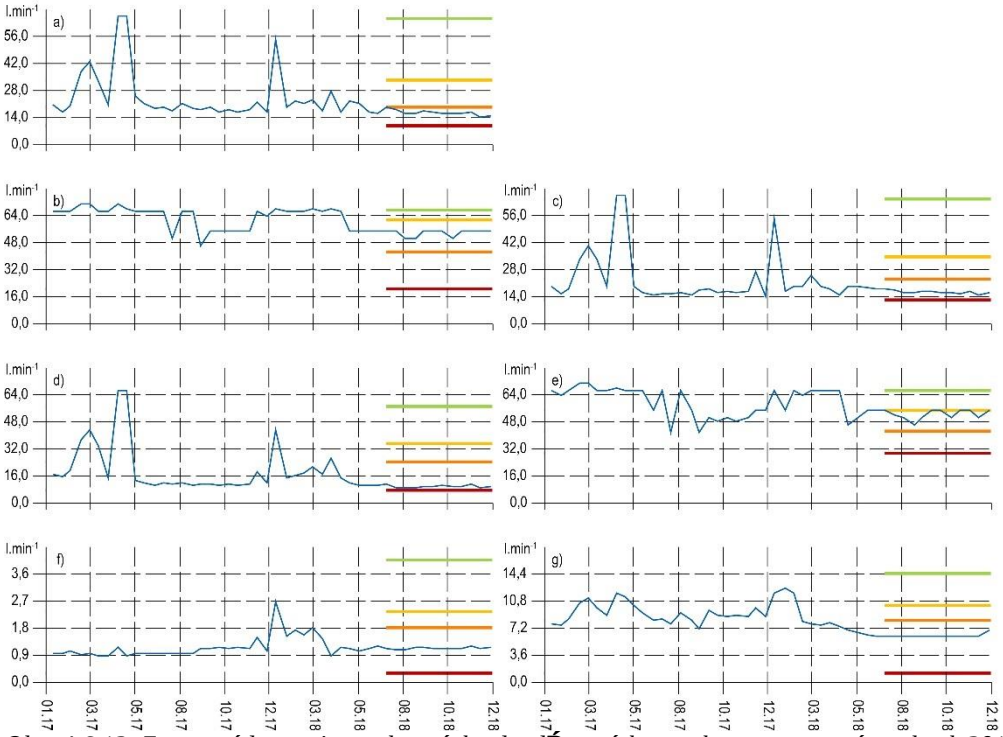
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
A	24	66,67	28.01.17	16,44	28.04.17	25,41	50,23
C	24	66,67	28.12.17	14,29	28.04.17	23,57	52,38
D	24	70,59	10.09.17	46,15	27.02.17	63,00	24,44
E	24	70,59	27.07.17	41,38	27.02.17	59,15	29,21
F	24	66,67	28.06.17	10,34	28.04.17	20,31	56,33
HV-101	24	2,21	10.02.17	0,00	28.04.17	0,29	2,21
HV-102	24	0,91	10.02.17	0,00	13.03.17	0,08	0,91
HV-6	24	1,03	27.02.17	0,00	28.04.17	0,08	1,03
HV-7	24	11,76	10.09.17	7,06	28.04.17	9,11	4,70
HV-8a	24	0,00	10.02.17	0,00	10.02.17	0,00	0,00
HV-8b	24	0,00	10.02.17	0,00	10.02.17	0,00	0,00
JH-5	24	suchý					
JH-6	24	1,46	12.04.17	0,85	12.12.17	1,02	0,61

Tab. 4.6.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
A	24	54,55	12. 1. 18	14,12	10. 12. 18	19,75	40,43
C	24	54,55	12. 1. 18	14,63	28. 4. 18	19,08	39,92
D	24	68,18	12. 1. 18	50,00	10. 8. 18	58,21	18,18
E	24	66,67	12. 1. 18	46,15	12. 5. 18	56,19	20,52
F	24	42,86	12. 1. 18	8,45	10. 8. 18	13,63	34,41
HV-101	24	2,68	12. 1. 18	0,00	26. 9. 18	0,14	2,68
HV-102	24	kvapkanie, suché					
HV-6	24						
HV-7	24	12,50	30. 1. 18	6,01	27. 7. 18	7,24	6,49
HV-8a	24	kvapkanie					
HV-8b	24						
JH-5	24	suchý					
JH-6	24	2,68	12. 1. 18	0,85	12. 4. 18	1,27	1,83

V roku 2018 bol zachovaný rovnaký interval meraní, a teda zabezpečených bolo 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 12. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na skupinách vrtov, ústiacich do šácht D a E. Počas 12. januára boli na odvodňovacích vrtoch namerané výdatnosti 68,18 l.min^{-1}, resp. 66,67 l.min^{-1}. O niečo nižšie prietoky (54,55 l.min^{-1}) vytekali zo šácht A a C a 42,86 l.min^{-1} zo šachty F počas 12. januára. V uvedenom termíne boli maximálne prietoky namerané aj vo vrtoch JH-6 a HV-101. Vo vrte HV-7 bol maximálny prietok nameraný 30. januára. Minimálne výdatnosti z vrtov ústiacich do šachty D boli namerané 12. mája (50,0 l.min^{-1}) a do šachty E 10. augusta (46,15 l.min^{-1}).V tejto šachte bola najnižšia výdatnosť nameraná 10. októbra s hodnotou 61,22 l.min^{-1}. Najnižšie výdatnosti v rámci hodnotených odvodňovacích zariadení boli na úrovni 0,0 l.min^{-1}, teda vrty boli minimálne počas jedného merania suché. Ide o objekty HV-101, HV-102, HV-6 a JH-5 (tento vrt bol počas celého roka suchý). Vrty HV-8a a HV-8b síce suché neboli, ale prietok vytekajúcej vody bol celý rok len na úrovni kvapkania. Na výtokových potrubiach zo šácht označených D a F je termín minimálnych prietokov 10. august, zo šachty A 10. december, zo šachty C 28. apríl a zo šachty E 12. máj. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla

175,52 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 26,49 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte A (40,43 l.min^{-1}). Množstvo odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.6.13.

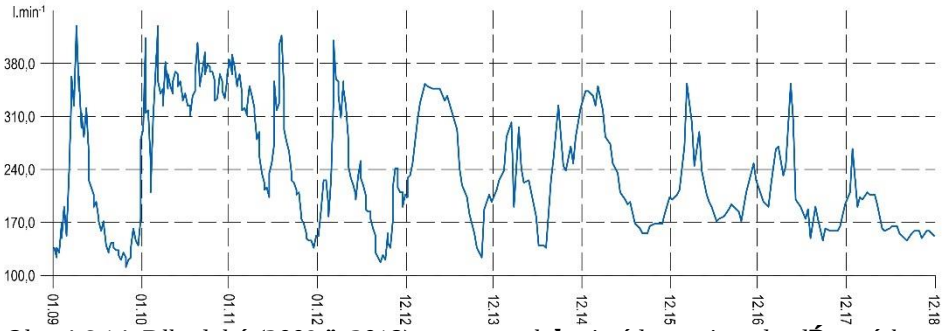


Obr. 4.6.13. Zmeny výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – šachta A (max. hodnota počas RO: 617,14 l.min^{-1}), b šachta D (max. hodnota počas RO: 232,25 l.min^{-1}), c – šachta C (max. hodnota počas RO: 285,71 l.min^{-1}), d – šachta F (max. hodnota počas RO: 454,73 l.min^{-1}), e – šachta E (max. hodnota počas RO: 130,89 l.min^{-1}), f – JH-6 (max. hodnota počas RO: 63,51 l.min^{-1}), g – HV-7 (RO: 2. 1. 2 – 28. 12. 16; max. hodnota počas RO:41,73 l.min-1) B (RO: 13. 05. 15 – 30. 12. 17), červená – minimálna výdatnosť nameraná počas RO (maximálna výdatnosť nameraná počas RO je uvedená v zátvorkách pri jednotlivých vrtoch), oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.

Z analýzy nameraných množstiev odvádzanej vody vyplýva, že v prípadoch zariadení označených sumárne ako A až F prevládajú objemy nad 60 l.min^{-1}. Najefektívnejšie v tomto smere sú odvodňovacie zariadenia D a E, na ktorých výrazne prevládajú výdatnosti v intervale 63,0 – 69,0 l.min^{-1}. Maximálna výdatnosť zaznamenaná v minulosti dosiahla v prípade šachty D až 80 l.min^{-1}. Hodnota jej 1. kvartilu, z nameraných výdatností do roku 2016, dosiahla 44,78 l.min^{-1}. Počas monitorovaného obdobia v rámci celej lokality možno vždy sledovať prevládajúcu výdatnosť v rozsahu 0,0 – 5,0 l.min^{-1}. Je to ovplyvnené tým, že viaceré vrty označené HJ a HV sú často suché, resp. dosahujú len nižšie hodnoty výdatnosti.

Výdatnosti zo šachty B sú dlhodobo nemerané, a to z dôvodu upchatia výtokového potrubia odpadkami. Voda preteká cez okraj záchytnej šachty.

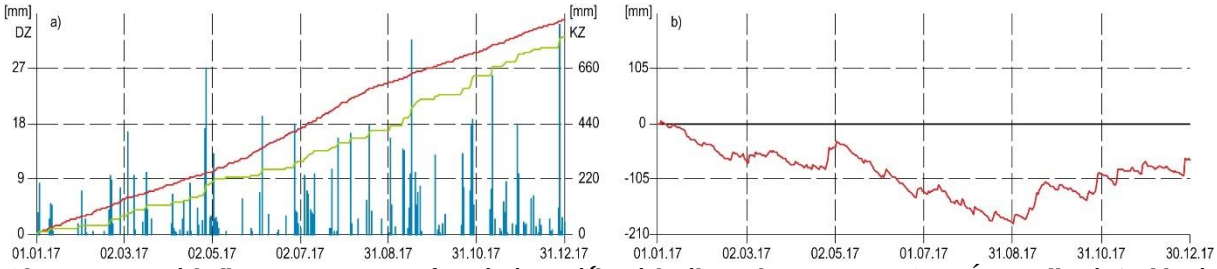
Pri analýze záznamov z posledného desaťročia (obr. 4.6.14) možno konštatovať, že najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti boli dosiahnuté v rokoch 2009, 2010 a 2011. Od roku 2012 je pozorovateľný postupný pokles spoločnej výdatnosti. Sezónne zmeny výdatnosti súvisia prevažne s režimom podzemnej vody. Najvyššie hodnoty výdatnosti sú zaznamenané najmä v prvej polovici roka a naopak, najnižšie hodnoty počas mesiacov október a november.



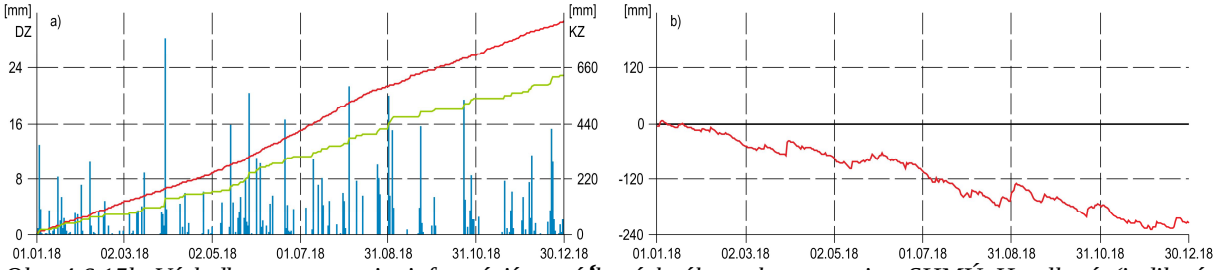
Obr. 4.6.14. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti z odvodňovacích vrtov na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch ústiacich do jácht: A, C, D, E, F a samostatných odvodňovacích vrtov: HV-6, HV-7, HV-8a, HV-8b, JH-5 a JH-6

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Handlová s indikatívom 30080 (obr. 4.6.15a a 4.6.15b). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2017 predstavuje 842,2 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1328,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 70,5 mm a maximálny mesačný úhrn 288,2 mm (august 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 16. júla 2010 do 15. augusta 2010) dosiahol 335,8 mm.



Obr. 4.6.15a. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.



Obr. 4.6.15b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny v roku 2018 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 783,8 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (125,2 mm) a najvyšší denný úhrn 28. decembra (34,0 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 26,4 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 25. augusta do 24. septembra (127,6 mm) a naopak, počas najsuchšieho

tridsaťdňového obdobia (od 13. januára do 12. februára), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 11,5 mm.

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 631,1 mm, čo zodpovedá 74,93 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. Najvyššie mesačný úhrn bol nameraný počas mája (75,5 mm) a najvyššie denný úhrn 31. marca (28,3 mm). Najsuchším mesiacom bol november s 22,5 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 14. mája do 13. júna (103,1 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 13. apríla do 13. mája), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 16,9 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú monitorovacie aktivity zabezpečované v troch samostatných zosuvných územiach (západná časť intravilánu mesta Handlová). V roku 2018 bol zabezpečený kompletný sortiment monitorovacích meraní. Inklinometrické merania boli realizované v oboch existujúcich vrtoch. V oblasti Jánošíkovej ul., v porovnaní s predchádzajúcim rokom, došlo k miernemu upokojeniu pohybovej aktivity. I napriek tomu výsledná deformácia inklinometrickej pažnice v hĺbke šmykovej plochy dosiahla cca 28 mm. Pripomíname, že merania sa na lokalite začali zabezpečovať na konci zimného obdobia v roku 2015, a teda priemerná rýchlosť tejto časti svahovej poruchy dosahuje až 7,8 mm.rok^{-1}. V oblasti nad železničným oblúkom pretrvala pohybová aktivita na približne rovnakej úrovni ako v roku 2017. Počas jarnej etapy dosiahol prírastok deformácie 8,19 mm. Uvedená deformácia bola nameraná v hĺbke 8,78 m pod terénom. Domnievame sa, že danou hĺbkou prechádza jedna zo šmykových plôch. Do uvedenej hĺbky bola v roku 2018 presunutá stacionárna sonda.

V roku 2018 sa pokračovalo i v režimových meraniach, ktorými boli viackrát zaznamenané znepokojivo vysoké hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody. V dvoch vrtoch (P-11 a P-18) sledovaných pozorovateľom sa hladina podzemnej vody dostala až nad úroveň terénu. Podobný charakter mal i priebeh hladiny vo vrte P-17, ktorý je vybavený automatickým hladinomerom. Naopak automatický hladinomer vo vrte P-19 zaznamenal po veľmi dlhom období minimálny počet prípadov s hladinou podzemnej vody nad úrovňou terénu. Viacero vrtov bolo počas monitorovaného obdobia suchých. Vrty P-36 a J-317 boli suché počas všetkých meraní. Vo vrte P-18 bol okrem už spomenutého prelivu zaznamenaný i stav bez vody či suchý vrt. Znamená to, že voda vo vrte má veľmi výrazne kolísanie (ide však len o zdanlivé kolísanie, voda do vrtu nateká zo zvodneného horizontu, ktorý primárne nie je monitorovaný; podobný problém je možné na monitorovanej lokalite sledovať vo viacerých vrtoch, najlepšie vo vrtoch P-17 a P-19, ktoré sú instrumentované automatickými hladinomermi).

V prípade odvodňovacích vrtov došlo k medziročnému poklesu sumárnej priemernej výdatnosti o 26,49 l.min^{-1}, čo pravdepodobne súvisí s podpriemerným zrážkovým úhrnom. Negatívnou skutočnosťou v monitorovanej oblasti nad železničným oblúkom je, že odtokové potrubie zo šachty B je dlhodobo zapchaté odpadkami. Voda vyteká cez revíznu šachtu.

V roku 2019 plánujeme pokračovať v rovnakých monitorovacích aktivitách ako v prechádzajúcom roku. Zabezpečené budú inklinometrické merania a režimové pozorovania. Okrem terénnych meraní bude zabezpečený zber údajov z automatických zariadení a spracované budú aj klimatické údaje zo stanice SHMÚ.

1.4.7. Lokalita Handlová-Kunerovská cesta

Stručná charakteristika lokality

Zosuv na Kunerovskej ceste sa nachádza v intraviláne mesta Handlová, na jeho JV okraji. V súvislosti s aktivizáciou zosuvu v roku 1998 bol na lokalite vykonaný inžinierskogeologický prieskum (Jadroň a Mokrá, 1999). V rámci prieskumu bola vybudovaná sieť objektov, umožňujúcich vykonávať inklinometrické merania, ako aj režimové pozorovania. K jej modernizácii došlo počas roka 2014. Do existujúceho inklinometrického vrtu bola inštalovaná stacionárna inklinometrická sonda a automatický hladinomer. Modernizácia monitorovacích zariadení prebehla v rámci riešenia projektu „Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza" (Ilkanič et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014). Súčasťou geologickej úlohy bola i revízia a rekonštrukcia odvodňovacích zariadení.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

Tab. 4.7.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Kunerovská cesta v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	9	JK-1, 2, 4, 5, 6, 7 MK-4, 6, 8	24 *(2x za mesiac)*	24 *(2x za mesiac)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, 3, 4, spoločný výtok drenážneho systému pri potoku „VÝTOK"	24 *(2x za mesiac)*	24 *(2x za mesiac)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	*Denné úhrny zrážok*	

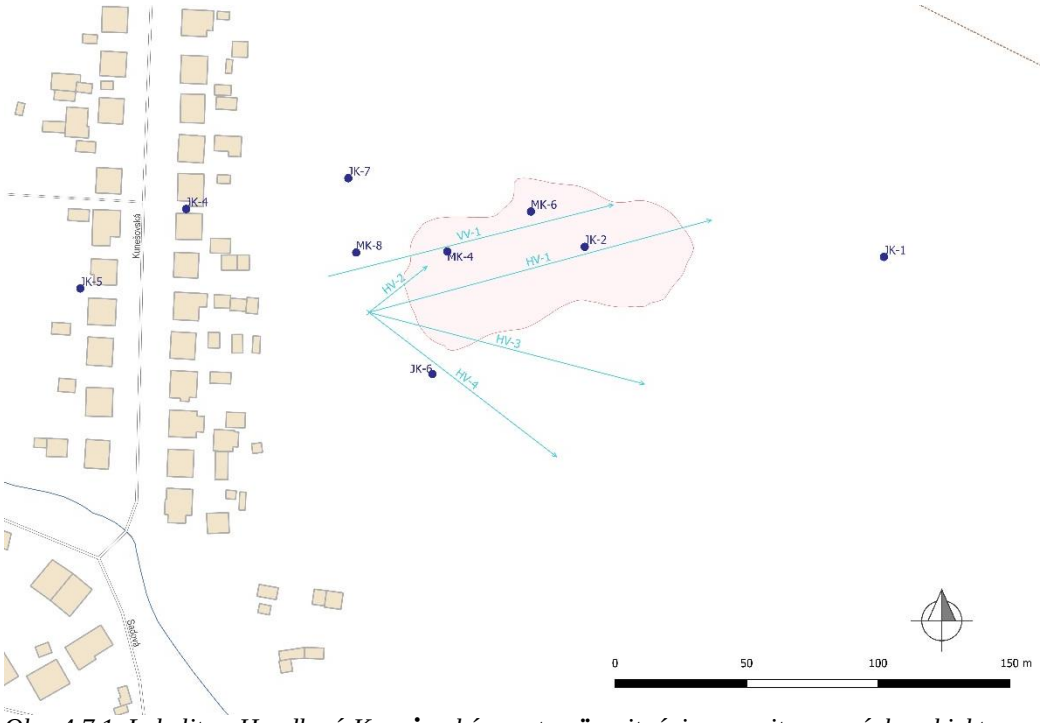
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Handlová-Kunerovská cesta sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 9 vrtoch (tab. 4.7.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.7.2 a 4.7.3; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.7.1). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2017 a 2018 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.7.2. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.7.3.

V roku 2017 sa pokračovalo s monitorovaním režimových ukazovateľov v 9 vrtoch (24 kontrolných meraní, a to od 13. januára do 28. decembra). Najvyššia úroveň hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte MK-8 (0,64 m pod terénom; 480,60 m n. m.). Maximálna hladina podzemnej vody v uvedenom vrte, ale aj v ďalších vrtoch (MK-8, JK-4, JK-5, JK-7, JK-6) bola zaznamenaná v prvej polovici marca. Z priebehu hladín na obr. 4.7.2 je vidieť, že počas jarného obdobia došlo k dvom výraznejším vzostupom podzemnej vody. Prvý, už spomenutý, bol zaznamenaný počas marcového merania, druhý bol zaznamenaný na konci mája (vrty: JK-2 a JK-1). Hladiny podzemnej vody začali stúpať aj na konci jesenného obdobia.

V tomto období bola maximálna hladina zaznamenaná vo vrte MK-4 (2,55 m pod terénom; 483,05 m n. m.).



Obr. 4.7.1. Lokalita Handlová-Kunerádovská cesta – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.7.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunerádovská cesta v roku 2017

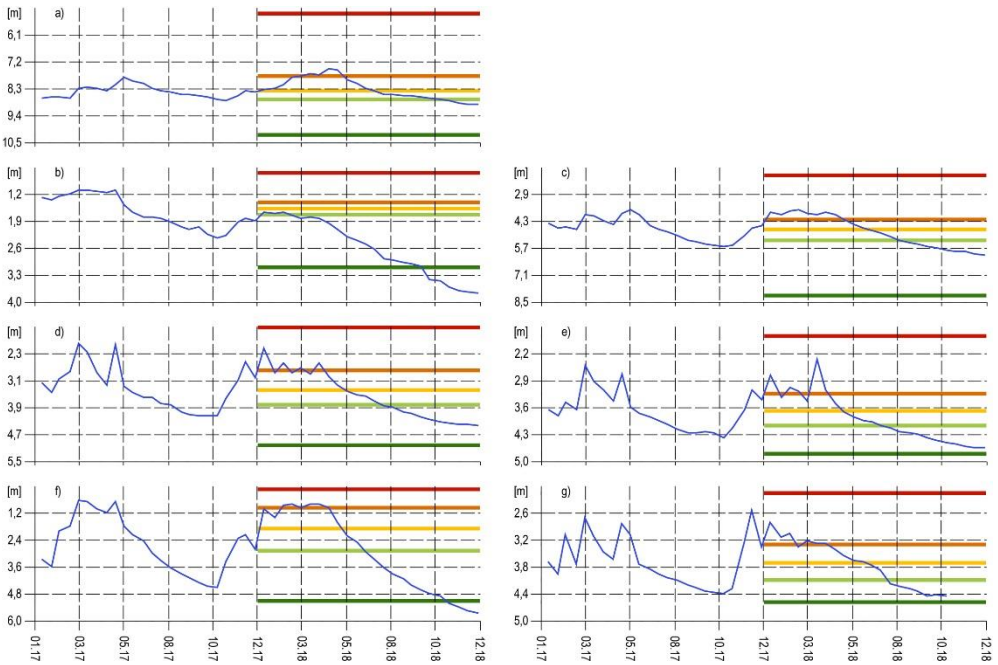
Bod	Počet Meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JK-1	24	7,85	502,08	28.05.17	8,78	501,15	10.11.17	8,43	501,50	0,93
JK-2	24	3,73	488,45	28.05.17	5,65	486,53	27.10.17	4,72	487,46	1,92
JK-4	24	0,80	472,52	13.03.17	1,12	472,20	28.06.17	0,96	472,36	0,32
JK-5	24	1,08	468,67	13.03.17	2,33	467,42	27.10.17	1,66	468,09	1,25
JK-6	24	2,52	483,00	13.03.17	4,38	481,14	27.10.17	3,68	481,84	1,86
JK-7	24	2,00	478,37	13.03.17	4,15	476,22	27.09.17	3,30	477,07	2,15
MK-4	24	2,55	483,05	12.12.17	4,40	481,20	27.10.17	3,67	481,93	1,85
MK-6	24	suchý								
MK-8	24	0,64	480,60	13.03.17	4,52	476,72	27.10.17	2,64	478,60	3,88

Tab. 4.7.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunerádovská cesta v roku 2017

Bod	Počet Meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JK-1	24	7,48	502,45	28.04.18	8,96	500,97	28.12.18	8,31	501,62	1,48
JK-2	24	3,68	488,50	27.02.18	6,04	486,14	28.12.18	4,85	487,34	2,36
JK-4	24	0,79	472,53	12.01.18	1,46	471,86	10.12.18	1,12	472,20	0,67
JK-5	24	1,66	468,09	12.01.18	3,78	465,97	28.12.18	2,65	467,10	2,12
JK-6	24	2,36	483,16	29.03.18	4,66	480,86	28.12.18	3,88	481,64	2,30
JK-7	24	2,13	478,24	12.01.18	4,43	475,94	28.12.18	3,56	476,81	2,30
MK-4	24	2,81	482,79	12.01.18	4,46	481,14	28.10.18	3,72	481,88	1,65
MK-6	24	suchý								
MK-8	24	0,79	480,45	12.04.18	5,67	475,57	28.12.18	3,02	478,22	4,88

Jesennému vzostupu hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch predchádzalo obdobie minimálnych úrovní. Najhlbšie sa pod terén dostala voda vo vrte JK-1 (8,78 m pod terénom, 501,15 m n. m.). Obdobie výskytu minimálnych hladín, podobne ako v prípade maximálnych

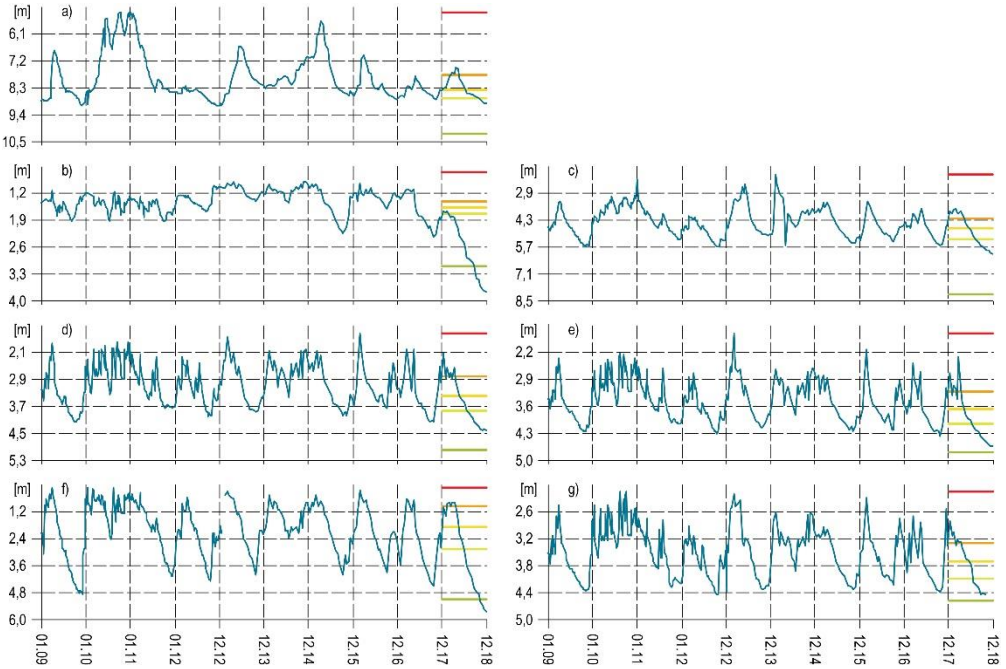
stavov, bolo sústredené do relatívne krátkeho časového intervalu. Výrazne prevládal 27. október (vrty: JK-5, JK-6, MK-4, MK-8, JK-2), v niektorých vrtoch sa minimálne stavy prejavili už koncom septembra (JK-7), resp. až v prevej polovici novembra (JK-1). Pri opise minimálnych stavov treba ešte dodať, že vrt MK-6 bol počas všetkých meraní suchý, teda hladina podzemnej vody sa nachádzala vo väčšej hĺbke než je samotné dno vrtu.



Obr. 4.7.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – JK-1, b – JK-5, c – JK-2, d – JK-7, e – JK-6 (RO: 20. 12. 99 – 28. 12. 17), f – MK-8, g – MK-4 (RO: 3. 1. 00 – 28. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 3,63 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku nepatrná zmena (pokles o 0,01 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,96 (vrt JK-4) do 8,43 m pod terénom (vrt JK-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte MK-8 (3,88 m). Naopak, najmenšie zmeny boli namerané vo vrte JK-4 (0,32 m).

V roku 2018 sa pokračovalo v rovnakom režime monitorovacích meraní od 12. januára do 28. decembra). Priebehy zmien hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch mali podobný charakter. Maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané prevažne v zimnom a čiastočne i v jarnom období, následne, počas jarného obdobia došlo vo všetkých vrtoch k jej poklesu. Najvyššia úroveň podzemnej vody (0,79 m pod terénom) bola nameraná vo vrtoch MK-8 a JK-4. Tento stav hladiny podzemnej vody bol v oboch prípadoch pozorovaný 12. apríla. V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody nachádzali v intervale 1,66 (JK-5) až 7,48 m pod terénom (JK-1). Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte JK-1. Jej minimálna hladina bola nameraná 8,96 m pod terénom (28. december). Výskyt minimálnych stavov podzemnej vody bol vo všetkých vrtoch pozorovaný na konci decembra. Vrt MK-6 bol počas všetkých meraní suchý. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 3,89 m pod terénom, čo je oproti roku 2017 pokles o 0,26 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,12 (vrt JK-4) do 8,31 m pod terénom (vrt JK-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte MK-8 (4,88 m).



Obr. 4.7.3. Dlhodobé (2019 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Handlová-Kunegovská cesta, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – JK-1, b – JK-5, c – JK-2, d – JK-7, e – JK-6 (RO: 20. 12. 99 – 28. 12. 17), f – MK-8, g – MK-4 (RO: 3. 1. 00 – 28. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Kolísanie hladiny podzemnej vody v období rokov 2009 až 2018 je odrazom ročných cyklov (obr. 4.7.3). Pomerne pravidelný cyklus sezónnych zmien narušili mimoriadne intenzívne zrážky v roku 2010. V tomto roku boli zaznamenané jedny z najvyšších úrovní hladiny podzemnej vody v rámci celého monitorovaného obdobia (JK-1 – 4. októbra – 5,22 m pod terénom, JK-3 – 27. septembra – 0,90 m pod terénom, MK-4 – 16. augusta – 2,15 m pod terénom, MK-8 – 16. augusta – 0,15 m pod terénom). Najvyššia hladina podzemnej vody bola však dosiahnutá v roku 2013 vo vrte MK-8. V roku 2018, v období minimálnych stavovo hladiny podzemnej vody, došlo vo vrtoch JK-5 a MK-8 k jej výraznému poklesu.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Kunegovská cesta v rokoch 2017 a 2018 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. (tab. 4.7.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.7.4 a 4.7.5; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.7.1).

Tab. 4.7.4. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunegovská cesta v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	24	1,81	13.03.17	0,00	27.10.17	0,48	1,81
HV-3	24	31,58	28.06.17	0,57	27.10.17	4,30	31,01
HV-4	24	17,91	12.07.17	0,00	27.10.17	1,13	17,91
VÝTOK	24	54,55	12.12.17	0,00	13.01.17	3,99	54,55

V roku 2017 boli merania zabezpečované od 13. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, bola nameraná na výtokovom objekte (54,55 l.min^{-1}) počas 12. decembra. Pomerne vysoká prietoková hodnota bola zaznamenaná aj na objekte HV-3, v ktorom koncom júna bola nameraná výdatnosť až 31,58 l.min^{-1}. Uvedená hodnota je v danom vrte nezvyčajná, pretože maximálna výdatnosť do roku 2016 dosiahla len 3,03 l.min^{-1}. Podobne, za mimoriadne vysoké možno považovať i hodnoty, ktoré boli

zaznamenané počas nasledujúcich júlových meraní (nad 20 l.min^{-1}). Rovnaká situácia nastala i vo vrte HV-4, v ktorom došlo k prudkému vzostupu výdatnosti, a to z 0,34 l.min^{-1} (26. jún) na 17,91 l.min^{-1} (12. júl). Naviac, vrt HV-3 ako jediný odvádzal podzemnú vodu počas všetkých termínov kontrolných meraní. Priemerná výdatnosť v tomto objekte dosiahla v roku 2017 hodnotu 4,3 l.min^{-1}. V ostatných odvodňovacích vrtoch sa počas roka 2017 minimálne jedenkrát vyskytol prípad, že vrt bol suchý, resp. voda z neho len kvapkala.

Maximálne hodnoty výdatnosti boli zaznamenávané postupne od polovice marca (HV-1) do polovice decembra (objekt „výtok"). Minimálne prietoky boli zaznamenané najmä koncom októbra. Najnižšie hodnoty priemernej výdatnosti boli namerané na odvodňovacích zariadeniach HV-1 a HV-4.

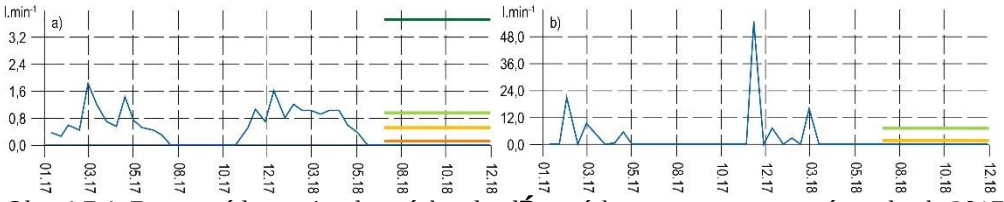
Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 9,90 l.min^{-1}, čo v porovnaní s predchádzajúcim rokom predstavuje nárast o 2,49 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte „výtok" (54,55 l.min^{-1}).

Tab. 4.7.5. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	24	1,62	12. 1. 18	0,00	28. 8. 18	0,40	1,62
HV-3	24	1,83	12. 1. 18	0,34	10. 12. 18	0,95	1,49
HV-4	24	0,79	12. 1. 18	0,00	10. 11. 18	0,24	0,79
VÝTOK	24	15,79	12. 3. 18	0,00	30. 1. 18	1,08	15,79

V roku 2018 boli merania realizované v období od 12. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 12. januára na odvodňovacom zariadení „výtok" (15,79 l.min^{-1}), čo predstavuje oproti roku 2017 výrazný pokles. Priemerná výdatnosť tohto objektu dosiahla však len 1,08 l.min^{-1}, pričom monitorovaný objekt bolo počas 21 meraní suchý. Podobne, veľmi nízke hodnoty, na úrovni kvapkania, boli počas 14 meraní pozorované aj vo vrte HV-1 a počas 11 meraní vo vrte HV-4. Pri vrtoch HV-4, HV-1 a pri výtokovom objekte sa počas roka 2018 minimálne jedenkrát vyskytol prípad, že vrt bol suchý, resp. voda z neho len kvapkala. Vrt HV-3 dosahoval ako jediný prietoky v rozsahu od 0,43 do 1,83 l.min^{-1} počas všetkých meraní, pričom maximálna hodnota bola dosiahnutá 12. januára. Priemerná výdatnosť objektu dosiahla hodnotu 0,95 l.min^{-1}. Najnižšiu priemernú výdatnosť dosiahol vrt HV-4 (0,24 l.min^{-1}).

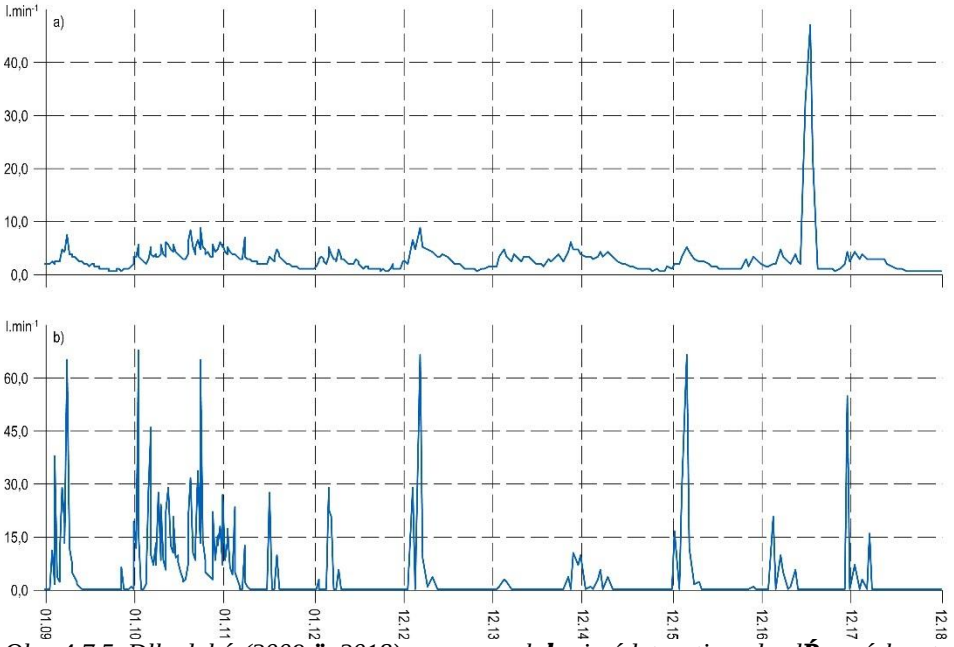
Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 2,67 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 7,23 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané v objekte „výtok" (15,79 l.min^{-1}).



Obr. 4.7.4. Zmeny výdatnosti vybraných odvodňovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – HV-1, b – výtokové potrubie (RO: 20. 12. 99 – 28. 12. 16; max. hodnota počas RO:600,0 l.min^{-1}), tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.

Zo štatistickej analýzy vyplýva, že odvodňovacie zariadenia relatívne úplne odvádzajú podzemnú vodu. Z trojice odvodňovacích objektov je najefektívnejší vrt HV-3, na ktorom prevládajú výdatnosti v rozsahu od 1,0 do 1,4 l.min^{-1}. V rámci lokality prevládajú výdatnosti v intervale od 0,6 do 1,0 l.min^{-1}.

Namerané zmeny spoloľnej výdatnosti horizontálnych vrtov HV-1, HV-2 a HV-4 v období 2009 aģ 2018 majú prevaģne pravidelný cyklus, ktorý súvisí s reģimovými zmenami hladiny podzemnej vody (obr. 4.7.5). Najvyģģie hodnoty spoloľnej výdatnosti boli dosiahnuté v roku 2017. Naopak, najniģģia hodnota spoloľnej výdatnosti bola nameraná 5. októbra 2009 (0,42 l.min^{-1}). Poľas hodnoteného desaŠroľného obdobia priemerná hodnota spoloľnej výdatnosti z drenáģnych vrtov (HV-1, HV-3 a HV-4) dosiahla 2,56 l.min^{-1}. Vo výdatnosti výtoku z kanalizácie v hodnotenom období je moģné pozorovaŠ výrazné zmeny. Maximálna výdatnosŠ bola nameraná 11. januára 2010 s hodnotou 67,42 l.min^{-1}. Minimálna výdatnosŠ v danom objekte v mnohých prípadoch dosahuje len hodnotu 0,01 l.min^{-1}, resp. vrt je suchý. Priebehy mnoģstva odvádzanej vody z odvodŕovacích zariadení za dlhģie obdobie sú znázornené na obr. 4.7.5.



Obr. 4.7.5. Dlhodobé (2009 ï 2018) zmeny spoloľnej výdatnosti z odvodŕovacích vrtov na lokalite Handlová-Kuneģovská cesta. Sumárna výdatnosŠ je stanovaná z údajov, nameraných na odvodŕovacích vrtoch: a ï HV-1, HV-3, HV-4, b ï výtokový objekt.

c/ Merania zráģkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplŕujú údaje o zráģkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080; obr. 4.6.15 a 4.6.16). Informácie o zráģkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súľasŠou lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Handlová-Kuneģovská cesta sú monitorovacie aktivity zabezpeľované v území nad zástavbou rodinných domov (juhovýchodná ľasŠ intravilánu mesta Handlová). Merania v roku 2018 boli sústredené len na sledovanie zmien hĐbky hladiny podzemnej vody a výdatnosŠ odvodŕovacích zariadení.

Pri hodnotení vývoja hladiny podzemnej vody je moģné konģtatovaŠ, ģe jej priebehy, zaznamenané v roku 2018, boli do veĎkej miery ovplyvnené dlhodobým zráģkovým deficitom. Hladiny podzemnej vody vo viacerých vrtoch dosiahli historické minimá (napr. vrty JK-5 a MK-8). Zároveŕŕbol dosiahnutý mierny pokles priemernej hĐbky hladiny podzemnej vody (o 0,26 m). Uvedený mierny pokles spoloľnej priemernej hladiny podzemnej vody súvisí s podpriemerným zráģkovými úhrnmi. Na klimatické faktory eģte citlivejģie zareagovali

odvodŕovacie zariadenia. V roku 2018, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, bol nameraný pokles sumárnej priemernej hodnoty výdatnosti o 7,23 $l.min^{-1}$. V tejto súvislosti treba poznamenaŠ, ģe zostup sumárnej priemernej hodnoty je na lokalite pozorovaný uģ dlhģie obdobie, a to aj napriek preļisteniu vrtov v roku 2014.

V roku 2019, podobne ako v aktuálne hodnotenom roku sú plánované reģimové pozorovania na sieti piezometrických vrtov a odvodŕovacích vrtov a spracovanie údajov o klimatických faktoroch.

1.4.8. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960

Stručná charakteristika lokality

Zosuv, ktorý vznikol na prelome rokov 1960/1961, sa aktivizoval v JV časti mesta Handlová. Zosuv zničil časť mesta a komunikačné línie (diaľkové elektrické vedenie a Európsku cestu z Handlovej do Žiaru nad Hronom E572). Na zosuve sa vykonal súbor sanačných prác, zameraných predovšetkým na odvodnenie svahu a prišaženie jeho päty stabilizačným násypom. V jednotlivých etapách prieskumu a sanácie sa budovala i sieť monitorovacích objektov a vykonávalo sa krátkodobé monitorovanie. Systematicky sa územie monitoruje od roku 1993, i keď v poslednom období boli monitorovacie aktivity sústredené prakticky len na inklinometrické merania. V roku 2014, po kritickej deformácii posledného funkčného inklinometrického vrtu, sa zosuvné územie hodnotilo len vizuálne, na základe terénnej rekognoskácie. V závere roka 2014 bol v rámci riešenia geologickej úlohy „Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza" (Ilkanič et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014) vybudovaný nový inklinometrický vrt, ktorý sa začal monitorovať v roku 2015.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

V rokoch 2017 a 2018 boli v zosuvnom území realizované inklinometrické merania. Prehľad termínov meraní je v tab. 4.8.1.

Tab. 4.8.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-zosuv z roku 1960 v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	2017	2018
Inklinometrické	1	AH-1	3 *(31. marec, 2. október, 15. december)*	3 *(12. apríl, 14. august, 5. december)*
	1	AH-1[1] - stacionárna inklinometrická sonda	kontinuálne *(každý deň)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	*Denné úhrny zrážok*	

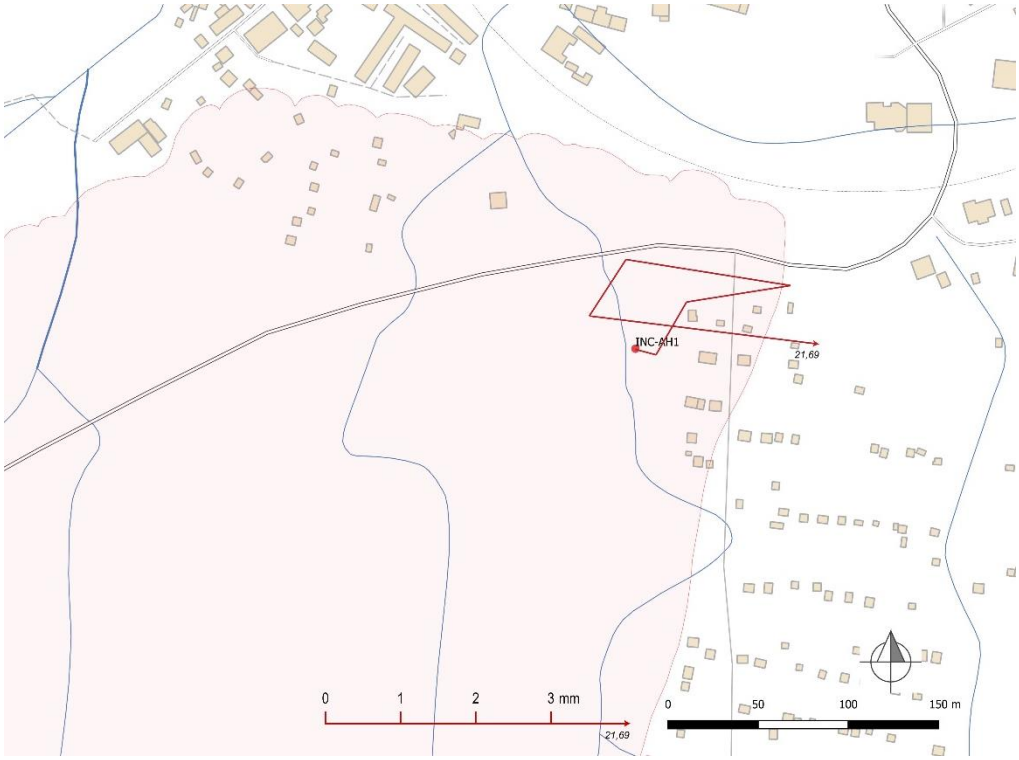
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

V roku 2015 boli vďaka vybudovaniu nového inklinometrického vrtu obnovené monitorovacie merania. Vrt sa nachádza v severovýchodnej časti telesa zosuvu z roku 1960 (obr. 4.8.1). Vrt bol lokalizovaný tak, aby zachytával deformácie v najcitlivejšej časti zosuvu, teda v oblasti, ktorá nie je zabezpečená Stabilizačným násypom a zároveň ohrozuje železničnú trať, Európsku cestu 572 a viaceré objekty v intraviláne mesta Handlová. Z hľadiska hodnotenia pohybovej aktivity ide o oblasť, v ktorej sa deformácie prejavujú priamo na cestnej komunikácii E572.

V roku 2017 boli zabezpečené tri etapy neraní. Namerané etapové vektory v sledovaných horizontoch (tab. 4.8.2) sa pohybovali v rozsahu 0,28 mm do 1,39 mm. Počas prvých dvoch etáp mali namerané hodnoty podobný charakter, a to najmä v hĺbkach 14,69 m pod terénom a 31,19 m pod terénom. Ani v jednom prípade sa však zaznamenané deformácie nedostali nad hodnotu 1 mm. Naopak, v hodnotách azimutov bol výrazný rozptyl.

Počas decembrového merania vzrástli hodnoty vektorov vo všetkých sledovaných horizontoch. Výrazná pohybová aktivita bola sledovaná v hĺbkach 21,96 m pod terénom (1,39 mm; 6,86 mm.rok^{-1}) a 14,69 m pod terénom (1,36 mm; 6,70 mm.rok^{-1}). Ale aj v tomto prípade sú namerané azimuty nejednotné. V plytšom horizonte (14,69 m pod terénom) je vektor orientovaný na sever, resp. na severo-severovýchod, v hĺbke 21,69 m pod terénom je orientácia vektora na východ a v najhlbšom horizonte je azimut vektora orientovaný juhovýchodným smerom.



Obr. 4.8.1. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960 – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.8.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.8.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-zosuv z roku 1960 v rokoch 2017 a 2018

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	16. 12. 16 – 31. 3. 17			31. 3. 17 – 2. 10. 17			2. 10. 17 – 15. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-1	14,19	1,92	0,81	270	2,75	0,85	39	4,00	1,27	15
AH-1	21,69	1,14	0,28	105	1,94	0,81	30	2,96	1,39	81
AH-1	31,19	1,72	0,71	68	2,42	0,71	15	2,45	1,12	123

Pokračovanie Tab. 4.8.2

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	15. 12. 17 – 12. 4. 18			12. 4. 18 – 14. 8. 18			14. 8. 18 – 5. 12. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-1	14,19	4,11	2,42	278	3,61	1,14	225	3,53	3,66	95
AH-1	21,69	2,33	2,20	279	1,65	0,89	213	2,81	3,00	97
AH-1	31,19	2,34	1,58	295	1,48	0,94	208	2,71	2,28	89

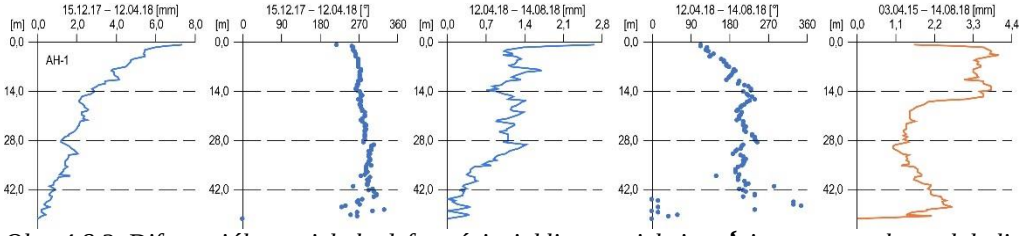
CD – celková deformácia od nultého merania (3. 4. 15); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

V roku 2018 pokračovali monitorovacie aktivity 3 etapami meraní (termíny jednotlivých meraní sú uvedené v tab. 4.8.2). Podobne ako v predchádzajúcich rokoch, aj v tomto roku bolo primárnym cieľom stanovenie hĺbky šmykovej plochy pre optimalizáciu hĺbkového umiestnenia stacionárnej inklinometrickej sondy. V profile vrtu, ktorý je prezentovaný na

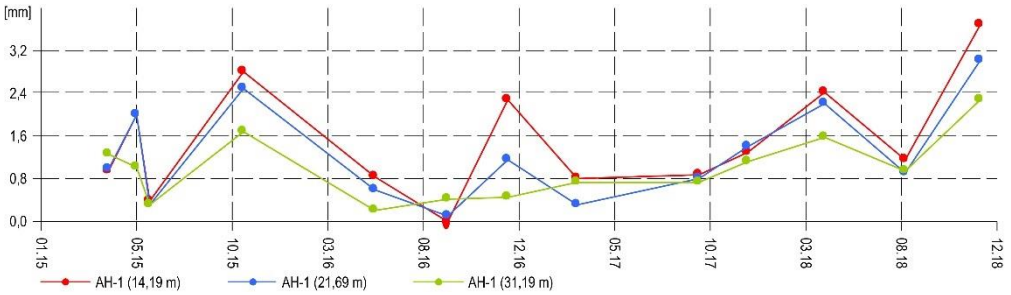
obr. 4.8.2, sú na základe nameraných etapových, ale hlavne výsledných vektorov, sledované tri horizonty.

Počas jarnej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu v období od 15. decembra do 12. apríla bol v horizonte 14,19 m pod terénom nameraný prírastok deformácie 2,42 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 7,48 mm.rok^{-1} (azimut 278°). Na hlbšej šmykovej ploche, v hĺbke 21,69 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 2,2 mm (priemerná rýchlosť 6,8 mm.rok^{-1}; azimut 279°) a na šmykovej ploche, v hĺbke 31,19 m pod terénom, bola v sledovanom období nameraná etapová deformácia 1,58 mm (4,88 mm.rok^{-1}; 295°). Počas nasledujúcej letnej etapy došlo k útlmu pohybovej aktivity. Deformácia nad 1 mm bola nameraná len v najplytšom sledovanom horizonte. Opätovný nárast pohybovej aktivity bol zaznamenaný až počas jesennej etapy, ktorá charakterizuje obdobie od polovice augusta do prvej polovice decembra. Aj v tomto termíne boli najvyššie hodnoty namerané v horizonte 14,19 m pod terénom (3,66 mm, 11,83 mm.rok^{-1}, 95°).

Z nameraných etapových vektorov v jednotlivých hĺbkových horizontoch a tiež z ich analýzy zatiaľ nie je možné jednoznačne stanoviť hĺbku šmykovej plochy. Predpokladáme, a to i napriek veľmi vysokej presnosti použitej monitorovacej metódy, že v oblasti šmykovej plochy, ktorá by sa mohla nachádzať do hĺbky 20 m, dochádza, vzhľadom na veľkú hĺbku vrtu, k určitým nepresnostiam. Merania sa totiž vykonávajú smerom zdola nahor a v plytších horizontoch môžu byť výsledky merní ovplyvnené chybou merania, ktorá narastá s každým meraným horizontom. V prípade, že pohybová aktivita monitorovaného územia nie je vysoká, môže spomenutý jav zohrávať významnú rolu. Zároveň sa k chybe merania môžu pridružovať i nedostatky súvisiace s technickým zabezpečením pažnice z obdobia realizácie vrtu.



Obr. 4.8.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Handlová-zosuv z roku 1960 (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).



Obr. 4.8.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-zosuv z roku 1960 v období rokov 2015 až 2018.

Z dlhšieho časového hľadiska je v sledovaných horizontoch na obr. 4.8.3 vidieť, že dochádza k striedaniu období s minimálnymi deformáciami s obdobiami so zvýšenou pohybovou aktivitou. Vo všeobecnosti, termíny nárastu deformácie súvisia s jesennými etapami a minimálne hodnoty s letnými, prípadne jarnými. Maximálne hodnoty vektorov boli namerané na konci roka 2018.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je treba spomenúť aj merania realizované na pôvodnej monitorovacej sieti, ktorá bola funkčná do roku 2013. Najvýraznejšia deformácia bola nameraná vo vrte GI-1 počas roka 2008 (5. júna) v hĺbke 16,5 m. Zaznamenaná etapová deformácia dosiahla hodnotu 41,83 mm. Ide o vrt, v ktorom výsledná deformácia inklinometrickej pažnice na šmykovej ploche počas monitorovaného obdobia presiahla 130 mm. Vo vrte GI-5 bol v predchádzajúcom období pozorovaný relatívne stabilný stav (v sledovanej úrovni), prílom v roku 2011 došlo k deformácii, ktorá spôsobila nepriechodnosť vrtu. Vektory deformácie zaznamenané v poslednom funkčnom vrte GI-4 poukazujú na mierne zvýšenú pohybovú aktivitu. Do roku 2010 mala mierne stúpajúci trend. V roku 2013 bola v hĺbke cca 4 m pod terénom zaznamenaná nepriechodnosť inklinometrickej pažnice, teda kritická deformácia. Vrt GI-4 sa nachádza pomerne blízko Európskej cesty E572, ktorá spája Handlovú so Žiarom nad Hronom.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080; obr. 4.6.15). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V území handlovského zosuvu z roku 1960 sa merania vykonávajú v jedinom inklinometrickom vrte AH-1. Merania sú zamerané výlučne na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie v severovýchodnej časti zosuvu. V roku 2018 boli zabezpečené tri etapy kontrolných meraní. Z výsledkov nameraní vyplýva, že v roku 2018 došlo k nárastu pohybovej aktivity na všetkých sledovaných horizontoch. Najvyššie prírastky deformácie boli namerané počas decembrovej etapy v hĺbke 14,19 m (3,66 mm). Pomerne vysoké hodnoty etapových vektorov boli zaznamenané i pri aprílovom meraní (nad 2 mm). Žiaľ, ani v tomto roku sa nepodarilo naplniť hlavný cieľ – lokalizovať hĺbku aktívnej šmykovej plochy pre dlhodobé osadenie stacionárnej sondy. Naviac, je potrebné si uvedomiť, že vo vyššie položených častiach zosuvného územia má stabilitná situácia odlišný vývoj. Svedčia o tom merania z minulosti, počas ktorých bola pozorovaná nepriechodnosť inklinometrických vrtov z dôvodu kritickej deformácie.

Monitorované územie v súčasnosti predstavuje oblasť, v ktorej zosuv ohrozuje významné objekty infraštruktúry – Európsku cestu E572, železničnú trasu, ako aj množstvo stavebných objektov. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú ďalej monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s projektom ĽMS – GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom – on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.9. Lokalita Fintice

Stručná charakteristika lokality

Prúdový zosuv sa nachádza približne 1 km severne až severovýchodne od obce Fintice. Vzhľadom na vysokú celospoločenskú významnosť bola na lokalite vybudovaná sieť monitorovacích bodov, umožňujúcich sledovanie režimových zmien hladiny podzemnej vody a pohybovej aktivity (inklinometrické vrty a geodetické body). Bližšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou ročných správ z predchádzajúceho obdobia (Ondrejka et al., 2012), ako aj správ z realizovaných prieskumov (Petro a Stercz, 1998, Petro et al., 2001).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.9.1.

Tab. 4.9.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Fintice v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Geodetické (GNSS)	4 pozorované 1 vzťažný	P1, P3, P4, P5 pevný bod PS	1 *(20. jún)*	1 *(13. jún)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	11 *(2017)* 10 *(2018)*	K-1, 2, 2a, 2b[1], 3, 4, 4a, 4b, 5, 5a, 5b	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*	10 *(11. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 28, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Kapušany (indikatív 59220) Prešov-planetárium (indikatív 59160)	*Denné úhrny zrážok*	

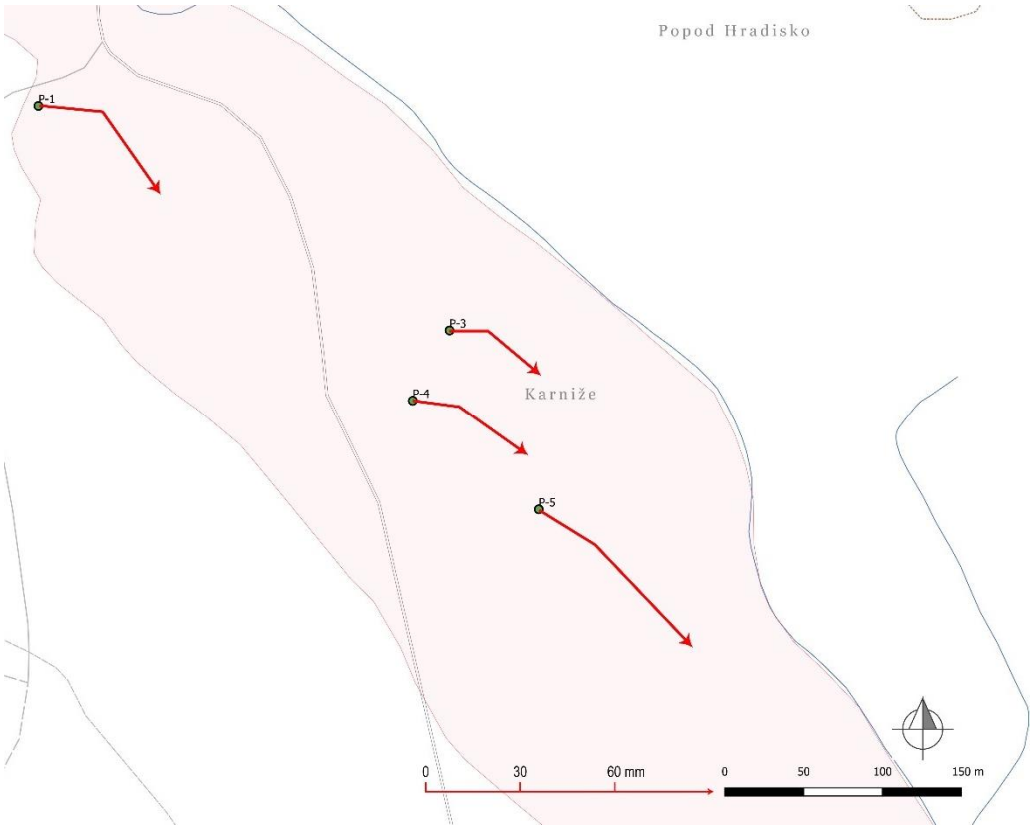
[1] *vrt K-2b je od 27. 6. 2017 nepriechodný (zničený)*

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Geodetické merania

Geodetická sieť v rámci definovaného zosuvného územia Petrom et al. (2001) pokrýva len malú plochu. Ide o oblasť prechodu cestnej komunikácie cez svahovú deformáciu. Zároveň toto miesto predstavuje mimoriadne aktívnu oblasť, čo dokumentuje i skutočnosť, že vybudované inklinometrické vrty v tomto území boli ťažko strihnuteľné krátko po vybudovaní. V roku 2015 došlo k poškodeniu geodetickej siete. Zničený bol bod P-2. Z celkového počtu pozorovacích bodov zostali funkčné už len štyri a jeden vzťažný.

V roku 2017 bola najväčšia polohová zmena nameraná v bode P-5. Približne za jeden rok bol nameraný posun 20,85 mm. Podobne vysoká hodnota posunu bola zaznamenaná aj vo vrte P-1 (20,27 mm). Najmenšie zmeny boli pozorované v bodoch P-3 a P4, a to v rozsahu 12,10 až 15,05 mm.



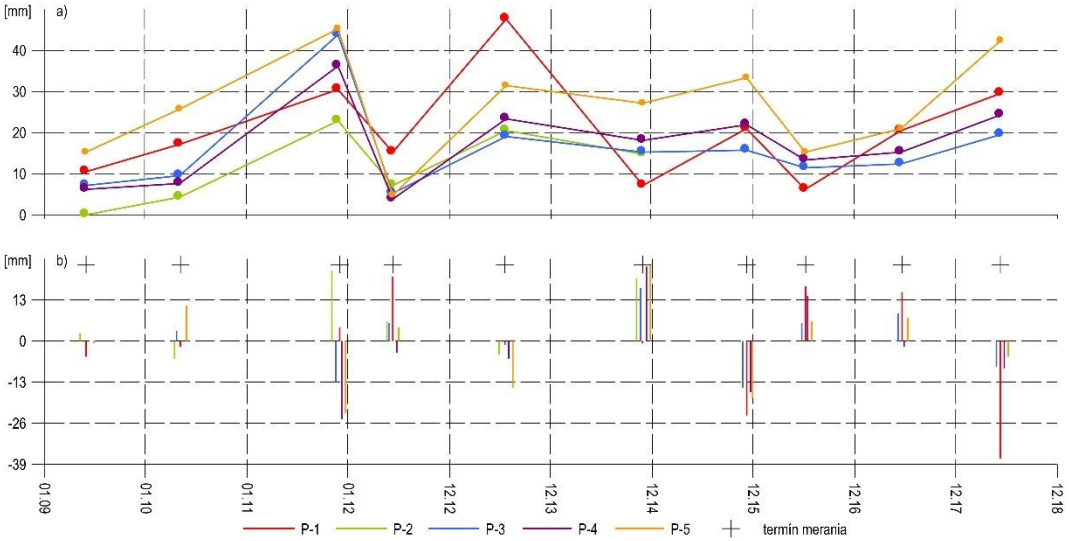
Obr. 4.9.1. Lokalita Fintice ï výsledky geodetických meraní (metódou GNSS) za obdobie rokov 2017 a 2018. Obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.2; mapový podklad: ZBGIS®.

Vertikálne zmeny mali prevaġne vzostupný charakter. Najväļġí vertikálny posun bol nameraný vo vrte P-1 (15,10 mm). V ostatných vrtoch sa tieto zmeny pohybovali v intervale do 8,3 mm.

Tab. 4.9.2. Výsledky geodetických (GNSS) meraní na lokalite Fintice v rokoch 2017 a 2018

Bod	08.07.16 ï 20.06.17			20.06.17 ï 13.06.18		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	polohové	výġkové	priestorové	polohové	výġkové	priestorové
P-1	20,27	15,10	25,28	29,24	-37,70	47,71
P-3	12,10	8,30	14,67	19,30	-8,10	20,93
P-4	15,05	-2,00	15,18	24,11	-9,00	25,74
P-5	20,85	7,40	22,13	42,38	-5,00	42,67

V roku 2018 bola oproti predchádzajúcemu obdobiu zaznamenaná vyġġia pohybová aktivita u vġetkých ġtyroch meraných bodoch. Najvyġġia polohová zmena bola na bode P-5 (42,38 mm), ale aj ostatné body vykazovali vyġġie hodnoty posuvov (od 19,30 mm do 29,24 mm). Vo vertikálnom smere doġlo na vġetkých meraných bodov k poklesu, priļom vysoká hodnota (aġ 37,70 mm) bola zaznamenaná na bode P-1; u ostatných bodoch bola do 9,00 mm).



Obr. 4.9.2. Dlhodobé (2008 – 2018) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov, zistené metódou GNSS na lokalite Fintice; a – polohové zmeny geodetického bodu, b – vertikálne zmeny geodetického bodu.

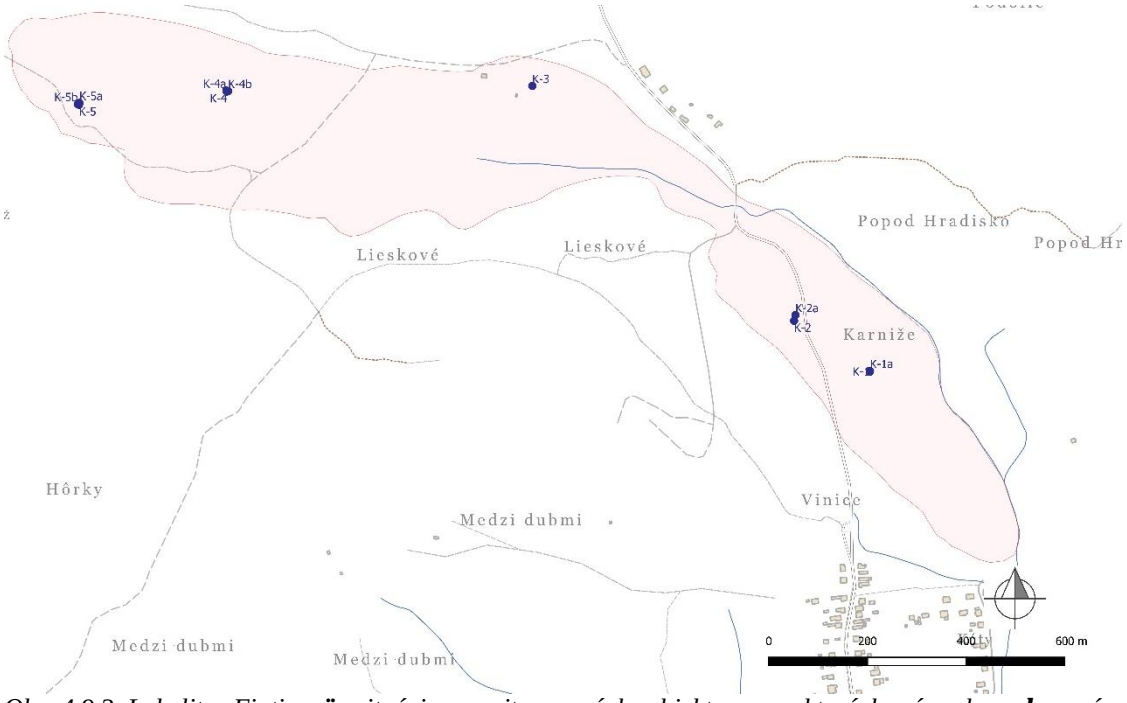
Pri hodnotení dlhodobého vývoja pohybovej aktivity (od roku 2008 do roku 2018) možno konštatovať, že v poslednom období čoraz častejšie dochádza k prípadom, kedy vektory posunov presahujú 30 mm hranicu. Prvá výraznejšia aktivizácia pohybu bola zaznamenaná v roku 2011 (obr. 4.9.2) a najväčší posuv bol zaznamenaný v roku 2013 (47,32 mm na bode P-1). Aj za posledné obdobie od júna 2017 do júna 2018 boli na bodoch P-3, P-4 a P-5 zaznamenané najväčšie etapové polohové zmeny za celé sledované obdobie; a na bode P-1 bola zaznamenaná najväčšia hodnota etapového poklesu za celé sledované obdobie, čo poukazuje na pretrvávajúcu vysokú pohybovú aktivitu tejto časti zosuvného územia.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Fintice sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 11 vrtoch (tab. 4.9.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.9.3 a 4.9.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.9.3). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch v rokoch 2017 a 2018 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.9.4 Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch sú znázornené na obr. 4.95.

Zosuvné územie je možné na základe vývoja sledovaných ukazovateľov rozdeliť na dve časti. V spodnej časti zosuvu, ktorá je v blízkosti intravilánu obce Fintice, kde zosuv priamo porušuje cestnú komunikáciu a ohrozuje elektrické vedenie (v minulosti vážne ohrozoval i plynovod), sa nachádza skupina vrtov označených K-1 až K-2b. V odľahlej oblasti zosuvu sa nachádzajú vrty, ktoré sú označené ako K-4 až K-5b. Špecifické postavenie má vrt K-3, umiestnený v prechodovej časti zosuvu. Hladina podzemnej vody v tomto vrte kolíše len minimálne, na základe čoho predpokladáme, že vo vrte došlo k prepojeniu dvoch alebo viacerých zvodnených horizontov.



Obr. 4.9.3. Lokalita Fintice – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (piezometrické vrty); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2017 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 8. februára do 15. novembra. Najvyššia hladina podzemnej vody bola nameraná v tesnej blízkosti terénu, a to vo vrte K-4b (0,10 m pod terénom – 493,90 m n. m.). Uvedený maximálny stav hladiny podzemnej vody, rovnako ako aj vo väčšej časti iných vrtov, bol pozorovaný počas marcových meraní (1. a 29. marec). Do blízkosti terénu vystúpila voda i vo vrtoch K-3, K-4a, K-2, K-2a (od 0,30 do 0,90 m pod terénom). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,10 až 13,51 m pod terénom (K-5b). V roku 2017 bola vo vrte K-4b zároveň dosiahnutá najvyššia hladina podzemnej vody za monitorované obdobie. Prekročená tak bola hodnota z konca júla 2001 s hĺbkou 0,3 m pod terénom.

Tab. 4.9.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Fintice v roku 2017

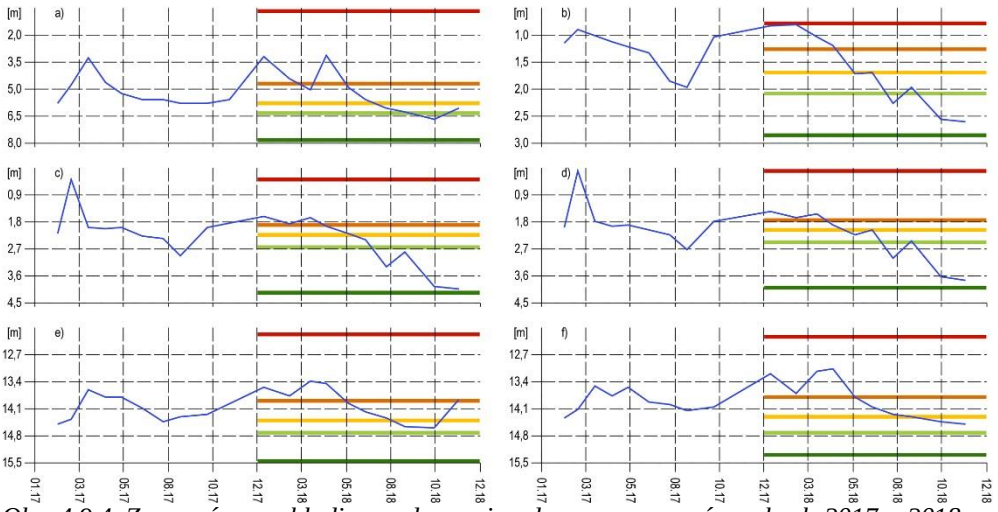
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
K-1	10	3,28	348,72	29. 3. 17	5,84	346,16	11. 10. 17	5,23	346,77	2,56
K-2	9	0,55	370,45	24. 5. 17	1,87	369,13	28. 8. 17	1,25	369,75	1,32
K-2a	9	0,90	370,10	1. 3. 17	1,98	369,02	28. 8. 17	1,30	369,70	1,08
K-2b	6	1,06	377,04	1. 3. 17	1,27	376,83	26. 4. 17	1,17	376,93	0,21
K-3	9	0,30	433,70	1. 3. 17	0,55	433,45	29. 3. 17	0,48	433,52	0,25
K-4	9	3,17	490,83	29. 3. 17	4,47	489,53	8. 2. 17	4,04	489,96	1,30
K-4a	9	0,40	493,60	1. 3. 17	2,93	491,07	28. 8. 17	2,03	491,97	2,53
K-4b	9	0,10	493,90	1. 3. 17	2,73	491,27	28. 8. 17	1,84	492,16	2,63
K-5	9	13,62	523,38	29. 3. 17	14,52	522,48	8. 2. 17	14,14	522,86	0,90
K-5a	9	12,95	524,05	26. 4. 17	14,45	522,55	8. 2. 17	14,03	522,97	1,50
K-5b	9	13,51	523,49	29. 3. 17	14,34	522,66	8. 2. 17	13,94	523,06	0,83

Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte K-5. Minimálna hladina podzemnej vody 14,52 m pod terénom bola nameraná dňa 8. februára. Počas tohto termínu boli minimálne hladiny podzemnej vody namerané aj vo vrtoch K-4, K-5b, K-5a, K-5. Uvedené vrty sa nachádzajú v najvyššie položenej časti zosuvného územia. Druhým prevládajúcim termínom s výskytom minimálnych stavov hladiny podzemnej vody je 28. august. Počas tohto termínu bola minimálna hladina nameraná vo vrtoch K-2, K-2a, K-4b, K-4a (od 2,32 do 4,16 m pod terénom).

Tab. 4.9.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Fintice v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
K-1	10	3,16	348,84	24.04.18	6,72	345,28	17.10.18	5,16	346,84	3,56
K-2	10	1,23	369,77	29.05.18	2,18	368,82	17.10.18	1,73	369,27	0,95
K-2a	10	0,82	370,18	22.02.18	2,62	368,38	26.11.18	1,68	369,32	1,80
K-3	10	0,50	433,50	11.01.18	0,50	433,50	11.01.18	0,50	433,50	0,00
K-4	10	3,74	490,26	22.02.18	4,76	489,24	17.10.18	4,16	489,84	1,02
K-4a	10	1,61	492,39	11.01.18	4,05	489,95	26.11.18	2,58	491,42	2,44
K-4b	10	1,46	492,54	11.01.18	3,76	490,24	26.11.18	2,37	491,63	2,30
K-5	10	13,38	523,62	28.03.18	14,60	522,40	17.10.18	13,97	523,03	1,22
K-5a	10	13,40	523,60	28.03.18	14,74	522,26	26.11.18	14,06	522,94	1,34
K-5b	10	13,06	523,94	24.04.18	14,51	522,49	26.11.18	13,85	523,15	1,45
K-1	10	3,16	348,84	24.04.18	6,72	345,28	17.10.18	5,16	346,84	3,56

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 5,40 m pod terénom. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,48 (vrt K-3) do 14,14 m pod terénom (vrt K-5). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte K-4b (2,63 m).

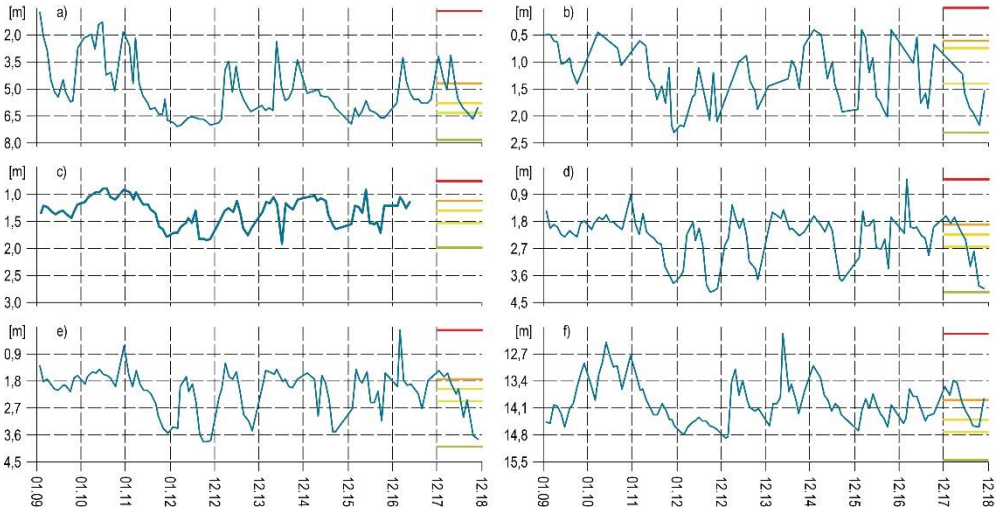


Obr. 4.9.4. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Fintice, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – K-1 (RO: 1. 7. 96 – 15. 11. 17), b – K-2a (RO: 27. 3. 96 – 11. 10. 17), c – K-4a (RO: 27. 3. 96 – 11. 10. 17), d – K-4b (RO: 5. 8. 96 – 11. 10. 17), e – K-5, f – K-5b (RO: 1. 7. 96 – 11. 10. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

V roku 2018 bolo zabezpečených 10 meraní, v období od 11. januára do 26. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte K-3 (0,50 m pod terénom – 433,5 m n. m. – ide o statickú hladinu, pravdepodobne v dôsledku prepojenia dvoch alebo viacerých zvodnených horizontov vo vrte). Uvedený stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný počas všetkých meraní (prvý krát bol však zaznamenaný na začiatku roka, teda 11. januára). V rovnakom termíne boli maximálne stavy namerané i vo vrtoch K-4a (1,61 m pod terénom) a K-4b (1,46 m pod terénom). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody vyskytovali od druhej polovice februára do konca mája. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody nameraná vo vrte K-5a (min. hladina podzemnej vody 14,74 m pod terénom bola nameraná dňa 26. novembra). Minimálne hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch vyskytovali prakticky výlučne v jesennom období od 17. októbra do 26. novembra.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĎbku 6,01 m pod terénom, ļo je v porovnaní s rokom 2017 pokles o 0,61 m. Priemerné hĎbky sa pohybovali v rozsahu od 0,50 (vrt K-3) do 14,06 m pod terénom (vrt K-5a). Najvýraznejģie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte K-1 (3,56 m).

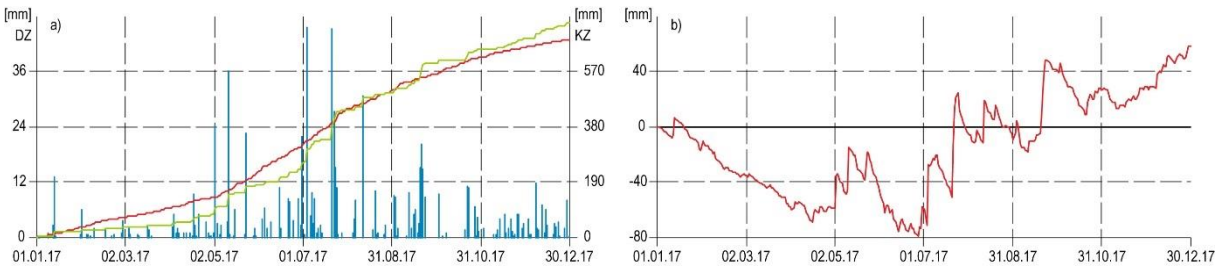
Poļas dlhģieho hodnoteného obdobia (roky 2009 aģ 2018 ï obr. 4.9.5) sa do blízkosti terénu dostala hladina podzemnej vody vo vrtoch K-2, K-3, K-4a, K-4b. Najvyģģie vystúpila hladina vo vrte K-4b (0,10 m pod terénom) poļas marca 2017 (v odluļnej oblasti zosuvu). V transportaļnej a akumulaļnej ļasti zosuvu boli najvyģģie hladiny namerané vo vrte K-2. Za posledných desaŠ rokov bola v blízkosti terénu (hladiny v intervale od 0,4 do 0,5 m pod terénom) zaznamenaná poļas siedmich meraní.



Obr. 4.9.5. Dlhodobé (2015 ï 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Fintice, vo vzŠahu k základným ģtatistickým ukazovateĎom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenļné obdobie ï RO): a ï K-1 (RO: 1. 7. 96 ï 15. 11. 17), b ï K-2a (RO: 27. 3. 96 ï 11. 10. 17), c ï K-4a (RO: 27. 3. 96 ï 11. 10. 17), d ï K-4b (RO: 5. 8. 96 ï 11. 10. 17), e ï K-5, f ï K-5b (RO: 1. 7. 96 ï 11. 10. 17),, ļervená ï maximálna, zelená ï minimálna hladina podzemnej vody nameraná poļas RO, bledozelená ï 1. kvartil, ģltá ï 2. kvartil, oranģová ï 3. kvartil odvodený z údajovo o hĎbke hladiny podzemnej vody, nameranej poļas RO.

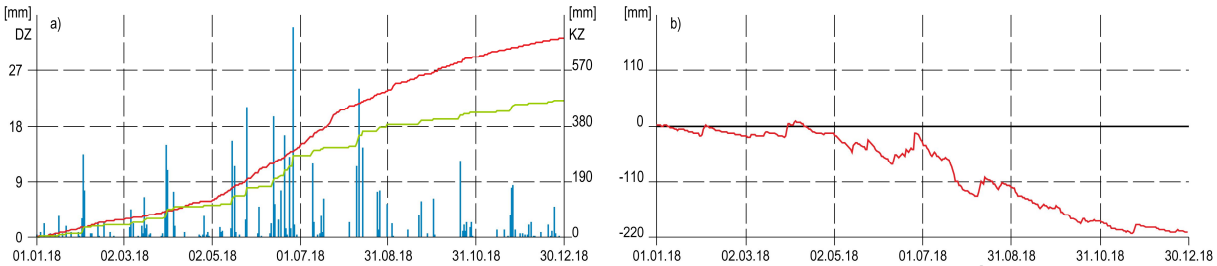
c/ Merania zráģkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplŇujú údaje o zráģkach, preberané zo staníc SHMÚ Kapuģany (obr. 4.2.11, 4.2.12; informácia o zráģkových úhrnoch na stanici Kapuģany je uvedená v podkapitole 1.4.2. ï lokalita Kapuģany) s indikatívom 59220 a Preģov-planetárium s indikatívom 59160 (obr. 4.9.6).



Obr. 4.9.6a. Výsledky spracovania informácií o zráģkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Preģov-planetárium (indikatív 59160); a ï denné a kumulatívne zráģkové úhrny v roku 2017 (modrá ï denné úhrny atmosférických zráģok, zelená ï kumulatívne denné úhrny atmosférických zráģok v roku 2017, ļervená ï kumulatívne denné priemery atmosférických zráģok za obdobie rokov 2011 ï 2016); b ï prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zráģok v roku 2017.

Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný na stanici Prešov-planetárium v období od 1. januára 2006 do 31. decembra 2017 predstavuje 679,2 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 939,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 57,0 mm a maximálny mesačný úhrn 227,2 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 5. mája 2010 do 4. júna 2010) dosiahol 246,3 mm.



Obr. 4.9.6b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2018 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 734,9 mm. Najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (198,6 mm) a najvyšší denný úhrn 5. júla (45,6 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 10,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 28. júna do 28. júla (209,7 mm)

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 468,4 mm, čo zodpovedá 68,97 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júna (113,3 mm) a najvyšší denný úhrn 27. júna (34,0 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 11,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 11. júna do 11. júla (121,6 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 6. apríla do 6. mája), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,3 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Fintice sú monitorovacie aktivity zabezpečované na rozsiahlom prúdovom zosuve. V posledných rokoch však došlo vplyvom nepredvídaných udalostí k postupnej redukcii monitorovacej siete. V rokoch 2016 a 2017 boli zničené dva hladinomery a jeden geodetický bod. Zároveň, v súvislosti s vysokou pohybovou aktivitou svahového pohybu, došlo v minulosti k porušeniu inklinometrických pažníc vo vrtoch, nachádzajúcich sa v transportačnej a akumulačnej oblasti. Z tohto dôvodu nie je možné v tejto časti pri sledovaní pohybovej aktivity využívať metódou presnej inklinometrie.

Geodetickými meraniami, v porovnaní s rokom 2017, boli vo všetkých bodoch namerané zvýšené hodnoty polohových posunov. Najvyššia hodnota bola zaznamenaná v bode P-5 (viac ako 40 mm). Polohové etapové posuny nad 20 mm boli namerané aj v bodoch P-1 a P-4. Od roku 2017 sledujeme v území vzostupný trend pohybovej aktivity.

Pri analýze režimu zmien hĺbky hladiny podzemnej vody boli v roku 2018 využité výsledky meraní zabezpečené terénnym pozorovateľom. Hladina podzemnej vody vo vrte K-2a dosiahla dlhodobý maximálny stav. Vo väčšej miere sa pri kolísaní hladín podzemnej vody však prejavoval ich pokles, a to najmä v druhej polovici roka. Vo viacerých vrtoch boli zaznamenané hladiny podzemnej vody v blízkosti dlhodobých minimálnych stavov. Táto situácia môže do istej miery súvisieť s podpriemernými hodnotami zrážkami úhrnov (od druhej polovice apríla postupne narastal zrážkový deficit, ktorý na konci roka dosiahol bezmála 200 mm).

Monitorované územie v súľasnosti predstavuje oblasŠ, v ktorej zosuv ohrozuje významné objekty infraģtruktúry ï vysokotlaký plynovod, ģtátnu cestu a stoģiare VVN, ako aj mnoģstvo stavebných objektov v severnej ľasti obce. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejģích zosuvných lokalít, ktoré budú Ňalej monitorované v rámci geologickej úlohy ĂMonitoring zosuvných deformáciíñ. Geologická úloha je rieģená v rámci Operaľného programu Kvalita ģivotného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha ĂMonitoring zosuvných deformáciíñ, v porovnaní s projektom ĽMS ï GF, predstavuje významný progres z hĎadiska vyuģitia najmodernejģích metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spoľíva predovģetkým v kontinuálnom ï on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.10. Lokalita Svätý Anton

Stručná charakteristika lokality

Obec Svätý Anton sa nachádza v Banskobystrickom kraji a patrí do okresu Banská Štiavnica. Od okresného mesta je obec vzdialená cca 5,5 km juhným smerom. Monitorované zosuvné územie sa nachádza v juhnej časti obce.

Odlučná oblasť zosuvu zasahuje do futbalového ihriska a akumulačná časť je v kontakte s cestnou komunikáciou I. triedy číslo 51. V akumulačnej časti došlo v roku 2012 k pretrhnutiu vodovodného potrubia. Aktuálne je ohrozená cesta 1. triedy, inžinierske siete (plynovod, vodovod, elektrické vedenie) a niekoľko stavebných objektov. Zosuv má plochý tvar. Jeho rozmery sú približne 115 m (šírka) x 110 m (dĺžka).

V nedávnej minulosti boli zosuvnom území zabezpečené viaceré inžinierskogeologické prieskumy (Bednarik et al., 2012 a 2013; Laurenčík a Sluka, 2015 in Šimeková et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.10.1.

Tab. 4.10.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Svätý Anton v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	1	INK-1	2 *(10. apríl, 14. december)*	2 *(13. august, 29. november)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	JSA-2 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Štiavnica (indikatív 40260)	*Denné úhrny zrážok*	

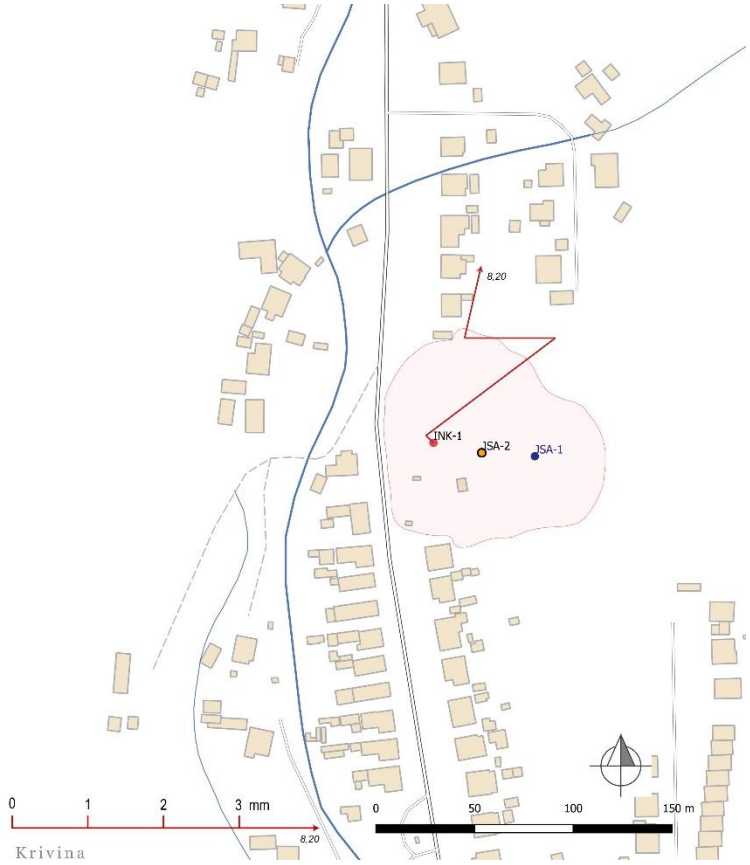
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa inklinometrické merania vykonávajú v jednom vrte, a to od apríla 2015 (nulté meranie). Celkovo bolo na monitorovacom objekte zabezpečených 7 kontrolných etáp; v rámci riešenia úlohy ĽMS – GF však len 6 (počas rokov 2016 a 2018). Výsledky meraní jednoznačne preukázali šmykovú plochu v hĺbke 8,2 m pod terénom. V roku 2017 došlo v porovnaní z predchádzajúcim obdobím k poklesu pohybovej aktivity. Kontrolným meraním, ktoré bolo vykonané v prvej polovici apríla bola nameraná deformácia 0,14 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 0,31 mm.rok^{-1}. Následne, počas decembrovej etapy bol nameraný vektor 2,14 mm (3,14 mm.rok^{-1}) s azimutom na severovýchod.

V roku 2018 sa nadviazalo na predchádzajúce etapy letným a jesenným kontrolným meraním. Počas letnej etapy (od 14. decembra do 13. augusta) bola na šmykovej ploche v hĺbke 8,2 m pod terénom nameraná etapová deformácia 1,2 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 1,81 mm.rok^{-1} (azimut – 270° – orientácia na západ). V horizonte 7,7 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 1,2 mm (priemerná rýchlosť – 1,81 mm.rok^{-1}; azimut – 275°). Počas nasledujúceho jesenného merania, ktoré charakterizuje pohybovú aktivitu v období od 13. augusta do 29. novembra bol na šmykovej ploche (v hĺbke

8,2 m pod terénom) nameraný vektor 0,92 mm (3,11 mm.rok^{-1}; azimut ï 13° ï severo-severovýchod). Celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche v období od nultého (24. apríl 2015) po posledné etapové meranie (29. november 2018) dosiahla 4,85 mm (1,35 mm.rok^{-1}).

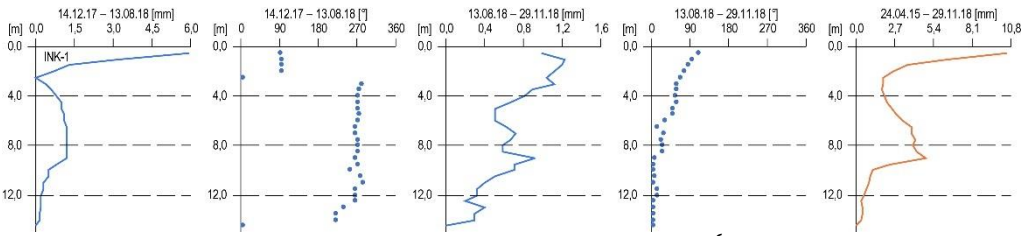


Obr. 4.10.1. Lokalita Svätý Anton ï vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.10.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m; vrty JSA-1 a 2 slúžia na monitorovanie režimových ukazovateľov); ohranič enie zosuvu podľa Lauren číka a Sluku (2015 in Šimeková et al., 2015), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.10.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Svätý Anton v rokoch 2017 a 2018

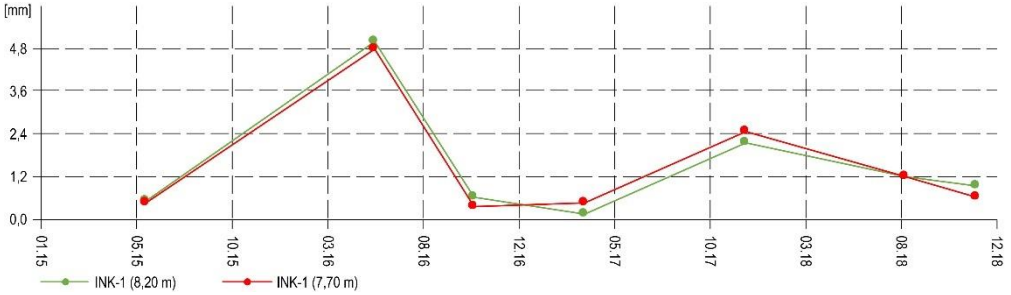
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	24. 10. 16 ï 10. 4. 17			10. 4. 17 ï 14. 12. 17			14. 12. 17 ï 13. 8. 18			13. 8. 18 ï 29. 11. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	7,70	5,06	0,45	297	3,14	2,44	71	4,25	1,20	275	4,22	0,58	31
INK-1	8,20	4,82	0,14	315	3,54	2,14	53	4,62	1,20	270	4,85	0,92	13

CD ï celková deformácia od nultého merania (24. 4. 15); ED ï etapová deformácia; A ï azimut etapového vektora.



Obr. 4.10.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Svätý Anton (označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia ï etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body ï etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová ï výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Z dlhodobejšieho hľadiska, prezentovaného na obr. 4.10.3 je vidieť, že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v prvej polovici roka 2016. Za relatívne stabilné možno považovať obdobie od jesene 2016 do jari 2017, resp. i rok 2018.



Obr. 4.10.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Svätý Anton v období rokov 2015 až 2018.

b/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickým hladinomerom

Na lokalite Svätý Anton je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie vo vrte JSA-2. Počas roka 2017 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (obr. 4.10.4, tab. 4.10.3). Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 4,98 m pod terénom (410,27 m n. m.; 30. december). Najvýraznejší vzostup hladiny podzemnej vody bol pozorovaný od 5. februára a trval približne do konca mesiaca. Následne bol pozorovaný ďalší nárast hladiny, ktorý trval do prvej polovice marca. V nasledujúcom období, ktoré trvalo do polovice októbra, mala hladina podzemnej vody zostupný charakter. K výraznejšiemu vzostupu hladiny v tomto období došlo v súvislosti s výdatnými aprílovými zrážkami. Minimálny stav podzemnej vody, s hĺbkou 7,82 m (407,43 m n. m.), bol zaznamenaný 20. októbra. Od tohto termínu až do konca roka mala hladina podzemnej vody prevažne stúpajúci tendenciu. Išlo o reakciu na jesenné zrážkové úhrny. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 6,82 m pod terénom (408,43 m n. m.). Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 2,84 m. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,03 m (čo je 1,06 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,42 m pod terénom, 2. kvartil 6,94 m pod terénom a 3. kvartil 6,31 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,5 °C počas 18. februára, naopak, najnižšia teplota (10,20 °C) bola zaznamenaná 4. júla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,3 °C.

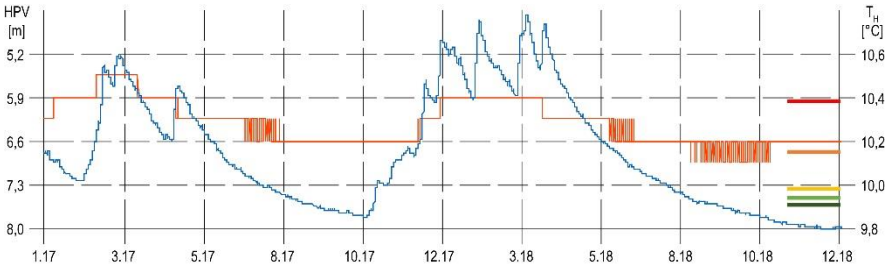
Tab. 4.10.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Svätý Anton v roku 2017

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JSA-2	8760	4,98	410,27	30. 12. 17	7,82	407,43	20. 10. 17	6,82	408,43	2,84

V roku 2018 (obr. 4.10.4, tab. 4.10.4) maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 4,55 m pod terénom (408,77 m n. m.; 18. marec), čo predstavuje oproti roku 2017 vzostup o 0,43m. V nasledujúcom období, ktoré trvalo skoro až do konca roka, mala hladina podzemnej vody zostupný charakter. Minimálny stav podzemnej vody, s hĺbkou 8,02 m (405,30 m n. m.), bol zaznamenaný 18. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 6,74 m pod terénom (407,49 m n. m.), čo predstavuje vzostup o 0,08m. Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 3,47 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok

hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,75 m pod terénom, 2. kvartil 7,11 m pod terénom a 3. kvartil 5,66 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,4 °C poľas 1. januára, naopak, najnižšia teplota (10,1 °C) bola zaznamenaná 16. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,3 °C.



Obr. 4.10.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2017 a 2018, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Svätý Anton. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JSA-2. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznačené na ľavej strane grafu – štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od 9. júna 2016 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás – minimálna hĺbka HPV, zelený pás – 1. kvartil, žltý pás – 2. kvartil, oranžový pás – 3. kvartil, červený pás – maximálna HPV.

Tab. 4.10.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Svätý Anton v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JSA-2	8760	4,55	408,77	18. 03. 18	8,02	405,30	18. 12. 18	6,74	407,49	3,47

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkach sú preberané zo stanice SHMÚ Svätý Anton s indikatívom 40280 Informácie o zrážkach sme začali preberať od roku 2017.

V roku 2017 zaznamenaný zrážkový úhrn 860,2 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (109,9 mm) a najvyšší denný úhrn 28. júna (47,3 mm). Najsuchším mesiacom bol máj s 23,5 mm zrážok. Maximálne tridsaťdňové kumulatívne zrážky boli v období od 26. júna 2017 do 26. júla 2017 (150,0 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 7. mája 2018 do 6. júna 2018), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 13,7 mm.

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 601,8 mm. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas marca (69,9 mm) a najvyšší denný úhrn 31. marca (26,2 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 23,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 23. novembra 2018 do 23. decembra 2018 (86,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 22. septembra 2018 do 22. októbra 2018), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 16,6 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V území svahovej deformácie v intraviláne obce Svätý Anton sú monitorovacie činnosti zabezpečované na západnom svahu pod miestnym futbalovým ihriskom. Merania sú zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a zároveň sú sledované zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody prostredníctvom automatického hladinomera.

Z výsledkov inklinometrických meraní realizovaných v roku 2018 vyplýva, že v území dochádza k postupnej stabilizácii. Potvrdzujú to obidve kontrolné meranie. Počas augustového

merania orientácia vektorov mala západný smer, avšak následne počas novembrovej etapy sa ich azimut zmenil na severovýchod.

Hladina podzemnej vody monitorovaná automatickým hladinomerom vo vrte JSA-2 začala stúpať až v jesenných mesiacoch 2017, maximálny stav bol dosiahnutý však až v druhej polovici marca 2018. Od apríla do konca roka mala výlučne zostupný charakter. Hladina podzemnej vody sa počas jarných mesiacov menila v závislosti od klimatických faktorov; v letnom období mali zrážky pri doplňaní hladiny podzemnej vody len minimálny vplyv. Vzhľadom na pomerne krátku dobu sledovania hladiny podzemnej vody v tomto vrte (krátke referenčné obdobie) boli v roku 2018 prekročené dlhodobé maximálne, ale i minimálne stavy.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality, ktorá súvisí s ohrozením významnej cestnej komunikácie, trasy plynovodu, vodovodu, elektrického vedenia, ale aj niektorých stavebných objektov, plánujeme v roku 2019 pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2018.

1.4.11. Lokalita Hodruša-Hámre

Stručná charakteristika lokality

Monitorované zosuvné územie sa nachádza východne od obce a je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom.

Posúdeniu zosuvného územia na brehu vodnej nádrže sa venovali Šimeková et al., 2014. Podkladom pre vypracovanie projektovej dokumentácie sanácie zosuvného územia (Gomoľák et al., 2015) bol podrobný inžinierskogeologický prieskum (Bednarik et al., 2014).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Monitorovacie merania sa na lokalite vykonávajú od roku 2015, avšak systematicky sa lokalita monitoruje od roku 2016, kedy bola zaradená do úlohy ĽMS ï GF. Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v roku 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.11.1.

Tab. 4.11.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	2	IP-2, PS-Z1	2 *(10. apríl, 15. december)*	2 *(13. august, 29. november)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	PS-H1 ï automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Šarnovica (indikatív 36340)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

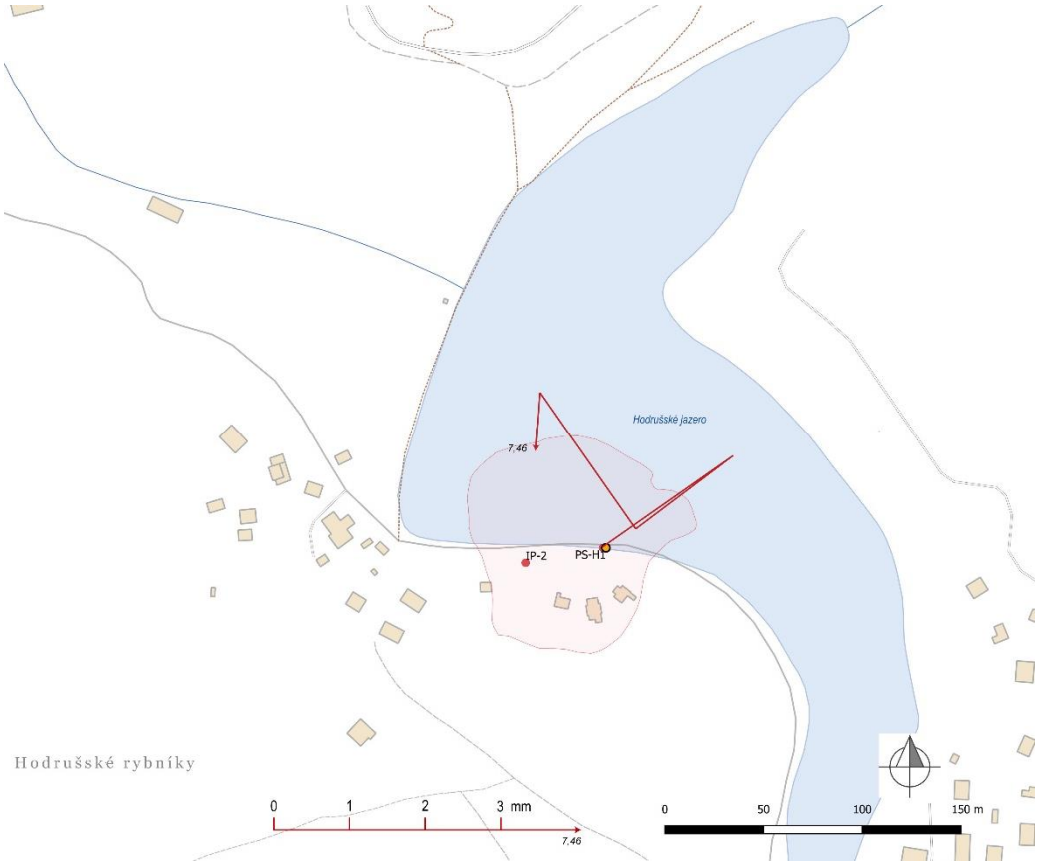
a/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa merania vykonávajú v dvoch funkčných vrtoch. Nulté merania boli vo vrtoch zabezpečené v roku 2015. V roku 2017 boli zabezpečené dve etapy kontrolných meraní. Z výsledkov meraní vyplýva, že v oblasti vrtu PS-Z1 v hĺbkach 4,96 m a 7,46 m pod terénom naďalej pretrváva, resp. narastá pohybová aktivita. V uvedenej hĺbke 7,46 m pod terénom sa zreteľne formuje aktívna šmyková plocha (obr. 4.11.2). Počas jarnej etapy, ktorá zachytáva pohybovú aktivitu od 24. októbra 2016 do 10. apríla 2017 bola na šmykovej ploche nameraná deformácia 2,11 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,57 mm.rok^{-1}. V plytšom horizonte bola za rovnaké obdobie vygenerovaná deformácia 2,51 mm (5,43 mm.rok^{-1}). V súvislosti s nameranými vektormi treba však poznamenať, že jednotlivé azimuty, zaznamenané počas jarnej a jesennej etapy mali opačnú orientáciu, čo znamená, že na výslednej deformácii sa spomenutá pohybová aktivita prejavila len nepatrne. Aktuálne hodnota výslednej deformácie vo vrte PS-Z1 v hĺbke 7,46 m pod terénom je 2,86 mm.

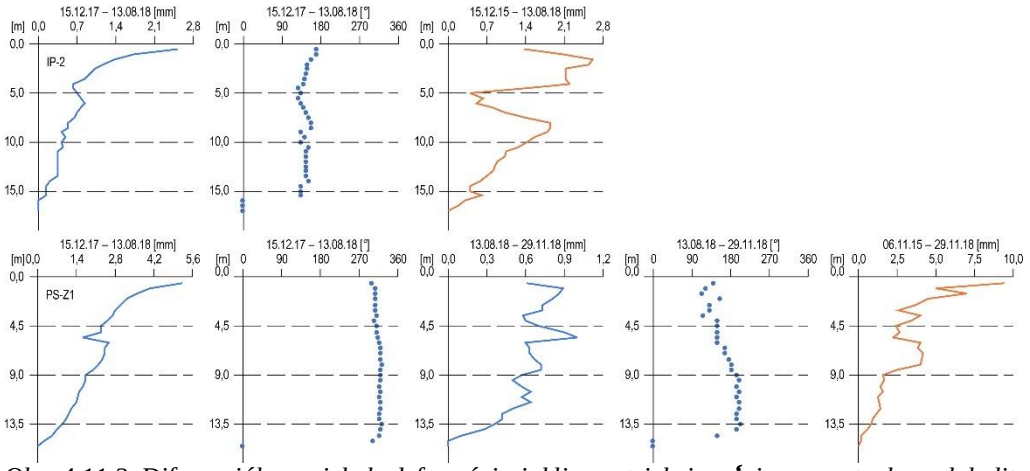
Vo vrte IP-2 sa postupne formujú dva až tri hĺbkové horizonty, v ktorých je možné predpokladať priebeh šmykových plôch. V prvom horizonte v hĺbke 3,08 m pod terénom došlo počas jarného merania k miernemu nárastu pohybovej aktivity (1,04 mm; 2,26 mm.rok^{-1}) s azimutom na západ až severozápad. Následne, počas druhej etapy klesol prírastok deformácie na 0,72 mm (1,06 mm.rok^{-1}) a jeho azimut bol orientovaný severozápadným smerom.

Monitorovacími merania s rovnakou frekvenciou sa pokraľovalo i v roku 2018. Merania boli zabezpeľené v oboch vrtoch, a to letnou (od 15. decembra do 13. augusta) a jesennou etapou (od 13. augusta do 29. novembra). I keĎ v obidvoch vrtoch boli namerané relatívne priaznivé výsledky, vyġġie hodnoty etapových vektorov boli zaznamenané vo vrte PS-Z1. V hĜbke 4,96 m pod terénom, na hlavnej ġmykovej ploche, bol nameraný prírastok deformácie s hodnotou 1,65 mm, ľo predstavuje 2,5 mm.rok^{-1} (azimut ï 316°). Na hlbġej ġmykovej ploche, v hĜbke 7,46 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 2,21 mm (priemerná rýchlosŠ ï 3,34 mm.rok^{-1}; azimut ï 325° ï severozápad). Následne, poľas jesenného kontrolného merania bol nameraný prírastok deformácie 1 mm (3,38 mm.rok^{-1}; 150° ï juhovýchod). Z uvedeného vyplýva, ġe rýchlosŠ deformácie poľas jednotlivých etáp zostáva zachovaná, ale orientácia vektorov sa mení o 175°. Celková deformácia na hlavnej ġmykovej ploche (4,96 m pod terénom) v období od nultého (6. november 2015) po posledné hodnotené etapové meranie (29. november 2018) dosahuje 2,28 mm.

Vo vrte IP-2 boli vykonané rovnako dve merania, avġak údaje z jesennej etapy nie je moġné jednoznaľne interpretovaŠ, predpokladáme ġe ide o chybu merania. Poľas letnej etapy meraní bola v hĜbke 4 m od ústia paġnice vrtu nameraní etapová deformácia s hodnotou 0,64 mm (0,97 mm.rok^{-1}) a s azimutom 142°. Výsledná deformácia za celé monitorované obdobie (od 15. decembra 2015 do 13. august 2018) dosiahla 2,2 mm (0,83 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.11.1. Lokalita Hodruġa-Hámre ï vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.11.2; ľísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch oznaľujú hĜbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m; objekty oznaľené ako body ï monitorovacie objekty ï ľervené ï piezometrické vrty, oranġové ï piezometrické vrty s automatickými hladinomermi); ohraniľenie zosuvu podĽa Ġmekovej a Martinľekovej et al. (2006); mapový podklad: ZBGIS®



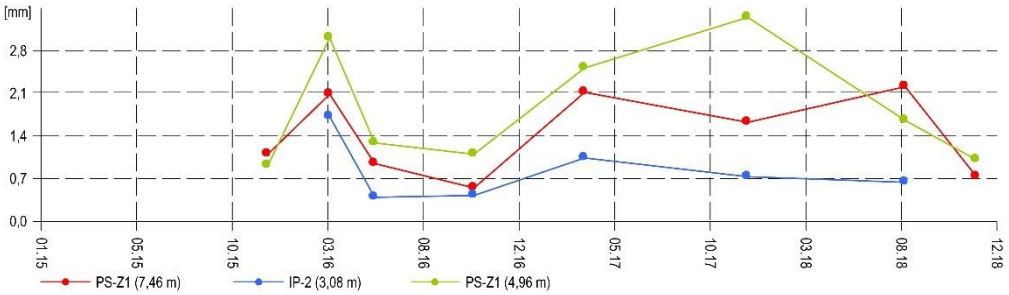
Obr. 4.11.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Hodruša-Hámre (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Tab. 4.11.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2017 a 2018

Bod	Hĺbka [m]	24. 10. 16 – 10. 4. 17			10. 4. 17 – 15. 12. 17			15. 12. 17 – 13. 8. 18			13. 8. 18 – 29. 11. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IP-2	3,08	2,13	1,04	288	2,84	0,72	327	2,20	0,64	142			
IP-2	7,08	0,60	0,22	154	2,33	1,94	306	1,84	0,54	159			
IP-2	13,08	0,36	0,20	271	0,73	0,51	260	0,60	0,22	154			
PS-Z1	4,96	4,56	2,51	83	1,61	3,33	191	3,26	1,65	316	2,28	1,00	150
PS-Z1	7,46	4,14	2,11	55	2,86	1,61	233	4,74	2,21	325	4,05	0,72	184
PS-Z1	11,46	1,35	1,20	55	0,40	1,08	206	1,61	1,22	321	1,43	0,50	203

CD – celková deformácia od nultého merania (15. 12. 15 vrt – IP-2; 6. 11. 15 vrt – PS-Z1); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

Pri hodnotení všetkých meraní, zabezpečených v jednotlivých inklinometrických vrtoch (obr. 4.11.3), najvyššia pohybová aktivita bola nameraná vo vrte PS-Z1 v hĺbke 4,96 m pod terénom počas decembrového merania v roku 2017. Podobne vysoká hodnota pohybovej aktivity na šmykovej ploche bola zaznamenaná v marci 2016 (3,00 mm; 11,78 mm.rok^{-1}). Počas tohto termínu bola súčasne zaznamenaná aj najvyššia pohybová aktivita vo vrte IP-2 v hĺbke 3,08 m pod terénom (1,70 mm; 6,66 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.11.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre v období rokov 2015 až 2018.

c/ Merania hĎbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

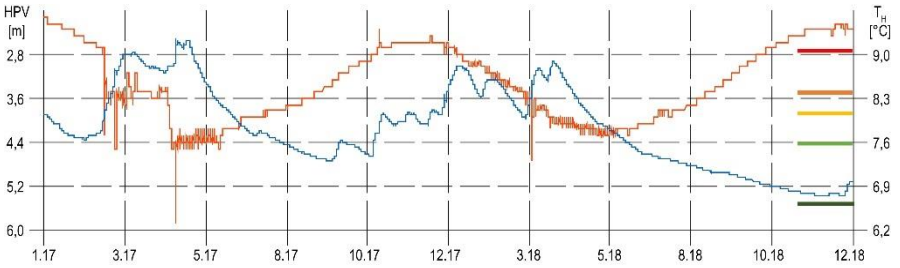
Na lokalite Hodruša-Hámre bol automatický hladinomer inštalovaný 19. novembra 2015 do vrtu PS-H1. V rokoch 2017 a 2018 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĎbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

V roku 2017 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĎbke 2,5 m pod terénom (527,70 m n. m.; 29. apríl). V porovnaní s predchádzajúcim rokom bola maximálna hladina podzemnej vody o 0,23 m vyššie ako v roku 2016. K jej dosiahnutiu došlo krátko po náhlom vzostupe hladiny podzemnej vody na konci apríla. Hladina však zaľala výraznejšie stúpaŠ už v druhej polovici februára. Po dosiahnutých maximálnych stavoch zaľala hladina klesaŠ. Najnižšie, do hĎbky 4,75 m pod terénom (525,45 m n. m.), sa dostala v polovici septembra. V zvyšnej ľasti roka hladina podzemnej vody mala vzostupný trend. Priemerná hĎbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 3,90 m pod terénom (526,30m n. m.), ľo je oproti roku 2016, len nepatrná zmena. Amplitúda roľných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,25 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,03 m za deŇ. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,19 m (ľo je 8,44 % celkových roľných zmien hĎbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĎbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,34 m pod terénom, 2. kvartil 4,06 m pod terénom a 3. kvartil 3,48 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,6 °C poľas 1. januára, naopak, najnižšia teplota len 6,3 °C (29. apríla). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,7 °C.

Tab. 4.11.3. Merania hĎbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2017

Bod	Poľet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PS-H1	8760	2,50	527,70	29.04.17	4,75	525,45	15.09.17	3,90	526,30	2,25



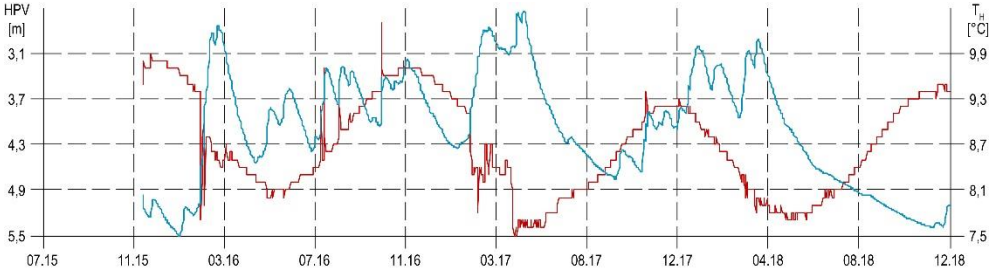
Obr. 4.11.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2017 a 2018, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Hodruša-Hámre. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PS-H1. Modrá línia – hĎbka hladiny podzemnej vody (HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznačené na ľavej strane grafu – štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané poľas referenčného obdobia – od 19. novembra 2015 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás – minimálna hĎbka HPV, zelený pás – 1. kvartil, žltý pás – 2. kvartil, oranžový pás – 3. kvartil, červený pás – maximálna HPV.

V roku 2018 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĎbke 2,92 m pod terénom (527,28 m n. m.; 5. apríl), ľo je v porovnaní z rokom 2017 pokles o 0,42 m. Po dosiahnutých maximálnych stavoch zaľala hladina plynule klesaŠ, ľo pretrvalo skoro do konca roka. Najnižšie, do hĎbky 5,39 m pod terénom (524,81 m n. m.), sa dostala 3.decembra. Priemerná hĎbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 4,37 m pod terénom (525,83m n. m.), ľo je oproti roku 2017 pokles o 0,47m. Amplitúda roľných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,47 m. Prvý kvartil z nameraných hĎbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,51 m pod terénom, 2. kvartil 4,65 m pod terénom a 3. kvartil 3,56 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,5 °C poľas 15. decembra, naopak, najnižšia teplota len 7,3 °C (16. marec). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,5 °C. Veľmi nízka teplota podzemnej vody v období maximálneho stavu naznaľuje, že podzemná voda je viazaná na plytší zvodnený horizont, prípadne sa do vrtu dostávajú hypodermické vody.

Tab. 4.11.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2018

Bod	Poľet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PS-H1	8760	2,92	527,28	05.04.18	5,39	524,81	03.12.18	4,37	525,83	2,47



Obr. 4.11.5. Dlhodobé (2015 – 2018) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Hodruša-Hámre. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PS-H1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; červená línia – teplota podzemnej vody.

Hladinomer bol do vrtu osadený v druhej polovici novembra roku 2015. Maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná 29. apríla 2017 s hĺbkou 2,50 m pod terénom (obr. 4.11.5). Opaľným príkladom je 10. január 2016, s najnižšou úrovňou hladiny podzemnej vody v hĺbke 5,51m pod terénom.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Svätý Anton (indikatív 40280). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súľasťou hodnotenia lokality Svätý Anton.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Hodruša-Hámre sú monitorovacie aktivity zabezpeľované na severnom svahu nad Dolným Hodrušským jazerom. Merania sú zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a zároveň sú sledované zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody prostredníctvom automatického hladinomera.

Výsledky meraní metódou presnej inklinometrie poukazujú na podobnosť pohybovej aktivity s rokom 2017. V roku 2018, hlavne v druhej polovici, došlo k poklesu v nameraných hodnotách (z technických príčin nebolo možné vyhodnotiť namerané údaje vo vrte IP-2 poľas jesennej etapy).

Hladina podzemnej vody mala poľas zimného a ľiastoľne i jarného obdobia vzostupný charakter. Následne, v druhej polovici apríla a hlavne poľas letného obdobia hladina podzemnej vody postupne klesala (vplyv atmosférických zrážok sa na hladine podzemnej vody v tomto ľase prejavoval len minimálne). Na konci roka zaľala hladina opäť mierne stúpať. V jarnom období boli náhle vzostupy hladiny podzemnej vody sprevádzané výraznými zmenami jej teploty. Teplota vody mala poľas roka pomerne pravidelný sinusoidálny charakter. Maximálne hodnoty teploty boli dosiahnuté v jesenných a zimných mesiacoch a naopak, minimálne hodnoty teploty boli zaznamenané na konci jarného obdobia.

Vzh Ľadom na celospoloļenskú dôleģitosŠ lokality (ohrozenie vodnej stavby) je i v roku 2019 plánované pokraļovaŠ v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu ako v roku 2018.

1.4.12. Lokalita Slanec-TP

Stručná charakteristika lokality

Zosuvný svah sa nachádza na juhozápadnom okraji obce Slanec. Do súboru monitorovaných lokalít bol zaradený v roku 2003 v súvislosti s tým, že na predmetnom zosuvnom svahu sa nachádza viacero podzemných vedení (5 tranzitných plynovodov VÚTP, medzištátny plynovod, 2 línie ropovodov, optické káble, telekomunikačné káble, vysokotlaková odbočka plynu pre obec Slanec), ako aj nadzemné elektrické vedenie. Vzhľadom na extrémnu prešmyknosť daného geologického prostredia antropogénnymi zásahmi a veľkú citlivosť podzemných vedení na prípadné prejavy nestability svahu bol na lokalite vykonaný inžinierskogeologický prieskum a uskutočnené boli i rozsiahle sanačné opatrenia (Míka a Bolha, 2000). V súčasnosti vykonávané monitorovacie práce sa sústreďujú na merania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení po uskutočnenej sanácii, čím sa overuje jej funkčnosť.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2017 a 2018 vykonávali len režimové pozorovania. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.12.1.

Tab. 4.12.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slanec-TP v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	11	J-4, J-5, J-6, J-7, J-9, J-11, J-12, J-13, J-14, J-15, J-16	10 *(9. február, 2. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*	10 *(11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 23. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	20	V-1/1 až 1/5, V-2/1 až 2/5, V-3/1 až 3/3, V-4/1 až 4/3, V-5/1 až 5/4	10 *(9. február, 2. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*	10 *(11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 23. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Slanská Huta (indikatív 51160)	*Mesačné úhrny zrážok*	

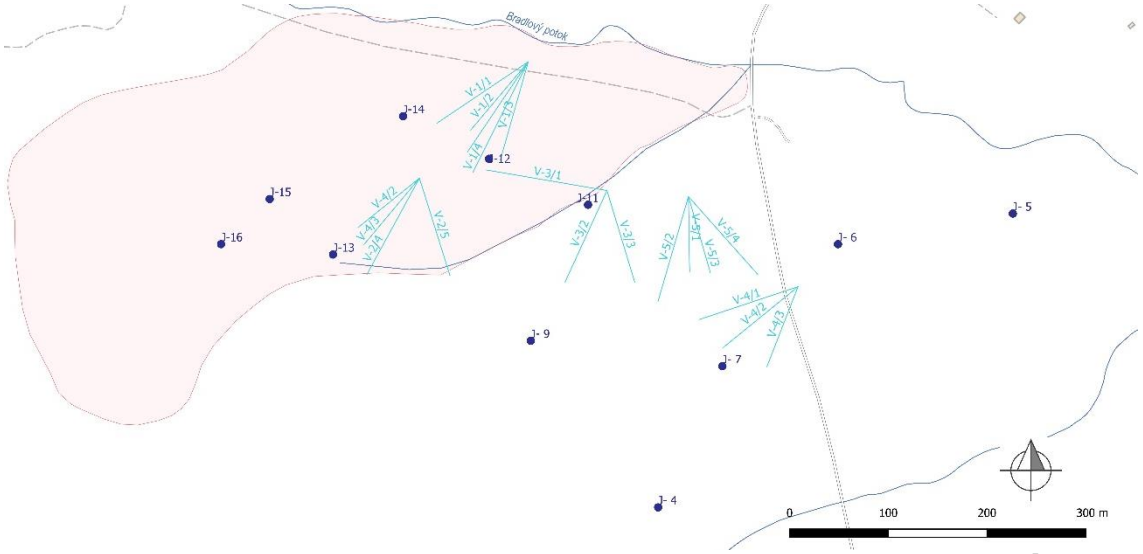
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Slanec sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 11 vrtoch (tab. 4.12.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.12.2 a 4.12.3; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.12.1). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.12.2.

V roku 2017 sa merania zabezpečovali v 11 vrtoch, a to v období od 9. februára do 16. novembra (10 kontrolných meraní). Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte J-11 (0,10 m pod terénom; 324,88 m n. m.) 27. apríla. Do blízkosti terénu sa podzemná

voda dostala i vo vrtoch J-16, J-13 a J-14 (od 0,35 do 0,50 m pod povrchom terénu). Zaznamenaná bola na zaļiatku marca (okrem uģ spomenutých vrtov, zaznamenaná bola aj vo vrtoch J-12 a J-15). Najhlbģie pod terénom sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte J-7. Minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĜbke 11,80 m pod terénom poļas 9. februára. Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali prevaģne v druhej polovici roka 2018, prevaģne vģak poļas mesiacov október a november. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2017 dosiahla hĜbku 5,63 m pod terénom, ļo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,10 m. Priemerné hĜbky sa pohybovali v rozsahu od 1,13 (vrt J-11) do 10,58 m pod terénom (vrt J-7). Najvýraznejģie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo, podobne ako vlani, pozorované vo vrte J-14 (4,16 m).



Obr. 4.12.1. Lokalita Slanec-TP ï situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpeļované reģimové pozorovania (objekty oznaļené ako body ï piezometrické vrty, objekty oznaļené ako línie ï hĜbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodĎovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

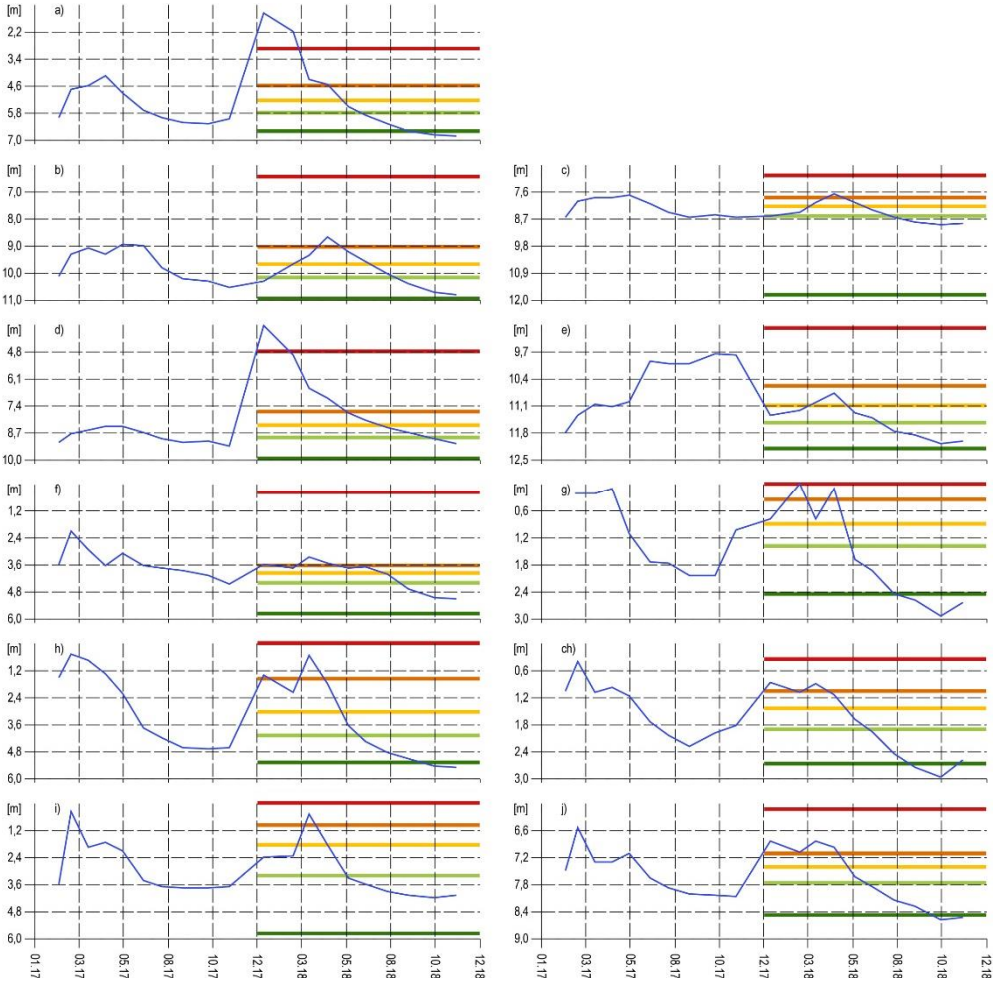
Tab. 4.12.2. Výsledky meraní hĜbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2017

Bod	Poļet meraní	Max. úroveĎ hpv			Min. úroveĎ hpv			Priem. úroveĎ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-4	10	4,18	338,32	27. 4. 17	6,27	336,23	12. 10. 17	5,47	337,03	2,09
J-5	10	7,73	295,06	25. 5. 17	8,66	294,13	9. 2. 17	8,24	294,55	0,93
J-6	10	8,95	306,37	25. 5. 17	10,56	304,76	16. 11. 17	9,66	305,66	1,61
J-7	10	9,74	324,91	12. 10. 17	11,80	322,85	9. 2. 17	10,58	324,07	2,06
J-9	10	8,37	337,51	25. 5. 17	9,36	336,52	16. 11. 17	8,86	337,02	0,99
J-11	10	0,10	324,88	27. 4. 17	2,05	322,93	12. 10. 17	1,13	323,85	1,95
J-12	10	2,09	333,52	2. 3. 17	4,44	331,17	16. 11. 17	3,52	332,10	2,35
J-13	10	0,40	352,39	2. 3. 17	2,30	350,49	31. 8. 17	1,46	351,34	1,90
J-14	10	0,50	339,19	2. 3. 17	4,66	335,03	12. 10. 17	2,83	336,86	4,16
J-15	10	6,53	354,60	2. 3. 17	8,08	353,05	16. 11. 17	7,54	353,59	1,55
J-16	10	0,35	357,94	2. 3. 17	3,77	354,52	31. 8. 17	2,81	355,48	3,42

V aktuálne hodnotenom roku 2018 sa pokraļovalo v meraniach v 11 vrtoch (11. januára ï 23. november). Maximálna hladina podzemnej vody bola opätovne nameraná vo vrte J-11 (na úrovni terénu ï preliv cez paģnicu vrtu; 324,98 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol nameraný 1. marca. Do blízkosti terén sa hladina podzemnej vody dostala aj vo vrte J-16 (0,47 m pod terénom ï 27. marec). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa pohybovali v intervale od 0,53 (J-14) do 10,77 m pod terénom (J-7). Vo vrtoch J-4 a J-9 boli namerané najvyģģie úrovne hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Celkovo sa maximálne stavy vyskytovali sa od prvej polovice januára

Tab. 4.12.3. Výsledky meraní hĎbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2018

Bod	Poľet meraní	Max. úroveŇ hpv			Min. úroveŇ hpv			Priem. úroveŇ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-4	10	1,38	341,12	11.01.18	6,85	335,65	23.11.18	5,03	337,47	5,47
J-5	10	7,71	295,08	25.04.18	8,92	293,87	18.10.18	8,44	294,35	1,21
J-6	10	8,68	306,64	25.04.18	10,83	304,49	23.11.18	9,89	305,44	2,15
J-7	10	10,77	323,88	25.04.18	12,07	322,58	18.10.18	11,53	323,12	1,30
J-9	10	3,56	342,32	11.01.18	9,20	336,68	23.11.18	7,34	338,55	5,64
J-11	10	0,00	324,98	01.03.18	2,95	322,03	18.10.18	1,59	323,39	2,95
J-12	10	3,24	332,37	27.03.18	5,13	330,48	23.11.18	4,04	331,57	1,89
J-13	10	0,87	351,92	11.01.18	2,96	349,83	18.10.18	1,84	350,95	2,09
J-14	10	0,53	339,16	27.03.18	5,49	334,20	23.11.18	3,48	336,21	4,96
J-15	10	6,84	354,29	27.03.18	8,58	352,55	18.10.18	7,68	353,45	1,74
J-16	10	0,47	357,82	27.03.18	4,20	354,09	18.10.18	3,03	355,26	3,73

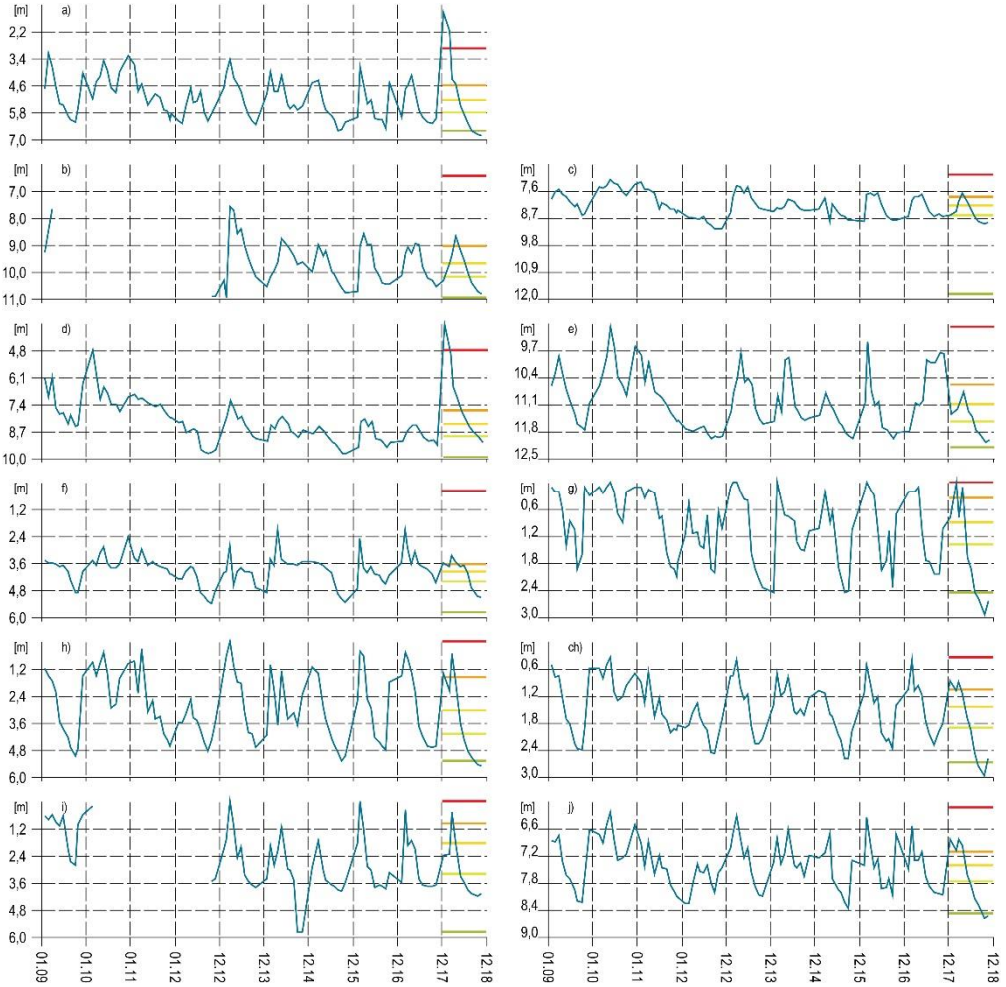


Obr. 4.12.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Slanec-TP, vo vzŠahu k základným ġtatistickým ukazovateĎom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenľné obdobie ï RO): a ï J-4, b ï J-6, c ï J-5, d ï J-9, e ï J-7, f ï J-12, g ï J-11, h ï J-14, ch ï J-13, i ï J-16, j ï J-15 (RO: 28. 1. 03 ï 16. 11. 17), ľervená ï maximálna, zelená ï minimálna hladina podzemnej vody nameraná poľas RO, bledozelená ï 1. kvartil, ģltá ï 2. kvartil, oranģová ï 3. kvartil odvodený z údajovo o hĎbke hladiny podzemnej vody, nameranej poľas RO.

do druhej polovice apríla, teda v zimnom a jarnom období. Naopak, najhlbġie pod terénom klesla hladina podzemnej vody vo vrte J-6. Jej minimálna hladina podzemnej vody sa nachádzala na úrovni 10,73 m pod terénom (23. november). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali prevaģne v období od 18. októbra do 23. novembra. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĎbku 5,81 m pod terénom, ľo je oproti predchádzajúcemu roku zostup o 0,18 m. Priemerné hĎbky sa pohybovali v rozsahu od 1,59 (vrt

J-11) do 11,53 m pod terénom (vrt J-7). Výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch J-9 (5,64 m) a J-4 (5,47 m).

Z dlhodobého hľadiska (v období 2009 až 2018 – obr. 4.12.3) boli najvyššie namerané hladiny podzemnej vody – na úrovni terénu – vo vrtoch J-11 (máj 2010, apríl a marec 2013, február 2014 a marec 2016; priemerná hladina podzemnej vody za posledné desaťročie dosiahla v tomto vrte 0,95 m pod terénom), J-16 (marec 2013 a marec 2016) a J-14 (marec 2013). Pomerne vysoká hladina podzemnej vody bola nameraná i vo vrte J-13. Prakticky pravidelne počas každého roku, najmä v zimnom a jarnom období, stúpa hladina podzemnej vody v tomto vrte k úrovni terénu. Najvyššie vystúpila 28. mája 2010, a to do hĺbky 0,35 m pod terénom. Opačne, najhlbšie (viac ako 10 m) pod terén zostupujú hladiny vo vrtoch J-5 (ojedinele), J-6 (pomerne často) a J-7 (pravidelne, priemerná hladina za posledných desaťročí dosahuje 11,05 m pod terénom).



Obr. 4.12.3. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Slanec-TP, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO), a – J-4, b – J-6, c – J-5, d – J-9, e – J-7, f – J-12, g – J-11, h – J-14, ch – J-13, i – J-16, j – J-15 (RO: 28. 1. 03 – 16. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Slanec je pozorovaných 20 odvodňovacích zariadení, ktoré sú rozdelené do piatich stanovíšť (tab. 4.12.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.12.4 a 4.12.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení je na obr. 4.12.1).

Počas hodnotených rokov 2017 a 2018 bolo 2. a 4. stanovište značne nízkou časťou monitorovaného obdobia zaplavené vodou.

Tab. 4.12.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2017

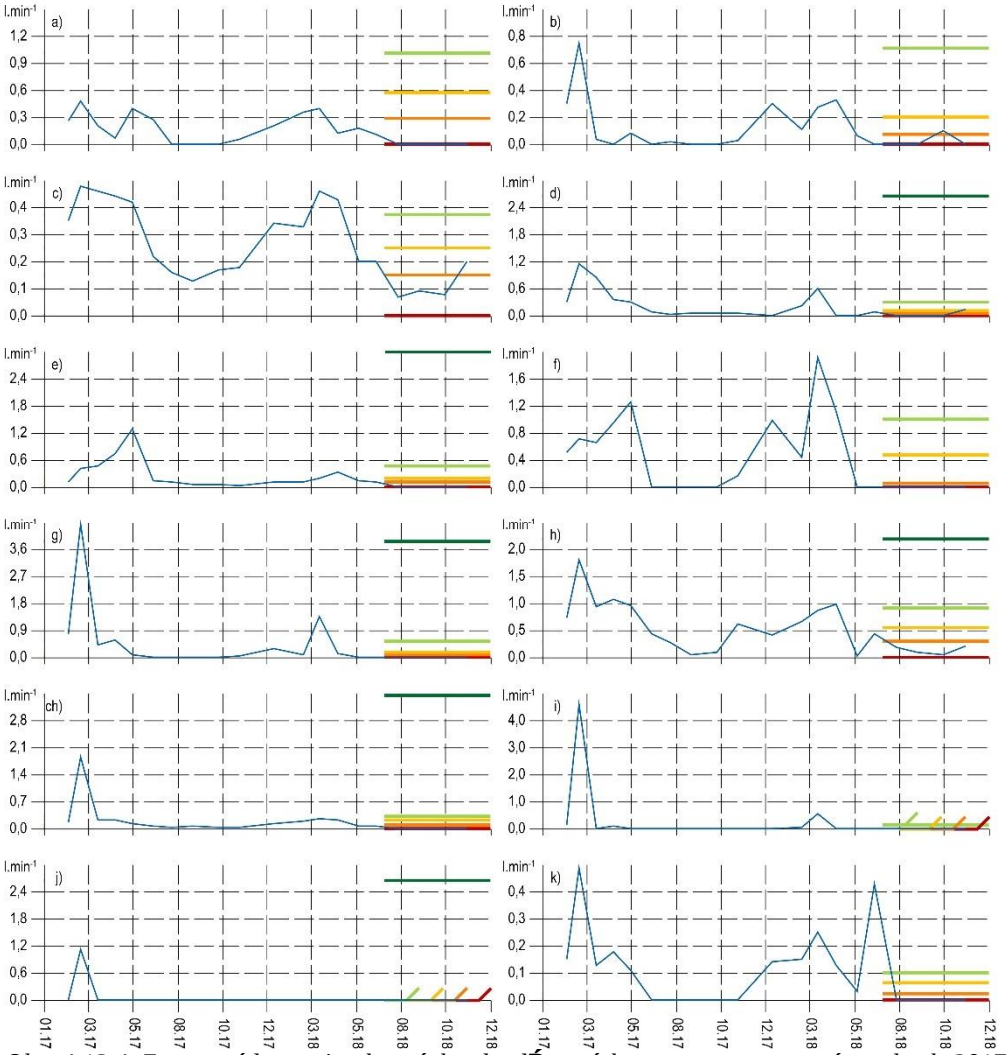
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
V1/1	10	0,48	12. 10. 17	0,00	2. 3. 17	0,17	0,48
V1/2	10	0,75	27. 4. 17	0,00	2. 3. 17	0,12	0,75
V1/3	10	0,48	31. 8. 17	0,13	2. 3. 17	0,30	0,35
V1/4	10	1,15	28. 7. 17	0,04	2. 3. 17	0,32	1,11
V1/5	10	1,30	16. 11. 17	0,03	25. 5. 17	0,34	1,27
V2/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa nachádzali pod hladinou vody					
V2/2	10						
V2/3	10						
V2/4	10						
V2/5	10						
V3/1	10	1,25	28. 7. 17	0,00	25. 5. 17	0,42	1,25
V3/2	10	4,42	28. 6. 17	0,00	2. 3. 17	0,63	4,42
V3/3	10	1,81	31. 8. 17	0,04	2. 3. 17	0,70	1,77
V4/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa počas deviatich meraní nachádzali pod hladinou vody					
V4/2	10						
V4/3	10						
V5/1	10	1,84	12. 10. 17	0,04	2. 3. 17	0,28	1,80
V5/2	10	4,61	30. 3. 17	0,00	2. 3. 17	0,49	4,61
V5/3	10	1,12	12. 10. 17	0,00	2. 3. 17	0,11	1,12
V5/4	10	0,49	31. 8. 17	0,00	2. 3. 17	0,11	0,49

Počas roka 2017 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 9. februára do 16. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 2. marca na odvodňovacom vrte V5/2 (4,61 l.min^{-1}). V rovnakom termíne bola podobná hodnota výdatnosti nameraná aj vo vrte V3/2 (4,42 l.min^{-1}). V oboch vrtoch bola najnižšia výdatnosť nameraná na úrovni kvapkania (V5/2 – 30. marec, V3/2 – 28. jún). Vo vrtoch V1/1, V1/2, V3/1, V5/2, V5/4, V3/2 a V5/3 bolo minimálne počas jedného monitorovacieho merania zaznamenané kvapkanie. Minimálne prietoky sa vyskytovali najmä počas októbrového merania (V1/1, V4/1, V4/2, V4/3, V5/1, V5/3). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 6,40 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2016 pomerne výrazný pokles (o 3,14 l.min^{-1}). Najväčšie kolísanie prietoku bolo počas hodnoteného roku namerané vo vrte V5/2 (4,61 l.min^{-1}). Priebehy množstva odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení spolu so štatistickým zhodnotením sú znázornené na obr. 4.12.4.

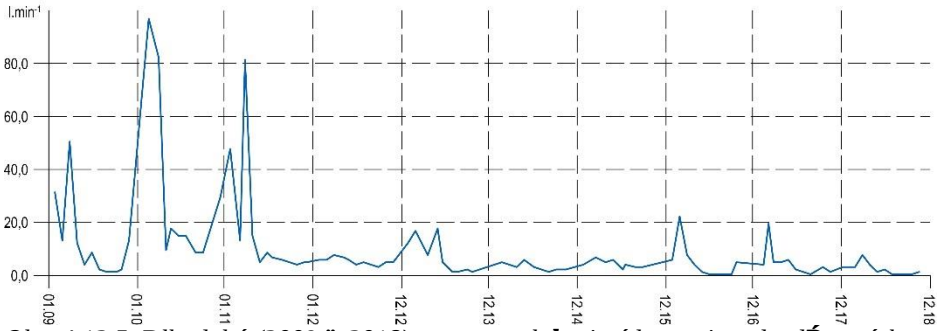
Tab. 4.12.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
V1/1	10	0,40	27. 3. 18	0,00	23. 11. 18	0,14	0,40
V1/2	10	0,33	25. 4. 18	0,00	2. 8. 18	0,12	0,33
V1/3	10	0,46	27. 3. 18	0,07	2. 8. 18	0,24	0,39
V1/4	10	0,61	27. 3. 18	0,00	11. 1. 18	0,11	0,61
V1/5	10	0,32	25. 4. 18	0,00	6. 9. 18	0,10	0,32
V2/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa počas deviatich meraní nachádzali pod hladinou vody					
V2/2	10						
V2/3	10						
V2/4	10						
V2/5	10						
V3/1	10	1,92	27. 3. 18	0,00	28. 6. 18	0,45	1,92
V3/2	10	1,37	27. 3. 18	0,00	2. 8. 18	0,19	1,37
V3/3	10	0,97	25. 4. 18	0,03	30. 5. 18	0,39	0,94
V4/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa nachádzali pod hladinou vody					
V4/2	10						
V4/3	10						
V5/1	10	0,26	27. 3. 18	0,00	2. 8. 18	0,10	0,26
V5/2	10	0,53	27. 3. 18	0,00	23. 11. 18	0,06	0,53
V5/3	10	kvapkanie, suchý					
V5/4	10	0,43	28. 6. 18	0,00	6. 9. 18	0,11	0,43

V roku 2018 bolo zabezpeľ ených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 11. januára do 23. novembra. Najvyġġia výdatnosŠ bola nameraná 27. marca na odvodŔovacom vrte V3/1 (1,92 l.min^{-1}). Podobná výdatnosŠ bola v rovnakom termíne zaznamenaná aj vo vrte V3/2 (1,37 l.min^{-1}). Tieto vrty boli od mája suché a priemerná výdatnosŠ vo vrte V3/1 dosiahla 0,45 l.min^{-1} a vo vrte V3/2 0,19 l.min^{-1}. Okrem vrtov V1/3 a V3/3 bolo v ostatných vrtoch minimálne poľ as jedného monitorovacieho merania zaznamenané kvapkanie alebo boli suché. Minimálne prietoky sa vyskytovali najmä od augusta do konca roku. Sumárna priemerná výdatnosŠ vġetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 6,4 l.min^{-1}, ľ o je v porovnaní s predchádzajúcim rokom opäŠ výrazný pokles (o 4,41 l.min^{-1}). Najväľ ġie kolísanie prietoku bolo poľ as hodnoteného roku namerané vo vrte V3/1 (1,92 l.min^{-1}). Priebehy mnoġstva odvádzanej vody z vybratých odvodŔovacích zariadení sú znázornené na obr. 4.12.4.



Obr. 4.12.4. Zmeny výdatnosti vybraných odvodŔovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Slanec-TP, vo vzŠahu k základným ġtatistickým ukazovateľ om, ktoré boli odvodené z údajov nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenľ né obdobie ï RO: 10. 10. 01 ï 27. 10. 16): a ï V1/1 (max. hodnota poľ as RO: 4,91 l.min^{-1}), b ï V1/2 (max. hodnota poľ as RO: 60,00 l.min^{-1}), c ï V1/3 (max. hodnota poľ as RO: 5,12 l.min^{-1}), d ï V1/4, e ï V1/5, f ï V3/1 (max. hodnota poľ as RO: 16,05 l.min^{-1}), g ï V3/2, h ï V3/3, ch ï V5/1, i ï V5/2 (max. hodnota poľ as RO:666,0 l.min^{-1}), j ï V5/3, k ï V5/4 (max. hodnota poľ as RO:14,0 l.min^{-1}), ľ ervená ï minimálna, tmavozelená ï maximálna výdatnosŠ nameraná poľ as RO (v prípade, ġe údaj nie je uvedený v grafe, jeho hodnota je uvedená v zátvorke pri jednotlivých vrtoch), oranġová ï 1. kvartil, ġltá ï 2. kvartil, bledozelená ï 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných poľ as RO.



Obr. 4.12.5. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti z odvodňovacích vrtov na lokalite Slanec-TP. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: V1/1, V1/2, V1/3, V1/4, V1/5, V2/1, V2/2, V2/3, V2/4, V2/5, V3/1, V3/2, V3/3, V4/1, V4/2, V4/3, V5/1, V5/2, V5/3 a V5/4.

Pri hodnotení posledného desaťročia boli najvyššie výdatnosti namerané v rokoch 2010 (V2/1 – 31. marca – 66,0 $l.min^{-1}$; V1/2 – 25. februára – 60,0 $l.min^{-1}$) a 2011 (V2/1 – 29. marca 65,0 $l.min^{-1}$). V súbore nameraných výdatností v rámci celej lokality boli počas monitorovaného obdobia na jednotlivých odvodňovacích zariadeniach pozorované prevažne prietoky v rozsahu 0,0 až 0,25 $l.min^{-1}$ (obr. 4.12.3). V rámci skupín odvodňovacích vrtov sa najefektívnejšie prejavujú vrty označené ako V2, ktorých priemerná výdatnosť za poslednú dekádu dosahuje viac ako 1 $l.min^{-1}$. O niečo nižšia priemerná výdatnosť bola nameraná v šachtách V1 a V3 (nad 0,5 $l.min^{-1}$). V skupinách vrtov V3 a V5 boli najvýznamnejšie hodnoty výdatnosti namerané počas roku 2013. V skupinách vrtov V1 a V2 došlo po roku 2011 k ustáleniu výdatnosti. Na vrtoch ústiacich do šachty V3 bola v hodnotenom desaťročí pozorovaná pomerne premenlivá výdatnosť. Jej zmeny boli do značnej miery ovplyvnené cyklickým striedaním ročných období, pričom vďaka nie je možné maximálne stavy výdatnosti jednoznačne priradiť k obdobiam jarného topenia sa snehovej pokrývky (hlbšiu analýzu kolísania výdatnosti odvodňovacích zariadení v tejto skupine vrtov by bolo možné urobiť len na základe údajov s vyššou frekvenciou meraní). Dlhodobo najnižšie výdatnosti sú pozorované vo vrtoch označených V4. Sumárny priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení za dlhšie obdobie je znázornené na obr. 4.12.5.

Dlhodobým problémom monitorovania výdatnosti odvodňovacích zariadení na tejto lokalite je, že viaceré vrty sú počas roka zaplavované vytekajúcou vodou z drenážnych zariadení. Vďaka tomuto stavu nie je možné sledovať množstvo odtekajúcej vody zo zosuvného územia, ale čo je ešte horšie, zaplavovaním zberných šácht, dochádza k znižovaniu účinnosti hĺbkového odvodnenia.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Slanská Huta s indikatívom 51160. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od januára 2001 do decembra 2018 predstavuje 755,2 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1204,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 62,9 mm a maximálny mesačný úhrn 314,9 mm (máj 2010).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 724,7 mm, čo zodpovedá 94,8 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (97,0 mm) a naopak, najsuchším mesiacom bol marec s 25,9 mm zrážok.

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 639,6 mm, čo zodpovedá 84,69 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (123,7 mm) a naopak, najsuchším mesiacom bol január s 21,2 mm zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Slanec sú monitorovacie aktivity zamerané výluľne na sledovanie najdôleğitejğieho zosuvotvorného faktora ï hladiny podzemnej vody. ZároveŔ je sledovaná i efektívnosŠ sanaľného opatrenia ï meranie výdatnosti subhorizontálnych odvodŔovacích vrtov. Analyzované sú tieğ údaje o zráğkomernej stanice Slanská Huta.

V roku 2018, na základe získaných údajov a ich spracovania moğno konğtatovaŠ, ğe v porovnaní s predchádzajúcim rokom bol nameraný mierny pokles hladiny podzemnej vody. Avğak v dvoch vrtoch boli prekroľené dlhodobé maximálne hladiny podzemnej vody (J-4 a J-9). Naopak, vo viacerých vrtoch boli prekroľené minimálne úrovne, zaznamenané poľas monitorovaného obdobia. Jedným z takýchto vrtov je uğ spomenutý piezometer J-4. Znamená to, ğe v uvedenom vrte bola poľas roka nameraná najväľğia amplitúda poľas celého obdobia monitorovania.

V zosuvnom území pokraľovali monitorovacie merania aj na jednotlivých skupinách odvodŔovacích zariadení. V súvislosti s monitorovaním hĎbkového odvodnenia je potrebné upozorniŠ, ğe vrty ústiace do ğachty V2 a V4 boli prakticky poľas celého roka utopené pod vodou, ľím sa zniğuje úľinnosŠ tohto stabilizaľného opatrenia. Z porovnania sumárnych priemerných hodnôt v aktuálnom roku s údajmi s predchádzajúceho roku vyplýva, ğe na odvodŔovacích vrtoch doğlo k opätovnému poklesu výdatnosti.

VzhĽadom na mimoriadne riziko spojené s potenciálnym pretrhnutím predovğetkým tranzitného plynovodu alebo ropovodu treba zdôrazniŠ naliehavú potrebu komplexnej sanácie celého zosuvného územia (svahov po oboch stranách miestneho potoka). Jej realizácia by si vyğiadala zdruğené investície subjektov ï vlastníkov ľi prevádzkovateĽov vğetkých produktovodov a inğinierskych sietí (diaĽkového a optického kábla). V roku 2019 plánujeme pokraľovaŠ v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2018.

1.4.13. Lokalita Dolná Miľ iná

Stručná charakteristika lokality

Zosuvné územie sa nachádza na severnom okraji obce Dolná Miľ iná, približne 10 km juţne od Banskej Bystrice. V súvislosti s aktivizáciou zosuvu bol v roku 1995 v území realizovaný inţinierskogeologický prieskum (JadroŕEt al., 1998) a v lete o rok neskôr rozsiahla sanácia svahu (prísypy, zárubný a oporný múr). SúľasŠou geologických a sanaľ ných prác bolo vybudovanie siete monitorovacích objektov, na ktorej sa monitoring uskutoľ Ďuje prakticky od zaľ iatku geologických prác (jar 1995). Detailnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súľasŠou správy z prieskumu JadroŕEt al. (1998), ako aj správ z nasledujúcich rokov (Ondrejka et al., 2012).

PrehľadŎ monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, poľ ty a oznaľ enia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutoľ nených v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Dolná Miľ iná, sú zhrnuté v tab. 4.13.1.

Tab. 4.13.1. PrehľadŎ monitorovacích aktivít, uskutoľ nených na lokalite Dolná Miľ iná v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Poľ et uskutoľ nených meraní *(dátum merania)*	
	Poľ et	Oznaľ enie	Rok 2017	Rok 2018
Meranie hĐbky hladiny podzemnej vody	1	JM-6 automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zráţkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Bystrica (indikatív 34300)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľ ov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

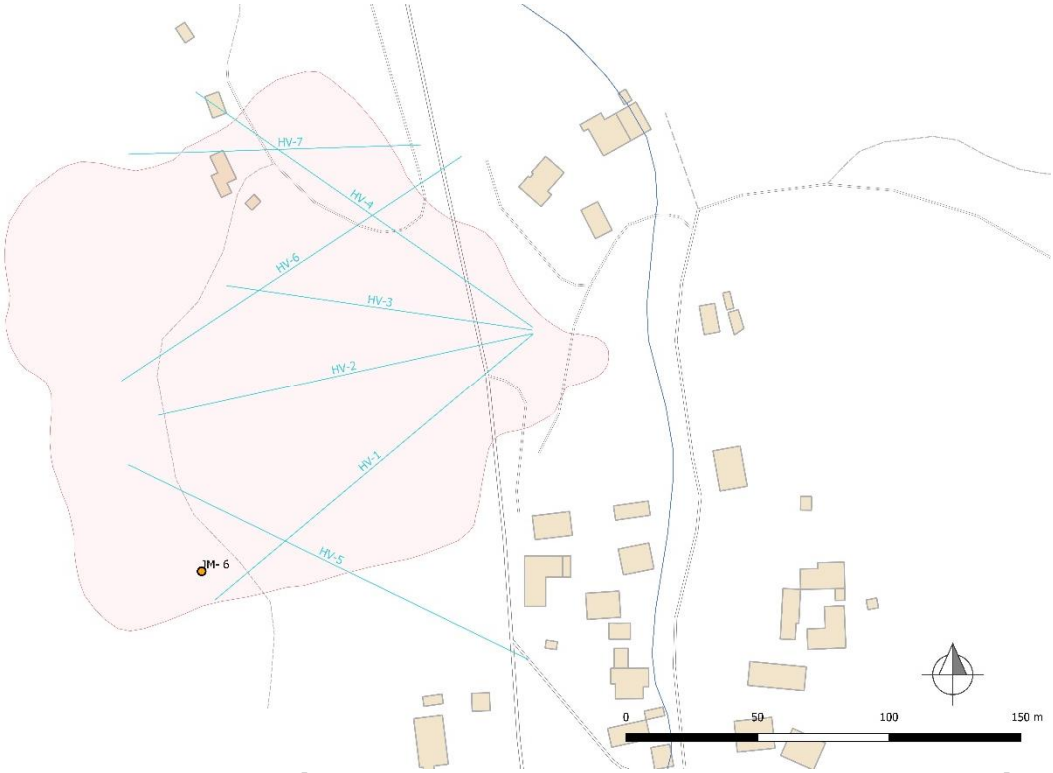
a/ Merania hĐbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Dolná Miľ iná je automatickým hladinomerom zabezpeľ ované meranie v 1 vrte (JM-6). Poľ as hodnotených rokov 2017 a 2018 bolo zariadenie v nepretrţitej prevádzke, resp. zmeny hĐbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

V roku 2017 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĐbke 5,91 m pod terénom (406,98 m n. m.; 12. máj), ľ o je v porovnaní z rokom 2016 pokles o 0,94 m. Nameraný vzostup hladiny z konca apríla, poľ as ktorého bola dosiahnutá maximálna hladina podzemnej vody, bol spojený so zráţkami s relatívne vysokou intenzitou. Poľ as dvoch dní (27. a 28. apríl) spadlo na stanici SHMÚ Banská Bystrica 63,3 mm. Stúpnutie hladiny podzemnej vody v prvej polovici marca je viazané na postupné otepĎovanie a s tým spojené topenie sa snehovej pokrývky. Od polovice mája aţ do polovice novembra dochádzalo, v dôsledku zráţkového deficitu, k postupnému poklesu hladiny podzemnej vody. Minimálna hladina podzemnej vody s hĐbkou 14,79 m (399,83 m n. m.) bola dosiahnutá 14. novembra. Oproti roku 2016 ide o nepatrnú zmenu. Priemerná hĐbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 13,06 m pod terénom (399,83 m n. m.), ľ o je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,40 m. Amplitúda roľ ných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 8,88 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,10 m za deň, ľ ím bola opätovne potvrdená dynamika hladiny podzemnej vody z predošlého obdobia. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla hodnotu 0,34 m (3,83 % celkových roľ ných zmien hĐbky hladiny

podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĎbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 14,35 m pod terénom, 2. kvartil 13,89 m pod terénom a 3. kvartil 12,35 m pod terénom.

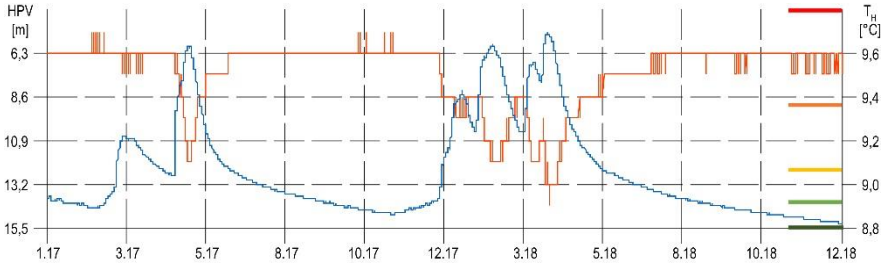
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,7 °C poļas 12. februára, naopak, najniģšia teplota (9,1 °C) bola zaznamenaná 10. mája. Priemerná teplota v hodnotenom roku predstavovala 9,59 °C.



Obr. 4.3.1. Lokalita Dolná Miļiná ï situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpeļované reģimové pozorovania (oranģový bod ï piezometrický vrt s automatickým hladinomerom) a sanaļných opatrení (modré línie ï hĎbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodĽovacích vrtov); ohraniļenie zosuvov podĎa Fussgängera a Jadroĺa (1995), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.13.2. Výsledky merania hĎbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Dolná Miļiná v roku 2017

Bod	Poļet mer.	Max. úroveĽ hpv			Min. úroveĽ hpv			Priem. úroveĽ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JM-6	8760	5,91	406,98	12. 5. 17	14,79	398,10	14. 11. 17	13,06	399,83	8,88



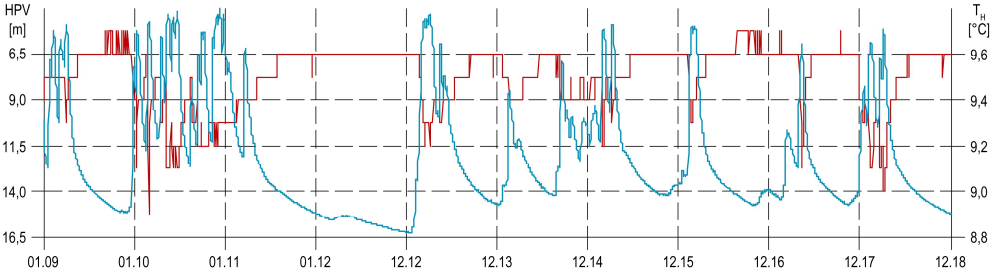
Obr.4.13.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2017 a 2018, spolu so ģtatistickými ukazovateĎmi na lokalite Dolná Miļiná. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JM-6. Modrá línia ï hĎbka hladiny podzemnej vody (HPV), ļervená línia ï teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznaļené na ĎavEj strane grafu ï ģtatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané poļas referenļného obdobia ï od 16. apríla 2002 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás ï minimálna hĎbka HPV, zelený pás ï 1. kvartil, ģltý pás ï 2. kvartil, oranģový pás ï 3. kvartil, ļervený pás ï maximálna HPV.

V roku 2018 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 5,18 m pod terénom (407,71 m n. m.; 5. apríl), čo je v porovnaní z rokom 2017 vzostup o 0,73 m. Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 15,28 m (397,61 m n. m.) bola dosiahnutá 31. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 12,09 m pod terénom (400,80 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,92 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 10,10 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 14,56 m pod terénom, 2. kvartil 13,38 m pod terénom a 3. kvartil 9,77 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,6 °C počas 10. júla, naopak, najnižšia teplota (8,9 °C) bola zaznamenaná 7. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku predstavovala 9,5 °C.

Tab. 4.13.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Dolná Mičiná v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JM-6	8760	5,18	407,71	5. 4. 18	15,28	397,61	31. 12. 18	12,09	400,80	10,10



Obr. 4.13.3. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Dolná Mičiná. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JM-6. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; červená línia – teplota podzemnej vody.

Pri hodnotení posledného desaťročia je možné sledovať pravidelný cyklus zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorý odráža sezónne vplyvy. Jej vzostup súvisel prevažne s jarným obdobím topenia snehovej pokrývky, kedy sú zároveň dosahované maximálne stavy. Naopak, na konci jesene, prípadne na začiatku zimného obdobia, boli zvyčajne namerané minimálne úrovne. Výnimkou je rok 2010, kedy hladina podzemnej vody vplyvom mimoriadne intenzívnych zrážok stúpla niekoľkokrát za rok.

Maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná 12. decembra 2010 s hĺbkou 4,02 m pod terénom (obr. 4.13.3). Ide o najvyššiu úroveň hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia. Opačným príkladom je rok 2012, ktorý je možné vyhodnotiť ako „najsuchší" s najnižšou priemernou úrovňou hladiny podzemnej vody.

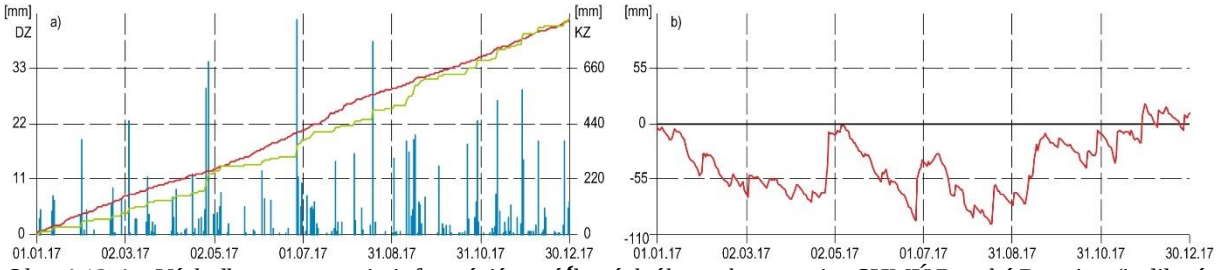
b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Banská Bystrica s indikatívom 34300 (obr. 4.13.4a a 4.13.4b). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2000 do 31. decembra 2017 predstavuje 860,0 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1289,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 71,7 mm a maximálny mesačný úhrn 195,2 mm (júl 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 17. júla 2010 do 16. augusta 2010) dosiahol 253,9 mm.

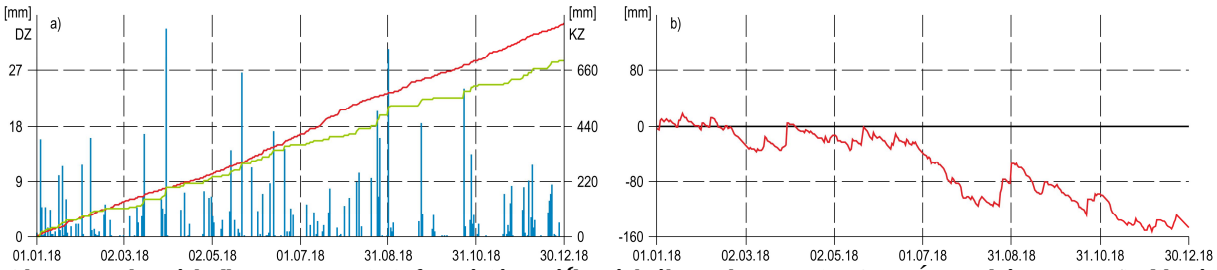
V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 859,6 mm, čo zodpovedá 99,96 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas

septembra (119,9 mm) a najvyššie denný úhrn 28. júna (42,5 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 30,7 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. augusta do 17. septembra (139,2 mm).

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 697,2 mm, čo zodpovedá 81,07 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. Najvyššie mesačný úhrn bol nameraný počas marca (85,9 mm) a najvyššie denný úhrn 31. marca (33,8 mm). Najsuchším mesiacom bol november s 27,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 4. augusta do 3. septembra (113,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 8. februára do 10. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 18,6 mm.



Obr. 4.13.4a. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2000 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.



Obr. 4.13.4b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2000 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na základe výsledkov režimových pozorovaní v jedinom piezometrickom vrte možno rok 2018 hodnotiť ako normálny. Hladina podzemnej vody počas roka, hlavne v zimnom a jarnom období, vystúpila pomerne vysoko, avšak od prvej polovice apríla až do konca roka klesala. V roku 2019 plánujeme pokračovať v monitorovaní hladiny podzemnej vody s rovnakou frekvenciou meraní ako v roku 2018.

1.4.14. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrkou

Stručná charakteristika lokality

Zosuv sa nachádza v južnej časti mesta Prešov. Ohrozuje viacero rodinných domov a niekoľko záhradných parciel so záhradnými domami. Monitorovacia sieť pozostáva zo štyroch piezometrických a štyroch inklinometrických vrtov, ktoré sú situované do profilu v južnej časti svahovej poruchy. Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Tupý et al., 2010a).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní sú zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.14.1.

Tab. 4.14.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	4	JV-1A, JV-2A, JV-3A, JV-4A	2 *(2. máj, 8. december)*	2 *(18. máj, 19. november)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3 *(2017)* 3 *(2018)*	JV-1, JV-2, JV-4	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 26. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 16. november)*
	1	JV-3 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prešov-planetárium (indikatív 59160)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite realizujú v štyroch inklinometrických vrtoch (JV-1A, 2A, 3A a 4A – obr. 4.14.1), ktoré sú situované do profilu a zachytávajú pohybovú aktivitu v najjužnejšej časti rozsiahlej svahovej deformácie.

V roku 2017 boli zabezpečené dve etapy meraní (jar a neskorá jeseň). Počas prvej etapy, ktorá trvala od decembra 2016 do mája 2017, boli najvýznamnejšie prírastky deformácie namerané vo vrte JV-4A v sledovanej hĺbke 10,94 m pod terénom (2,0 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 5,21 mm.rok^{-1}). Orientácia nameraného vektora je na severozápad. V ostatných vrtoch boli na sledovaných šmykových plochách namerané vektory v intervale od 0,22 mm (IV-1A) do 0,98 mm (JV-2A).

Počas jesenného merania mali prírastky deformácie podobný charakter ako v čase jarnej etapy. Síce v niektorých vrtoch bol pozorovaný mierny nárast pohybovej aktivity, no najvyššia nameraná etapová deformácia dosiahla len 1,39 mm (JV-1A v hĺbke 9,8 m pod terénom;

2,3 mm.rok^{-1}). Nad hodnotou 1 mm bola nameraná deformácia eğte i vo vrte JV-2 (v hĎbke 9,66 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 1,3 mm, ľo predstavuje priemernú rýchlosŠ 2,16 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.14.1. Lokalita Pregov-Pod Wilec Hôrkou ï vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.14.2; ľísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch oznaľujú hĎbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohranič enie zosuvov podĎa Tupého et al. (2011b), mapový podklad: ZBGIS®.

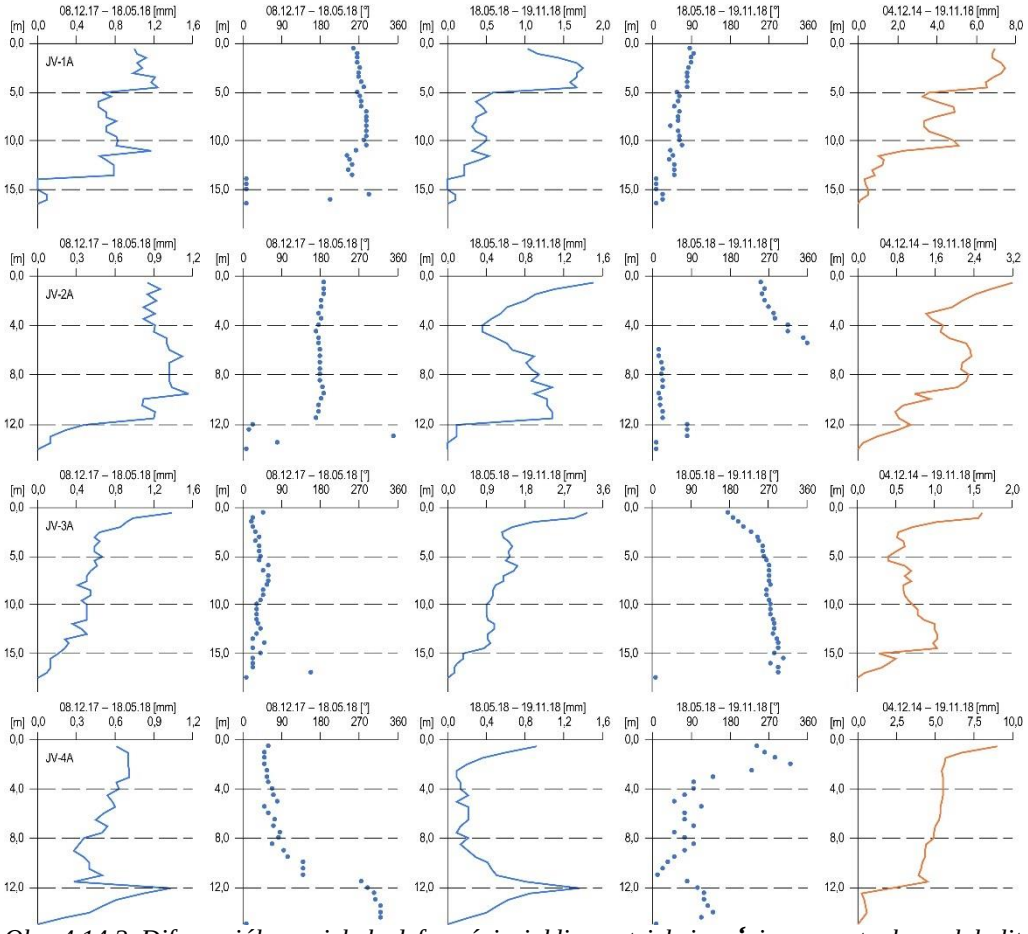
Tab. 4.14.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Pregov-Pod Wilec Hôrkou v rokoch 2017 a 2018

Bod	HĎbka pod ter. [m]	13. 12. 16 ï 2. 5. 17			2. 5. 17 ï 8. 12. 17			8. 12. 17 ï 18. 5. 18			18. 5. 18 ï 19. 11. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
JV-1A	3,80	5,31	0,22	358	6,01	0,76	92	4,98	1,24	281	6,58	1,66	82
JV-1A	9,80	4,31	0,60	295	5,06	1,39	94	4,77	0,81	288	5,12	0,42	70
JV-1A	12,80	0,98	0,41	281	0,67	0,63	97	0,91	0,78	255	0,85	0,22	52
JV-2A	8,50	1,30	0,98	194	2,40	1,17	21	1,39	1,02	181	2,24	0,86	26
JV-2A	9,50	0,22	0,98	194	1,43	1,30	22	0,28	1,17	190	1,17	0,89	17
JV-2A	11,50	0,36	0,95	188	0,60	0,92	3	0,30	0,90	170	0,85	1,08	24
JV-3A	14,40	0,10	0,64	121	0,22	0,28	25	0,50	0,28	25	1,04	0,85	295
JV-4A	11,00	3,74	2,00	323	3,98	0,70	140	3,72	0,28	275	4,52	0,81	80

CD ï celková deformácia od nultého merania (4. 12. 14); ED ï etapová deformácia; A ï azimut etapového vektora

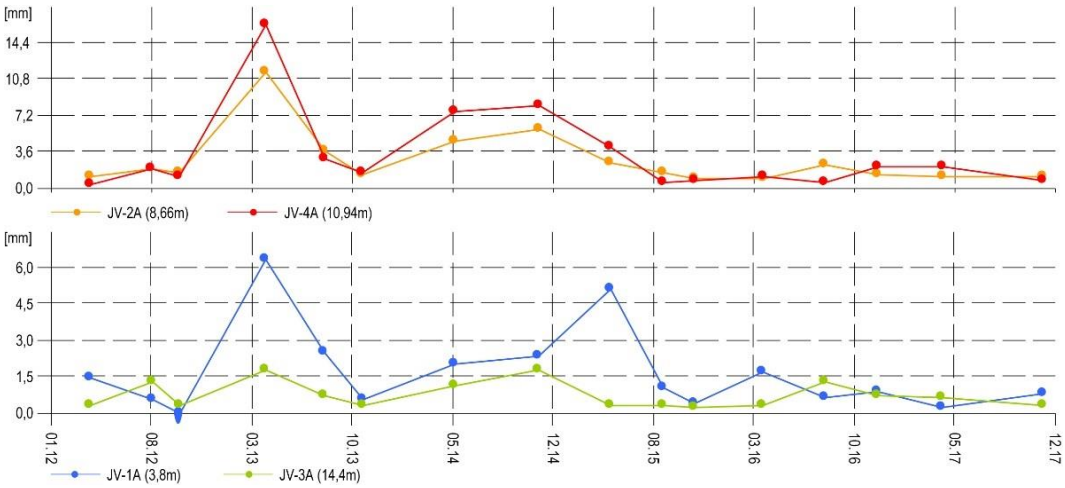
V roku 2018 boli zabezpeľené dve etapy meraní ï jarná a jesenná. Poľas obidvoch etáp boli na úrovni sledovaných ğmykových plôch namerané relatívne nízke hodnoty deformaľných prírastkov. Prírastky nad 1 mm boli namerané len vo vrtoch JV-1A a JV-2A. Vo vrte JV-1A bola v hĎbke 3,8 m pod terénom v období od 8. decembra 2017 do 18. mája 2018 nameraná etapová deformácia 1,24 mm (2,81 mm.rok^{-1}; 281°) a následne 19. novembra 1,66 mm (3,27 mm.rok^{-1}; 82°). Z orientácie jednotlivých vektorov vyplýva, ğe výsledný pohyb v roku 2018 bol veĎmi malý. Podobný charakter mali i merania v ostatných vrtoch. Azimuty vektorov,

zaznamenaných v jednotlivých vrtoch poľas oboch meracích etáp, naznaľujú, že v súľasnosti došlo k relatívnemu upokojeniu pohybovej aktivity. Priaznivá stabilitná situácia súvisí s dlhodobým obdobím, poľas ktorého sledujeme zráżkový deficit (viac v kapitole venovanej hodnoteniu klimatických pomerov v monitorovanom období), výsledkom ľoho je i pokles hladiny podzemnej vody (viac podkapitola Ämerania hĐbky hladiny podzemnej vodyñ). ZároveŔ predpokladáme, że k stabilizácii územia prispievajú i vybudované sanaľné opatrenia ï hĐbkové odvodnenie územia, zabezpeľené prostredníctvom subhorizontálnych vrtov.



Obr. 4.14.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej paśnice vo vrtoch na lokalite Ha Preżov-Pod Wilec Hôrkou (oznaľenie vrtov je vĐavo hore). Modrá línia ï etapová deformácia inklinometrickej paśnice, modré body ï etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranżová ï výsledná deformácia inklinometrickej paśnice za dlhżie obdobie monitorovania (informácia o dĐżke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Z dlhodobého hĐadiska je moźné za najaktívnejżie obdobie povażovaŠ jarnú etapu 2013 (október 2012 ï apríl 2013), kedy na väľšine żmykových plôch boli namerané najväľšie deformácie inklinometrickej paśnice za monitorované obdobie (obr. 4.14.3). Od polovice roku 2015 je moźné v území sledovaŠ pomerne výrazný pokles pohybovej aktivity. Namerané etapové vektory len vzácne prekraľujú hodnotu 1,5 mm.

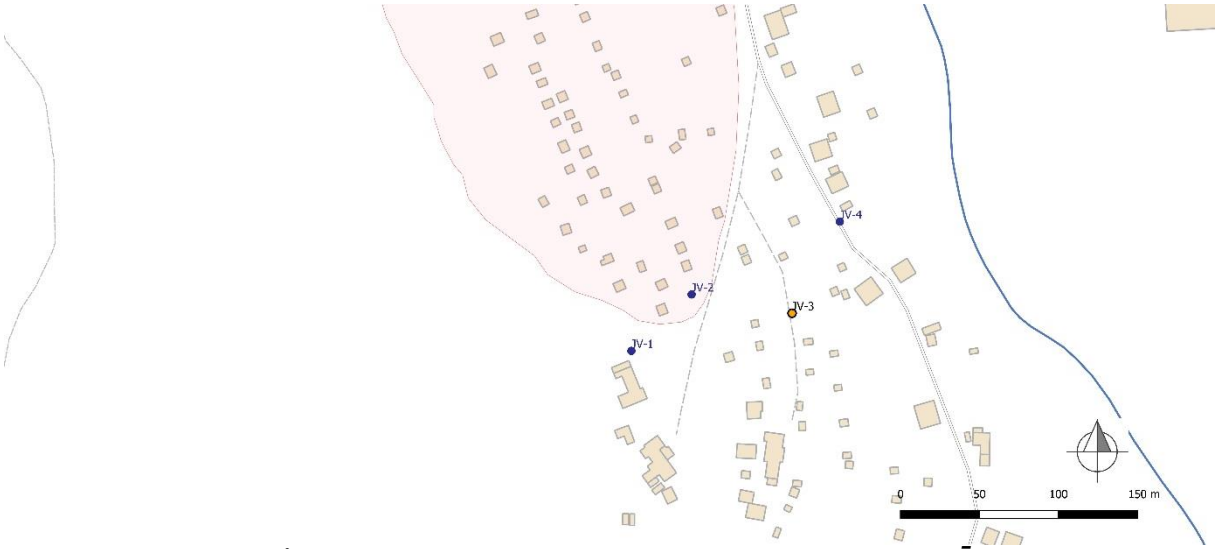


Obr. 4.14.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v období rokov 2012 až 2018.

b/ Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody

b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (tab. 4.14.1; ich situovanie je znázornené na obr. 4.14.4; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.14.3 a 4.14.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.14.4). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2017 a 2018, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.14.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.14.6.



Obr. 4.14.4. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrkou – situácia monitorovacích objektov hĺbky hladiny podzemnej vody; ohranič. zosuvov podľa Tupého et al. (2011b); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2017 bolo zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní. Merania sa vykonávali od 8. februára do 15. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte JV-2 (4,08 m pod terénom – 270,69 m n. m.) 1. marca. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 4,08 až 10,17 m pod terénom (JV-1). Ich výskyt bol rozložený do troch termínov. Počas februárového merania bola maximálna hladina nameraná vo vrte JV-3, následne počas prvého marcového merania vo vrtoch JV-1 a 2 a napokon 29. marca vo

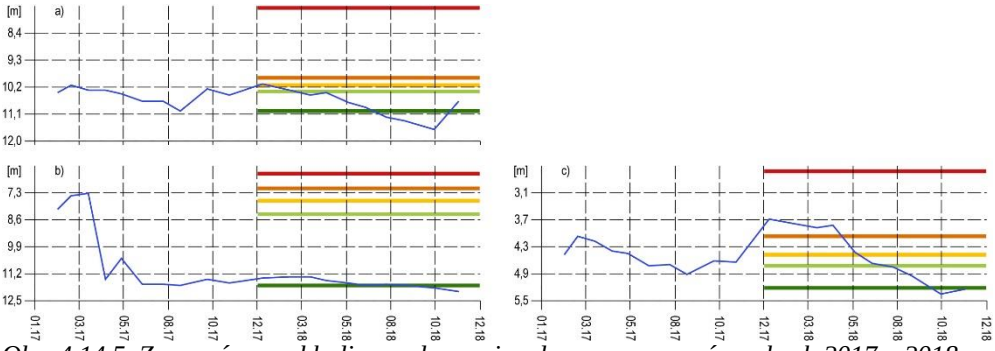
vrte JV-4. Najhlbšie podzemná voda klesla vo vrte JV-4. Jej minimálna hladina sa nachádzala na úrovni 11,76 m pod terénom (28. august). Uvedená minimálna hodnota predstavuje najhlbšiu nameranú hladinu podzemnej vody v danom vrte za monitorované obdobie (pod dlhodobým minimálnym stavom sa hladina nachádzala až počas 7 nasledujúcich termínov merania. Rovnako, dlhodobé minimum bolo prekročené i vo vrte JV-1. V tejto súvislosti je možné zaznamenaný pokles hladiny podzemnej vody pripísať budovanému odvodňovaciemu systému v spodnej časti svahu. Minimálne hladiny sa v monitorovaných vrtoch vyskytovali prevažne na konci augusta. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2017 dosiahla hĺbku 844 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles až o 0,72 m. Priemerné hĺbky sa v monitorovaných vrtoch pohybovali v rozsahu od 4,41 (vrt JV-3) do 10,48 m pod terénom (vrt JV-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JV-4 (4,4 m).

Tab. 4.14.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JV-1	10	10,17	279,39	01.03.17	11,01	278,55	28.08.17	10,48	279,08	0,84
JV-2	10	4,08	270,69	01.03.17	4,93	269,84	28.08.17	4,52	270,25	0,85
JV-4	10	7,36	248,13	29.03.17	11,76	243,73	28.08.17	10,33	245,16	4,40

Tab. 4.14.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JV-1	10	10,13	279,43	10.01.18	11,61	277,95	17.10.18	10,78	278,79	1,48
JV-2	10	3,69	271,08	10.01.18	5,35	269,42	17.10.18	4,46	270,31	1,66
JV-4	10	11,35	244,14	22.02.18	12,09	243,40	26.11.18	11,66	243,83	0,74

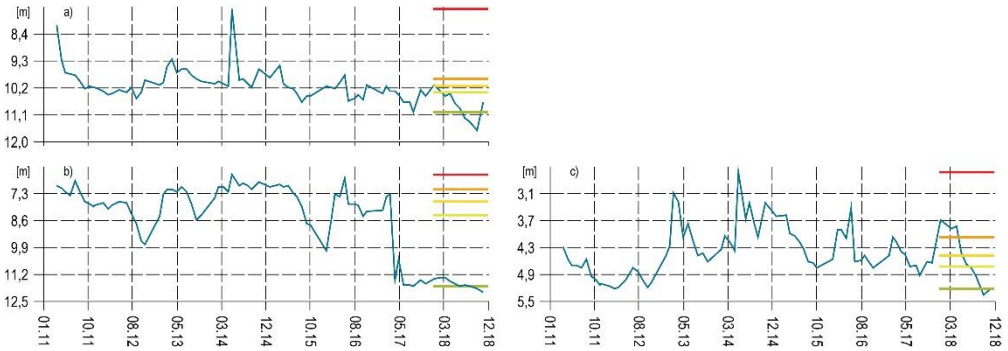


Obr. 4.14.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO). a – JV-1, b – JV-4, c – JV-2 (RO: 29. 3. 11 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, šedá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO

V aktuálne hodnotenom roku 2018 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa vykonávali v období 10. januára do – 26. novembra). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte JV-2 (3,69 m pod terénom – 271,08 m n. m.) počas 10. januára. V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody pohybovali od 10,13 (JV-1) až 11,35 m pod terénom (JV-4). Všetky maximálne stavy boli zaznamenané počas zimného obdobia. Naopak, najhlbšie boli hladiny podzemnej vody namerané jesennom období. Minimálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte JV-4 (12,09 m pod terénom – 26. november). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 8,97 m pod

terénom, ľo je oproti roku 2017 pokles o 0,52 m. Priemerné hĎbky v monitorovaných vrtoch sa pohybovali v rozsahu od 4,46 (vrt JV-2) do 11,66 m pod terénom (vrt JV-4). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JV-2 (1,66 m).

Z dlhodobých výsledkov režimových pozorovaní vyplýva, že priebeh hladiny podzemnej vody je ovplyvnený striedaním období s výdatnejšími zrážkovými úhrnmi s obdobiami s nižšími úhrnmi (obr. 4.14.6). Vo vrtoch JV-1, JV-2 a JV-4 boli najvyššie hladiny podzemnej vody poľas monitorovaného obdobia namerané v roku 2014. Jej najväčší vzostup bol pozorovaný vo vrte JV-1 (maximálna hladina bola pozorovaná 26. mája 2014), poľas ktorého hladina prekonala maximálny stav zo začiatku monitorovacieho obdobia. Naopak, v aktuálne hodnotenom roku 2018 boli prekročené dlhodobé minimálne stavy hladiny podzemnej vody, a to vo všetkých vrtoch.



Obr. 4.14.6. Dlhodobé (2011 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – JV-1, b – JV-4, c – JV-2 (RO: 29. 3. 11 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná poľas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĎbke hladiny podzemnej vody, nameranej poľas RO.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160 (obr. 4.9.6). Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.9 (lokalita Fintice).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou sú zabezpečované monitorovacie merania na severovýchodnom svahu v oblasti záhradkárskej kolónie. Merania sú zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a sledovanie zmien hĎbky hladiny podzemnej vody prostredníctvom automatického hladinomera a terénneho pozorovateľa.

V roku 2018, podobne ako v predchádzajúcom roku, boli na monitorovanom území zaznamenané relatívne priaznivé stabilitné pomery. Namerané vektory v sledovaných horizontoch len ojedinele prekročili hodnotu 1,0 mm. Orientované boli prevažne na severo-severovýchod až východ, ľiastoľne na juhozápad až západ a ojedinele i na juh.

Z výsledkov režimových pozorovaní vyplýva, že k vzostupu hladiny podzemnej vody došlo v zimnom období, a poľas jarných a letných mesiacov dochádzalo k jej poklesu. Vo vrtoch JV-1, JV-2 a JV-4 hladina podzemnej vody v ľase októbrového merania klesla pod minimálnu hladinu referenčného obdobia. Mierny nárast hladiny podzemnej vody bol dokumentovaný poľas posledného kontrolného merania v roku 2018.

Na základe nameraných výsledkov možno konštatovať, že monitorovaná ľasť zosuvného územia sa v roku 2018 nachádzala v relatívne stabilnom stave. V súvislosti so stabilitnou situáciou zosuvného územia treba spomenúť, že v druhej polovici roka 2016 v širšej oblasti

monitorovaného územia prebehli sanačné práce, zamerané na hĺbkové odvodnenie. Je možné predpokladať, že uvedený priaznivý stabilitný vývoj do určitej miery súvisí práve s vybudovaným sanačným opatrením.

Zároveň treba upozorniť, že monitorovacie aktivity sú vykonávané len v južnej oblasti rozsiahleho frontálneho zosuvu. Zo severnejších častí zosuvného územia nemáme k dispozícii žiadne relevantné výsledky, na základe ktorých by bolo možné posúdiť vývoj stabilitných pomerov.

Monitorovaný zosuv ohrozuje veľké množstvo, stavebných objektov, infraštruktúru, ale najmä obyvateľov ulice Pod Wilec Hôrkou. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú ďalej monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s projektom ĎMS – GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom – on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.15. Lokalita Okoliľné

Struľná charakteristika lokality

Zosuv sa nachádza na SV okraji mesta Liptovský Mikuláš a je súľasťou rozsiahleho zosuvného územia, ktoré sa v minulosti vyvinulo v súvislosti s laterálnou eróznou ľinnosťou rieky Váh. Monitorovaný zosuv je výsledkom nesprávneho antropogénneho zásahu pri realizácii odrezu v akumulačnej ľasti zosuvu. Monitorovacie merania sa na lokalite vykonávali krátkodobo počas prieskumov a sanácií (výnimkou sú iba geodetické merania, realizované priebežne už 44 rokov – od roku 1971); systematicky sa svah monitoruje od roku 1993. Detailnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia a najmä práce Fussgängera a Jadroňa (1977).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.15.1.

Tab. 4.15.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Okoliľné v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	2017	2018
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	J-1 automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanica SHMÚ: Lipt. Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi

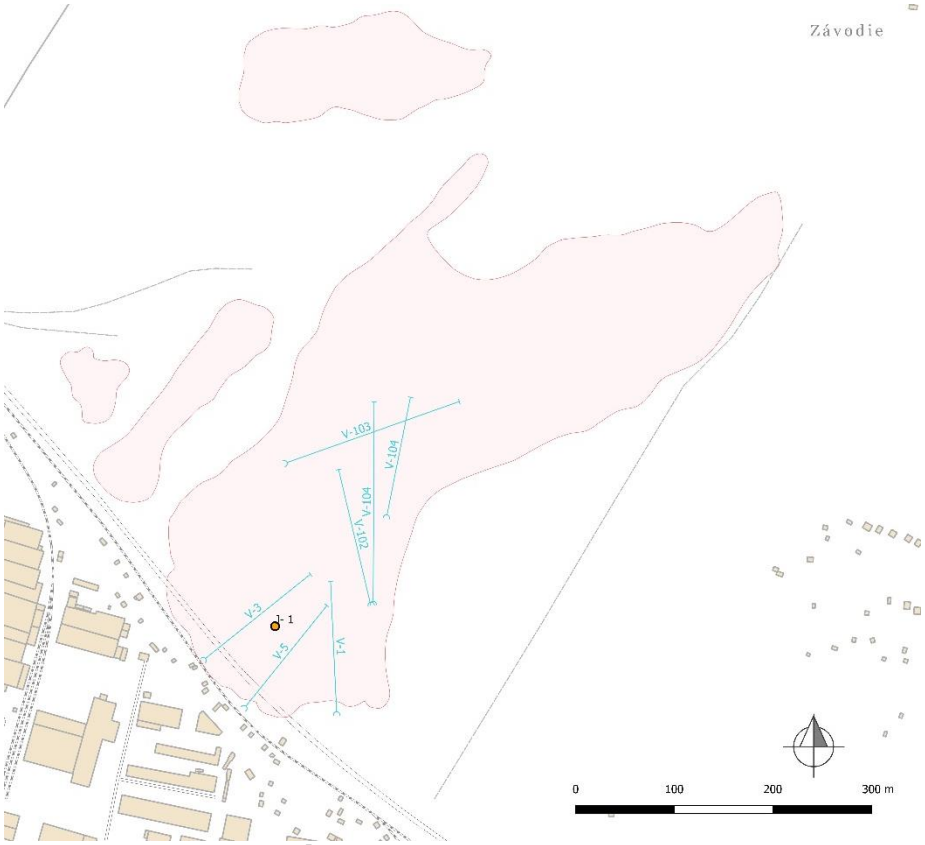
Na lokalite Okoliľné je automatický hladinomer umiestnený vo vrte J-1. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody bolo v rokoch 2017 a 2018 možné pozorovať nepretržite, resp. v hodinovom intervale.

V roku 2017 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 16. júna v hĺbke 4,73 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 603,34 m n. m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo teda k vzostupu o 0,95 m. Zmeny hladiny podzemnej vody sú odrazom relatívne pravidelných, periodicky sa opakujúcich ročných klimatických cyklov, vďaka čomu je možné každoročne sledovať približne rovnaký priebeh hladiny podzemnej vody. V porovnaní s inými piezometrickými vrtmi na lokalite je zaujímavosťou pomerne výrazné oneskorenie dosiahnutia maximálneho stavu, vždy spojeného s minimálnymi hodnotami teploty podzemnej vody, a naopak. Jarné topenie snehovej pokrývky, spojené so zrážkovou ľinnosťou sa teda prejavilo až v polovici júna. Približne s rovnakým oneskorením sa prejavil i jesenný vzostup hladiny podzemnej vody, súvisiaci so septembrovými a novembrovými zrážkami.

V roku 2017 boli minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané hneď na začiatku roka. Ich skutočná hodnota bola však hlbšia ako bol schopný zaznamenať automatický hladinomer, aktuálne inštalovaný v hĺbke cca 7 m pod terénom. Zo záznamu vyplýva, že hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku umiestnenia samotnej sondy až na konci februára. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 5,69 m pod terénom (602,38 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 vzostup o 0,97 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,24 m. V porovnaní s rokom 2016 došlo

k miernemu nárastu jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,02 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,01 m (čo je len 0,45 % celkovej amplitúdy zmien hĺbky hladiny podzemnej vody počas roka). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 6,07 m pod terénom, 2. kvartil 5,63 m pod terénom a 3. kvartil 5,02 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 8,9 °C 1. januára, naopak, najnižšia teplota (7,8 °C) bola zaznamenaná 17. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,35 °C.



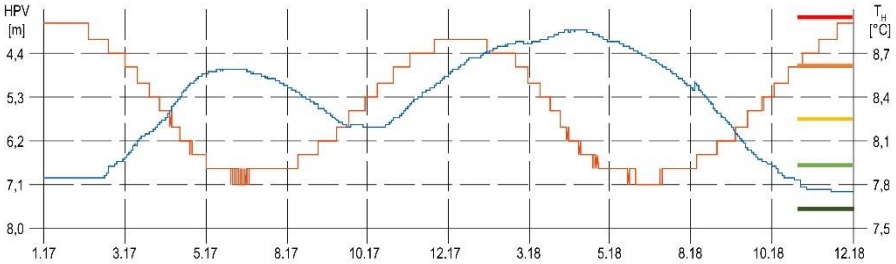
Obr. 4.15.1. Lokalita Okoličné – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (oranžový bod – piezometrický vrt s automatickým hladinomerom) a sanačných opatrení (modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Jadroňa (1980), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.15.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Okoličné v roku 2017

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-1	8760	4,73	603,34	16. 6. 17	6,97	601,10	1. 1. 17	5,69	602,38	2,24

V roku 2018 maximálna hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku 3,92 m pod terénom (604,15 m n. m.; 25. apríl – tab. 4.15.3), čo je v porovnaní s rokom 2017 vzostup o 0,81 m. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,27 m (600,80 m n. m.), bola dosiahnutá 27. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 5,21 m pod terénom (602,86 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,48 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,35 m. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 6,45 m pod terénom, 2. kvartil 4,66 m pod terénom a 3. kvartil 4,19 m pod terénom.

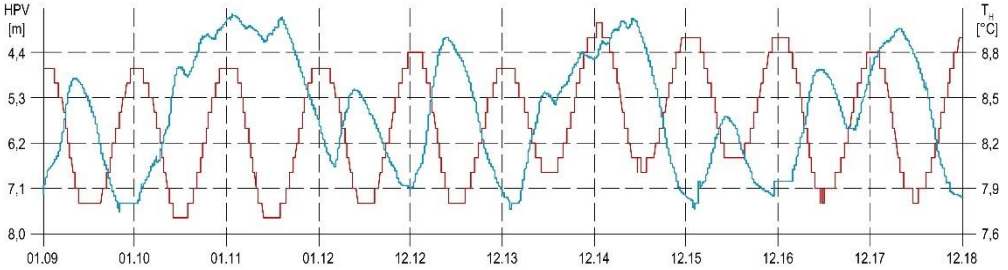
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 8,9 °C poľas 17. decembra, naopak, najnižšia teplota (7,8 °C) bola zaznamenaná 10. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,3 °C.



Obr. 4.15.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2017 a 2018, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Okoličné. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte J-1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznačené na ľavej strane grafu – štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od 6. novembra 2007 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás – minimálna hĺbka HPV, zelený pás – 1. kvartil, žltý pás – 2. kvartil, oranžový pás – 3. kvartil, červený pás – maximálna HPV.

Tab. 4.15.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Okoličné v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-1	8760	3,92	604,15	25.4.18	8,27	600,80	27.12.18	5,21	602,86	3,35



Obr. 4.15.3. Priebeh dlhodobých (2009 – 2018) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickým hladinomerom na lokalite Okoličné. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte J-1 (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia prevažne s ročným klimatickým cyklom (obr. 4.15.3). Hladina podzemnej vody vo vrte J-1 má mimoriadne pravidelný režim, maximálne stavy sa vyskytujú zvyčajne na konci prvej polovice roka. Výnimku tvorí rok 2010, kedy hladina podzemnej vody stúpala počas celého roka. Príčinou boli nadmerné úhrny zrážok, zaznamenané najmä počas mesiacov máj a jún. Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytujú prevažne na sklonku, prípadne v prvých mesiacoch kalendárneho roka. Vo vrte J-1 hladina podzemnej vody klesla najnižšie 4. novembra 2009.

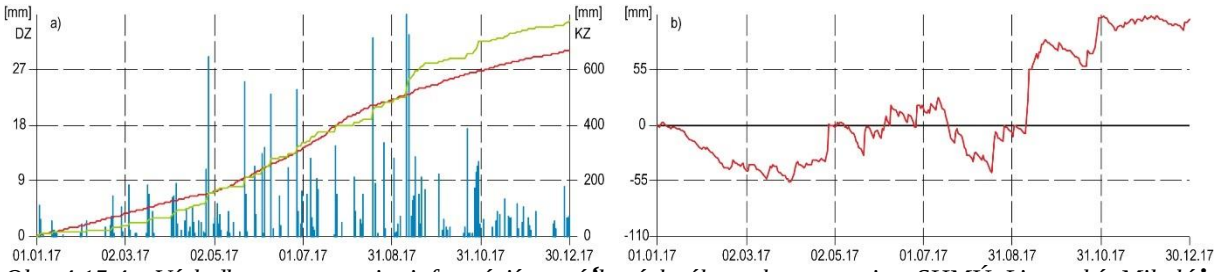
b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová s indikatívom 21130 (obr. 4.15.4a a 4.15.4b). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2017 predstavuje 671,1 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 923,9 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 56,2 mm a maximálny mesačný úhrn 206,8 mm

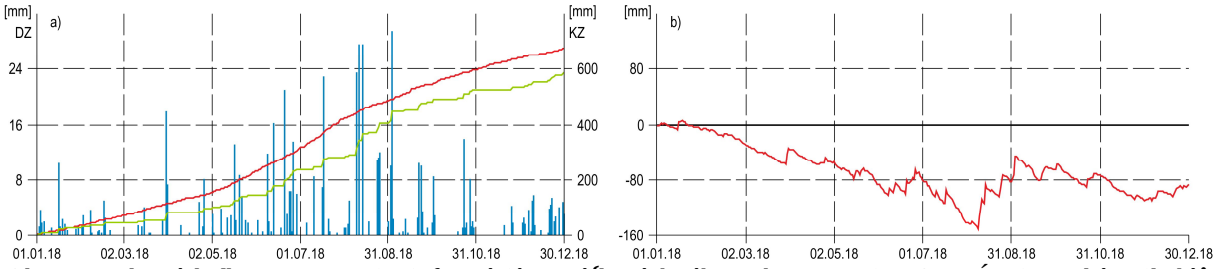
(máj 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 4. mája 2010 do 3. júna 2010) dosiahol 234,0 mm.

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 774,5 mm. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas septembra (140,5 mm) a najvyšší denný úhrn 11. septembra (36,0 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 13,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. augusta do 17. septembra (172,1 mm).

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 587,9 mm, čo zodpovedá 87,60 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas augusta (123,6 mm) a najvyšší denný úhrn 3. septembra (29,5 mm). Najsuchším mesiacom bol november s 7,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 4. augusta do 3. septembra (161,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 30. januára do 29. novembra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 7,6 mm.



Obr. 4.15.4a. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.



Obr. 4.15.4b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny v roku 2018 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Okoličné sa monitorovacie činnosti postupne zredukovali na sledovanie hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody v jedinom piezometrickom vrte, prostredníctvom automatického hladinomera. Piezometrické merania preukázali, že v roku 2018 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k vzostupu hladiny podzemnej vody. Kolísanie hladiny malo charakteristický sínusoidálny priebeh s maximálnou hladinou na konci jarného obdobia a minimálnou na v závere roka. Predpokladáme, že vo vrte J-1 je monitorovaná hladina podzemnej vody s hlbším obehom, čo potvrdzuje i vývoj zmien jej teploty.

Na základe terénnych rekognoskácií je ďalej možné pozorovať deformáciu v čele akumulácie zosuvu na línii nespevneného chodníka vedúceho popri trati a taktiež aj na odvodňovacom rigole, umiestnenom paralelne so železničnou traťou.

Väčším nedostatkom pozorovacej siete na lokalite Okoličné je vandalizmus a nevyhovujúci technický stav monitorovacích objektov. V tejto súvislosti boli pozastavené monitorovacie aktivity na viacerých objektoch (vrty vybudované ako viacúčelové – inklinometricko-piezometrické).

Vzhľadom na vysoký celospoločenský význam lokality, súvisiaci s trvalým ohrozením hlavnej železničnej trate, ktorá predstavuje spojnicu viacerých krajských miest, je i v nasledujúcom roku 2019 plánované zabezpečiť zber a analýzu údajov z hladinomera. V roku 2019 zároveň plánujeme v zosuvnej lokalite Okoličné obnoviť geodetické merania. V budúcnosti plánujeme merania pohybovej aktivity vykonávať s frekvenciou jednom meranie za dva roky.

1.4.16. Lokalita Červený Kameň

Stručná charakteristika lokality

Obec Červený Kameň leží v severnej časti Bielych Karpát. Monitorovacie práce sa sústreďujú do oblasti zosuvu, ktorý sa reaktivoval v jarnom období roku 2013. Ide o územie na severovýchodnom svahu, priľahlé v strednej časti obce, s rozmermi cca 110 krát 75 m (max. dĺžka a šírka – obr. 4.16.1). Počas prieskumu Fekete et al. (2014f in Šimeková et al., 2014) boli v zosuvnom území okrem protihavarijných opatrení vybudované 3 piezometrické vrty (KHG-1, 2 a 3) a jeden inklinometrický vrt (KIN-1).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Na zosuvnej lokalite boli v rokoch 2017 a 2018 realizované inklinometrické a režimové merania. Frekvencia meraní je zhrnutá v tab. 4.16.1.

Tab. 4.16.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Červený Kameň v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	1	KIN-1	2 *(5. október, 11. december)*	3 *(2. máj, 13. august, 30. december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	KHG-2 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanice SHMÚ: Horná Maríková (indikatív 26220), Lazy pod Makytou (indikatív 26260)	*Mesačné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite sú merania zabezpečené v jedinom inklinometrickom vrte (obr. 4.16.1). Hĺbka šmykovej plochy bola overená v hĺbke približne 3,5 m od ústia inklinometrickej pažnice (obr. 4.16.2). V roku 2017 boli zabezpečené dve meracie etapy. Počas prvej októbrovej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu posledných desiatich mesiacov bola na šmykovej ploche nameraná deformácia 6,04 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 7,24 mm.rok^{-1}. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo teda k pomerne výraznému spomaleniu pohybu po šmykovej ploche. Generálny smer deformácie na juhozápad bol však zachovaný. Počas poslednej relatívne krátkej etapy, ktorá trvala od októbra do decembra bol v sledovanej hĺbke nameraný prírastok deformácie 1,75 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 9,52 mm.rok^{-1}.

V roku 2018 sa pokračovalo tromi kontrolnými etapami – jar, leto a zima. Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná počas jarnej etapy, ktorá zachytáva obdobie od prvej polovice decembra 2017 do začiatku mája 2018. V hĺbke 2,8 m pod terénom, na výraznej šmykovej ploche, bola v tomto období nameraná deformácia s hodnotou 12,4 mm (priemerná rýchlosť – 31,88 mm.rok^{-1}), ktorej azimut bol orientovaný na severozápad (228°). Počas nasledujúceho augustového merania došlo k pomerne výraznému poklesu pohybovej aktivity (0,91 mm; 3,23 mm.rok^{-1}). Mierny nárast pohybovej aktivity bol zaregistrovaný pri decembrovom

meraním. Na šmykovej ploche, bol v období od polovice augusta do konca decembra nameraný vektor 2,44 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 5,71 mm.rok^{-1} (azimut ≈ 245)°. Výsledná deformácia v monitorovanom období (od októbra 2014 do decembra 2018) dosiahla 60,08 mm (14,04 mm.rok^{-1}).

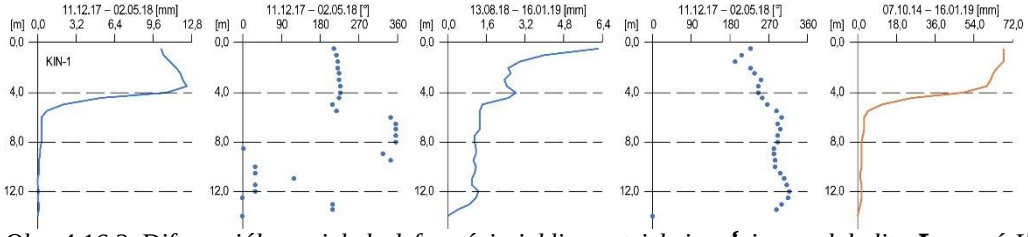
Tab. 4.16.2 Výsledky inklinometrických meraní na Červený Kameň v rokoch 2017 a 2018

Bod	Hĺbka	5. 12. 16 – 5. 10. 17			5. 10. 17 – 11. 12. 17			11. 12. 17 – 2. 5. 18			2. 5. 18 – 13. 8. 18			13. 8. 18 – 30. 12. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
KIN-1	2,80	44,40	6,04	229	45,73	1,75	269	58,12	12,40	228	57,74	0,91	114	60,08	2,44	245

CD – celková deformácia od nultého merania (7. 10. 14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



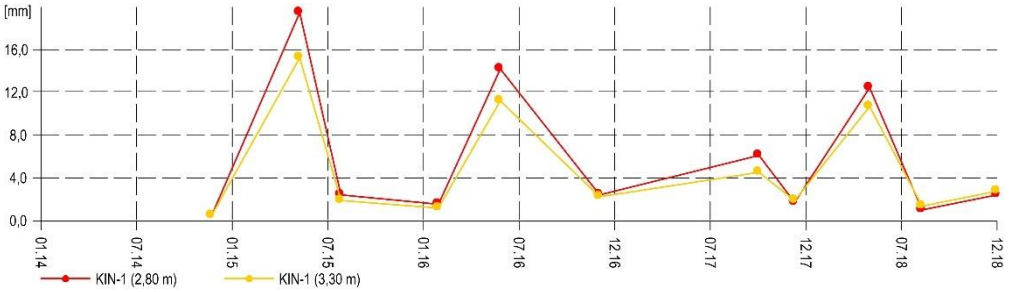
Obr. 4.16.1. Lokalita Červený Kameň – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.16.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m, oranžový bod – piezometrický vrt s automatickým hladinomerom); ohranič enie zosuvu podľa Sluku (2014 in Fekete et al. 2014f in Šimeková et al., 2014); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.16.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Červený Kameň (označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Vývoj deformácie znázornený na obr. 4.16.3 naznačuje, že v zosuvnej oblasti dochádza pomerne pravidelne v nárastu pohybovej aktivity. Najvyššia aktivita je spojená s jarným obdobím. Počas ostatných meraní boli zaznamenané výrazne nižšie hodnoty deformácie.

V obdobiach so zvýšenou aktivitou mali namerané vektory zhodne juhozápadný smer. V obdobiach s nižšou pohybovou aktivitou boli vektory orientované na rôzne svetové strany.



Obr. 4.16.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Červený Kameň v období rokov 2014 až 2018.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Červený Kameň sú automatickým hladinomerom zabezpečované merania vo vrte KHG-2. Počas hodnotených rokov 2017 a 2018 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

V roku 2017 bola maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 1,01 m pod terénom (378,21 m n. m.; 13. november), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,18 m. Pomerne vysoká hladina podzemnej vody bola viackrát nameraná i v období mesiacov február ï apríl. Postupne od konca apríla hladina podzemnej vody začala klesať. Priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017 má veľmi podobné čŕty s rokom 2016. Najmä relatívne náhla zostupná zmena hladiny začiatkom júna a následné veľmi výrazné kolísanie počas druhej polovice roka. Minimum s hĺbkou 6,04 m (373,18 m n. m.) bolo dosiahnuté 30. augusta (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,11 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 3,05 m pod terénom (376,17 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 pokles o 0,10 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 5,03 m. V porovnaní s vlaňajším rokom došlo k miernemu nárastu kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,53 m za deň, čím bola opätovne potvrdená pomerne vysoká dynamika zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v sledovanom vrte. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 2,57 m (čo je 51,09 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,18 m pod terénom, 2. kvartil 2,49 m pod terénom a 3. kvartil 2,04 m pod terénom. Z obr. 4.16.4b vyplýva, že priebeh hladiny podzemnej vody je priamo ovplyvňovaný klimatickými faktormi.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,7 °C 1. januára, naopak, najnižšia teplota (9,2 °C) bola zaznamenaná 9. mája. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,85 °C.

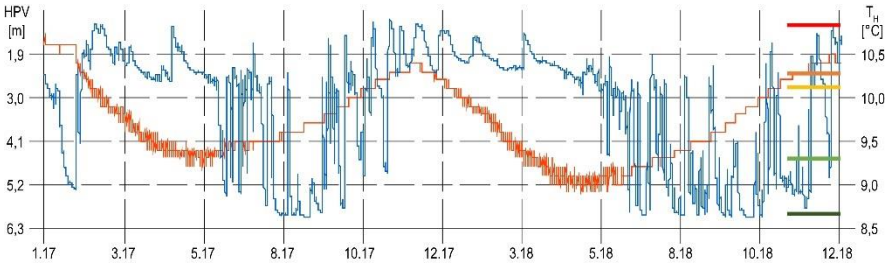
Tab. 4.16.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Červený Kameň v roku 2017

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
KHG-2	8760	1,01	378,21	13.11.17	6,04	373,18	30.08.17	3,05	376,17	5,03

V roku 2018 bola maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 1,15 m pod terénom (378,07 m n. m.; 24. december), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,14 m. Pomerne vysoká hladina podzemnej vody bola viackrát nameraná i v období mesiacov február ï marec. Postupne od konca marca hladina podzemnej vody začala klesať. Priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2018 má veľmi podobné čŕty s rokom 2017. Najmä

relatívne náhla zostupná zmena hladiny zaľiatkom júna a následné veľmi výrazné kolísanie počas druhej polovice roka. Minimum s hĺbkou 6,05 m (373,17 m n. m.) bolo dosiahnuté 8. októbra (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,01 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 3,45 m pod terénom (375,77 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2017 pokles o 0,40 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 4,90 m. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 5,12 m pod terénom, 2. kvartil 2,71 m pod terénom a 3. kvartil 2,14 m pod terénom.

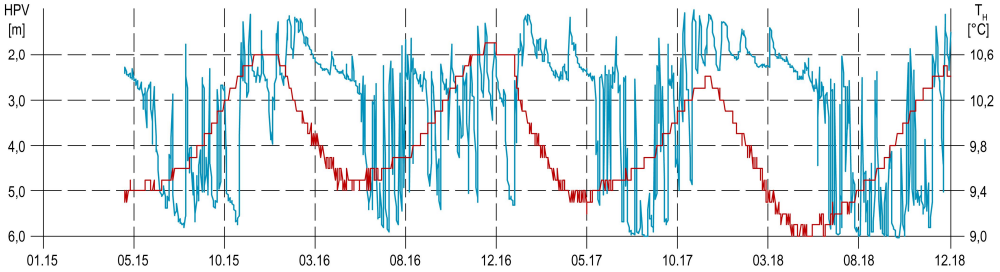
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,5 °C 21. decembra, naopak, najnižšia teplota (8,9 °C) bola zaznamenaná 24. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,6 °C.



Obr. 4.16.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2017 a 2018, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Červený Kameň. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte KHG-2. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznačené na ľavej strane grafu – štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od 12. mája 2015 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás – minimálna hĺbka HPV, zelený pás – 1. kvartil, žltý pás – 2. kvartil, oranžový pás – 3. kvartil, červený pás – maximálna HPV.

Tab. 4.16.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Červený Kameň v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
KHG-2	8760	1,15	378,07	24.12.18	6,05	373,17	08.10.18	3,45	375,77	4,90



Obr.4.16.5.Dlhodobé (2015 – 2018) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Červený Kameň. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte KHG-2. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; červená línia – teplota podzemnej vody.

Pri hodnotení dlhšieho časového úseku je možné sledovať, že hladina podzemnej vody vo vrte veľmi často mení svoju hĺbku. Predpokladáme, že príčinou je technický problém, súvisiaci so zabudovaním samotného vrtu. I napriek tejto skutočnosti teplota podzemnej vody má pomerne pravidelný sinusoidálny charakter. Najvyššia teplota je dosahovaná na konci jesenného a začiatku zimného obdobia a naopak, najnižšia teplota v letnom období. Táto skutočnosť vytvára určitý obraz o dopĺňaní podzemnej vody zrážkovými vodami, resp. retardácii v tomto procese. Aj keď pri interpretácii priebehu hladiny podzemnej vody narážame na určitú neistotu, spôsobenú intenzívnym kolísaním podzemnej vody vo vrte, je možné predpokladať, že minimálne stavy hladiny podzemnej vody sú spojené najmä s letným

obdobím. Do znaļnej miery to vģak závisí od klimatických pomerov. Celkovo vģak môģeme konģtatovaŠ, ģe hladina podzemnej vody vykazuje ļasté zmeny, ktoré trvajú veĎmi krátke obdobie. V tejto súvislosti sú zaznamenané najmä jej vzostupy. Treba ale poznamenaŠ, ģe kvalita nameraných údajov nie je úmerná technickému vybaveniu vrtu. ZároveŔ treba priznaŠ, ģe namerané výsledky sú do urļitej miery skreslené.

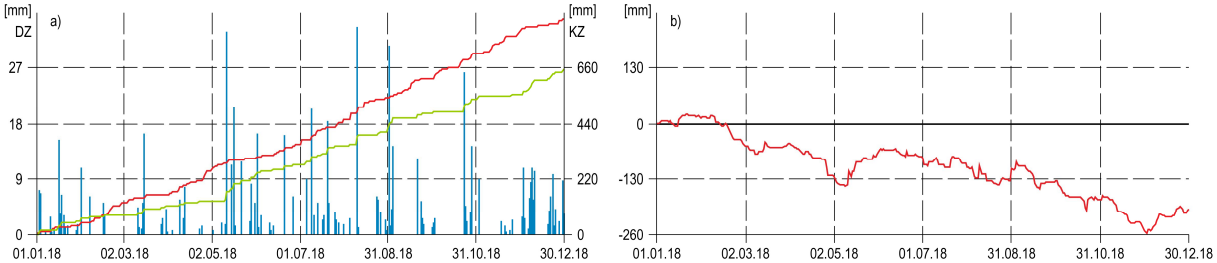
Maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná 13. novembra 2017 s hĐbkou 1,01 m pod terénom. Ide o najvyģģiu úroveŔ hladiny podzemnej vody poļas monitorovaného obdobia. Opaļným príkladom je rok 2018, ktorý je moģné vyhodnotiŠ ako Ănajsuchģíñ ï s najniģģou priemernou úrovŔou hladiny podzemnej vody.

c/ Merania zráģkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplŔujú údaje o zráģkach, preberané zo stanice SHMÚ Ļervený KameŔ s indikatívom 27100 (obr. 4.16.6). Informácie o zráģkach sme zaļali preberaŠ od roku 2016.

V roku 2017 roļný zráģkový úhrn predstavoval 838,2 mm, ļo je o 27,7 mm menej ako v roku 2016. V roku 2017 bol najvyģģí mesaļný úhrn nameraný poļas septembra (118,2 mm) a najvyģģí denný úhrn 17. septembra (34,4 mm). Najsuchģím mesiacom bol január s 26,0 mm zráģok. TridsaŠdŔové kumulatívne zráģky dosiahli maximum v období od 10. septembra do 10. októbra (147,6 mm) a naopak, poļas najsuchģieho tridsaŠdŔového obdobia (od 6. mája do 5. júna), sumárny zráģkový úhrn dosiahol 11,5 mm.

V roku 2018 dosiahol roļný zráģkový úhrn 653,2 mm, ļo zodpovedá 76,66 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veĎmi suchý rok. Najvyģģí mesaļný úhrn bol nameraný poļas decembra (99,5 mm) a najvyģģí denný úhrn 10. augusta (33,7 mm). Najsuchģím mesiacom bol november s 15,7 mm zráģok. TridsaŠdŔové kumulatívne zráģky dosiahli maximum v období od 6. mája do 5. júna (117,5 mm) a naopak, poļas najsuchģieho tridsaŠdŔového obdobia (od 7. februára do 9 marca) sumárny zráģkový úhrn dosiahol 8,2 mm.



Obr. 4.16.6. Výsledky spracovania informácií o zráģkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Ļervený KameŔ (indikatív 27100); a ï denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zráģkové úhrny v roku 2018 (modrá ï denné úhrny atmosférických zráģok, zelená ï kumulatívne denné úhrny atmosférických zráģok v roku 2018, Ļervená ï kumulatívne denné priemery atmosférických zráģok za obdobie rokov 2015 ï 2017); b ï prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zráģok v roku 2018.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V intraviláne obce Ļervený KameŔ sú zabezpeļované monitorovacie merania na juhozápadnom svahu priamo v zastavanom území obce. Merania sú primárne zamerané na sledovanie pohybovej aktivity na úrovni ģmykovej plochy metódou presnej inklinometrie a zároveŔ sú sledované zmeny hĐbky hladiny podzemnej vody v piezometrickom vrte prostredníctvom automatického hladinomera.

V roku 2018 boli na lokalite zabezpeļené tri etapy inklinometrických meraní. Z nameraných výsledkov vyplýva, ģe aktívna ģmyková plocha sa nachádza v hĐbke cca 3,5 m (pod ústím paģnice). Aktivita na ģmykovej ploche, v porovnaní s rokom 2017, výrazne vzrástla, a to najmä v období od decembra 2017 do mája 2018. Pri nasledujúcich kontrolných etapách

v auguste a decembri bol pozorovaný pokles pohybovej aktivity. Vektor nameraný počas jarného merania dosiahol 12,4 mm. Azimuty jednotlivých vektorov boli orientované prevažne na juhozápad, ojedinele na východ až juhovýchod. Výsledná deformácia inklinometrickej pažnice na úrovni šmykovej plochy, po poslednom decembrovom meraní, vzrastala na hodnotu 60,08 mm.

Automatickým hladinomerom boli sledované zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte KHG-2. Veľmi výrazné zmeny jej úrovne naznačujú, že pri zabudovaní vrtu došlo k prepojeniu viacerých zvodnených horizontov. Na základe priebehu hladiny podzemnej vody predpokladáme, že do monitorovacieho objektu nateká voda z plytších horizontov, resp. ide o prítok hypodermických vôd, vďaka čomu vzniká falošný obraz o jej náhlych a mimoriadne intenzívnych zmenách.

Monitorovaný zosuv ohrozuje viacero stavebných objektov, dôležitú cestnú komunikáciu, ale najmä obyvateľov obce Červený Kameň. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú ďalej monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s projektom ĽMS – GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom – on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.17. Lokalita ńaļov

Struļná charakteristika lokality

Zosuv, ktorý sa inicioval v roku 2010, sa nachádza v obci ńaļov, na úpätí svahu (s kótou 486,3 m n. m.) a je potenciálnou hrozbou pre zástavbu domov, hospodárskych budov a priČahlých plôch na Ľavej strane ńaļovského potoka (obr. 4.17.1). Ide o svahovú poruchu frontálneho charakteru. V postihnutom území sa vyskytujú samostatné menģie parciálne prúdové zosuvy, ako aj deformácie blokového charakteru.

Monitorovacie práce sa vykonávajú na vybudovanej sieti inklinometrických a piezometrických vrtov. Bliģģie informácie o lokalite sú súļasŠou správy z prieskumu (Tupý et al., 2010b), ako i monitorovania za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

PrehĽad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, poļty a oznaļenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutoļnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.17.1.

Tab. 4.17.1. PrehĽad monitorovacích aktivít, uskutoļnených na lokalite ńaļov v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Poļet uskutoļnených meraní *(dátum merania)*	
	Poļet	Oznaļenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	3 *(2017)* 2 *(2018)*	DA-1[1], 7, 9	1 ï 2 *(19. apríl, 25. apríl, 18. október)*	1 ï 2 *(18. máj, 3. december)*
Meranie hĽbky hladiny podzemnej vody	3	DA-5, DA-8, DA-10	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Meranie zráģkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Lipany (indikatív 59100)	*Denné úhrny zráģok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateĽov za roky 2017 a 2018 a za dlhģie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite bolo v roku 2010 vybudovaných viacero inklinometrických vrtov, z ktorých sa v súļasnosti monitorujú prevaģne vrty DA-7 a DA-9. Vrty sú situované severovýchodnej ļasti obce a sledujú pohybovú aktivitu parciálneho aktívneho zosuvu (obr. 4.17.1).

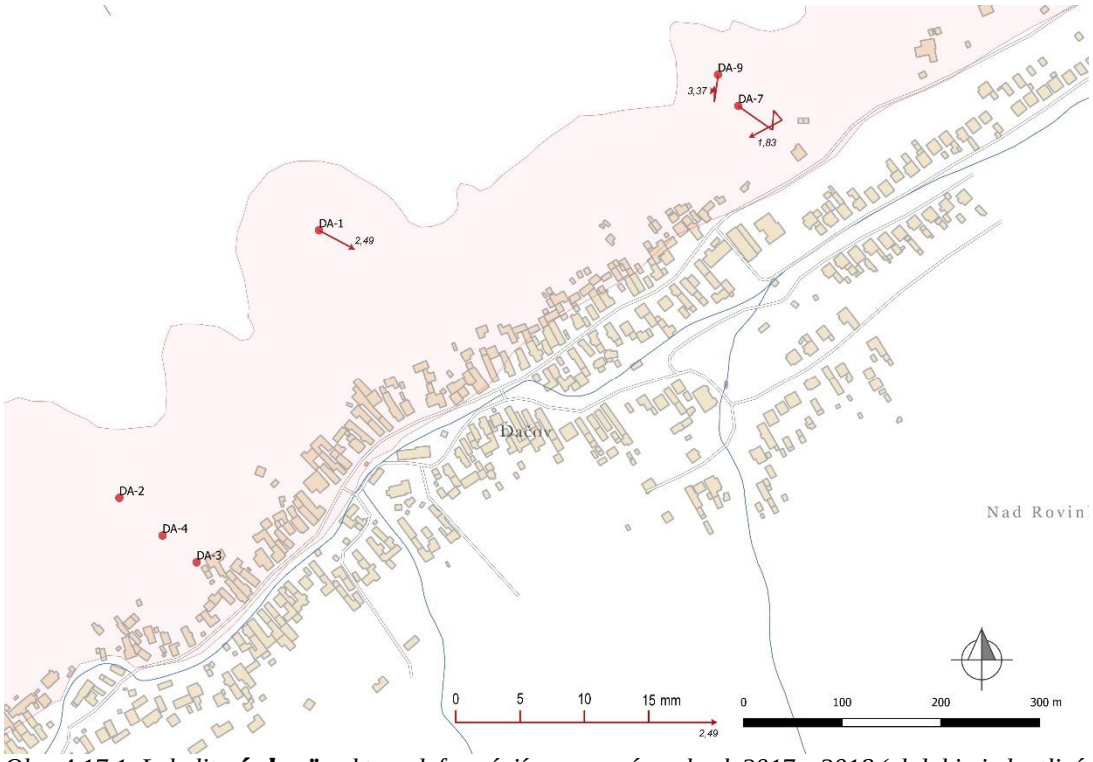
V roku 2017 boli na vybratých (pohybovo aktívnejģích) vrtoch DA-1, DA-7 a DA-9 realizované jedna aģ dve etapy meraní (tab. 4.17.2). Prvá etapa bola zabezpeļená v apríli a druhá októbri. Z nameraných údajov vyplýva, ģe najvyģšia pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte DA-7. V apríli, po päŠmesaļnom období, bola v tomto vrte nameraná deformácia 2,8 mm, ļo predstavuje priemernú rýchlosŠ 6,40 mm.rok^{-1}. Azimut nameraného vektora bol orientovaný na juhovýchod, teda v smere spádnice svahu. Príbuzné hodnoty etapovej deformácie a azimutu boli zaznamenané aj vo vrte DA-1, ktorý sa nachádza v odluļnej oblasti frontálneho zosuvu.

Poļas jesennej etapy, ktorá bola zabezpeļená v druhej polovici októbra, boli merania realizované vo vrtoch DA-7 a DA-9. Vo vrte DA-7 doģlo na oboch sledovaných ģmykových plochách k miernemu poklesu deformácií (v hĽbke 1,85 m pod terénom bol nameraný vektor

1,3 mm, ľo vzhľadom na dĺžku etapy, predstavuje priemernú rýchlosť 2,61 mm.rok^{-1}). Vo vrte DA-9, ktorý sa nachádza vyššie vo svahu, bola v hĺbke 3,39 m pod terénom nameraná deformácia 1,84 mm (3,69 mm.rok^{-1}).

V roku 2018 boli zabezpečené dve kontrolné etapy (máj a december) a merania sa vykonávali vo vrtoch DA-7 a DA-9. Najväčší etapový vektor bol nameraný počas jesennej etapy vo vrte DA-7. V hĺbke 1,83 m pod terénom bol v období od 18. mája do 3. decembra nameraný prírastok deformácie s hodnotou 2,22 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,07 mm.rok^{-1} (azimut ≈ 242°). V predchádzajúcej jarnej etape prírastok deformácie dosiahol 0,85 mm (1,46 mm.rok^{-1}). Vo vrte DA-9 bola vyššia deformácia nameraná počas májového merania (1,03 mm; 1,77 mm.rok^{-1}).

Výsledné deformácie v jednotlivých vrtoch je možné hodnotiť len do apríla 2017. Práve počas tohto termínu došlo k výmene meracej sondy, čo si vyžiadalo realizáciu nultého merania na všetkých vrtoch. Za monitorované obdobie od 7. novembra 2011 do 19. apríla 2017 dosiahla výsledná deformácia najväčšiu hodnotu vo vrte DA-7 ≈ 52,23 mm.

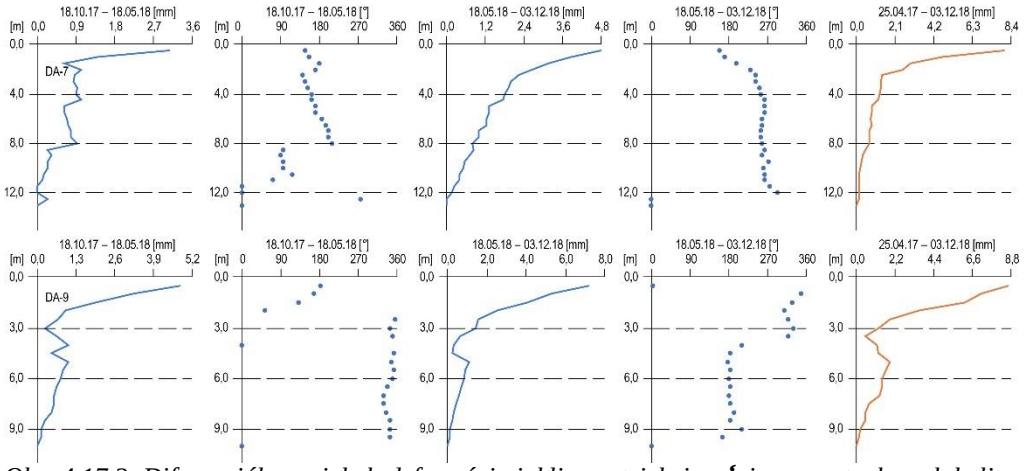


*Obr. 4.17.1. Lokalita **Ňaľov** – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.17.2; **čísla** zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú **hĺbku** zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.*

*Tab. 4.17.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite **Ňaľov** v rokoch 2017 a 2018*

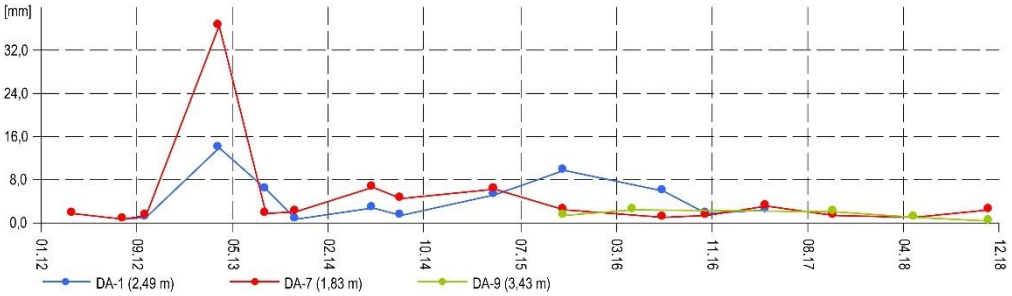
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	11. 11. 16 – 19. 4. 17			25. 4. 17 – 18. 10. 17			18. 10. 17 – 18. 5. 18			18. 5. 18 – 3. 12. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
DA-1	2,47	25,51	2,40	118									
DA-1	8,97	0,86	0,20	45									
DA-7	1,83	52,23	2,80	125	1,30	1,30	3	0,89	0,85	139	1,40	2,22	242
DA-7	3,83	15,98	2,69	85	1,17	1,17	11	0,60	1,00	160	1,17	1,75	263
DA-7	7,33	3,07	1,10	75	0,94	0,94	38	0,14	0,92	209	0,70	0,81	257
DA-9	3,37				1,84	1,84	188	0,82	1,03	1	1,12	0,30	210
DA-9	6,37				1,14	1,14	195	0,82	0,58	331	1,30	0,58	179

CD – celková deformácia od nultého merania (7. 12. 11 – vrt: DA-1 a DA-7 [platí do roku 2017]; 25. 4. 17 – vrt DA-7 a DA-9 [platí po roku 2017]); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.17.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite ťažlov (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Z dlhodobejšieho pohľadu má zmysel hodnotiť deformácie namerané vo vrte DA-7, v ktorom bolo možné v minulosti identifikovať hĺbku šmykovej plochy. Najväčší etapový vektor bol nameraný v apríli 2013 v hĺbke 1,83 m pod terénom. Etapová deformácia dosiahla 36,6 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 69,6 mm.rok^{-1}.



Obr. 4.17.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite ťažlov v období rokov 2012 až 2018.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

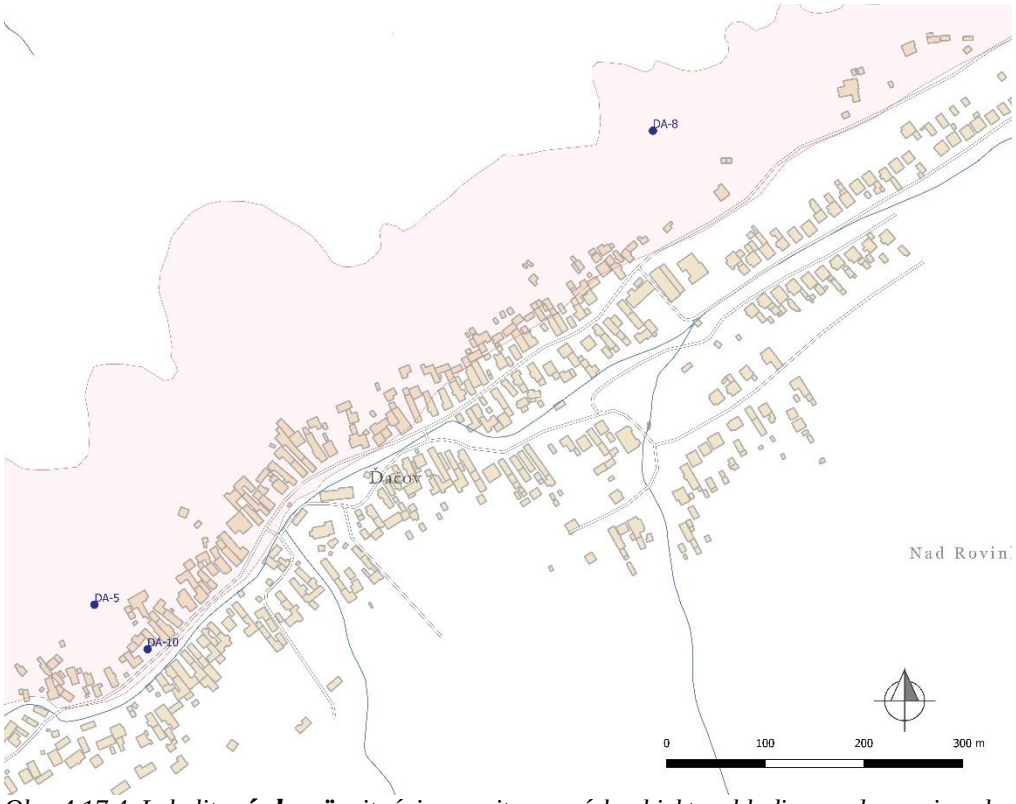
Na lokalite ťažlov sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (tab. 4.17.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.17.3 a 4.17.4). Situovanie monitorovacích objektov v zosuvnom území je znázornené na obr. 4.17.4 a priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2017 a 2018 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.17.5.

Tab. 4.17.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite ťažlov v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
DA-10	10	0,25	429,81	24.05.17	1,02	429,04	08.02.17	0,65	429,41	0,77
DA-5	10	0,00	442,11	01.03.17	2,76	439,35	08.02.17	1,52	440,59	2,76
DA-8	10	7,12	429,69	01.03.17	12,16	424,65	28.08.17	10,66	426,15	5,04

V roku 2017 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (od 8. februára do 15. novembra). Najvyššia hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte DA-5 (na úrovni

terénu ï 442,11 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 1. marca. V rovnakom termíne bola nameraná maximálna hladina podzemnej vody i vo vrte DA-8. V blízkosti terénu bola nameraná hladina podzemnej vody aj vo vrte DA-10 (0,25 m pod terénom; 429,81 m n. m.). Interval maximálnych stavov hladiny podzemnej vody teda predstavoval hodnoty od 0,00 do 7,12 m pod terénom (DA-8). Z obr. 4.17.5 vyplýva, ģe vo vrtoch maximálna hladiny dosiahla, resp. prekroļila doteraz najvyģģie stavy podzemnej vody.



Obr. 4.17.4. Lokalita ńaļov ï situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody; mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.17.4. Výsledky merania hĐbky hladiny podzemnej vody na lokalite ńaļov v roku 2018

Bod	Poļet meraní	Max. úroveŕ hpv			Min. úroveŕ hpv			Priem. úroveŕ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
DA-10	10	0,29	429,77	10.01.18	1,11	428,95	17.10.18	0,75	429,31	0,82
DA-5	10	0,10	442,01	28.03.18	3,08	439,03	26.11.18	1,76	440,35	2,98
DA-8	10	10,20	426,61	22.02.18	11,93	424,88	17.10.18	11,07	425,74	1,73

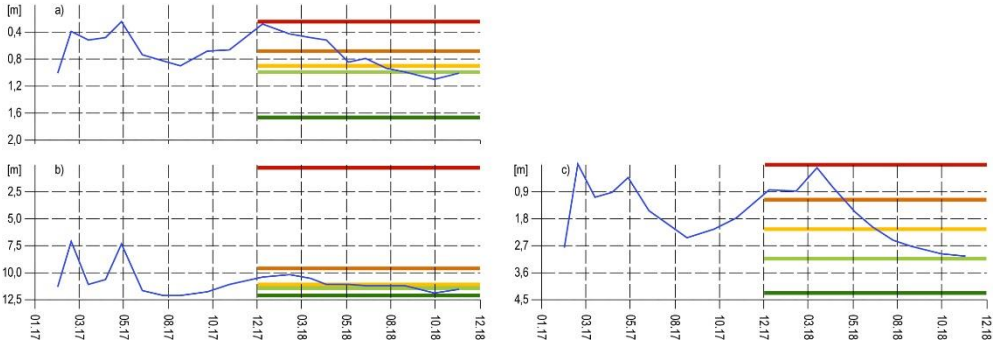
Minimálne hladiny podzemnej vody boli dosiahnuté poļas prvého merania v roku ï 8. februára (DA-5 a 10), resp. 28. augusta (DA-8). Vrty DA-5 a DA-10 sa nachádzajú v západnej ļasti a vrt DA-8 vo východnej ļasti obce. Rozsah minimálnych hladín sa pohyboval od 1,02 (DA-10) do 12,16 m pod terénom (DA-8).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĐbku 4,28 m pod terénom, ļo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,54 m. Priemerné hĐbky sa pohybovali v rozsahu od 0,65 (vrt DA-10) do 10,66 m pod terénom (vrt DA-8). Najvýraznejģie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte DA-8 (5,04 m).

V aktuálne hodnotenom roku 2018 sa pokraļovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpeļených bolo 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 10. januára do 26. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte DA-10 (0,10 m pod terénom ï 442,01 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 28. marca. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale

0,10 až 10,2 m pod terénom (DA-8) a vyskytovali počas zimného a začiatku jarného obdobia. Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody už dlhodobo nachádza vo vrte DA-8 (v roku 2018 dosiahla jej minimálna hladina 11,93 m pod terénom – 10. október). V ostatných vrtoch sa minimálne hladiny podzemnej vody pohybovali od 1,11 (DA-10) do 3,08 m pod terénom (DA-5). Výskyt minimálnych stavov bol spojený s jesenným obdobím.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 4,52 m pod terénom, čo je oproti roku 2017 pokles o 0,24 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v intervale od 0,75 (DA-10) do 11,07 m pod terénom (vrt DA-8). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte DA-5 (2,98 m).



Obr. 4.17.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Čaňov, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – DA-10 (RO: 27. 4. 11 – 15. 11. 17), b – DA-8 (RO: 26. 5. 11 – 15. 11. 17), c – DA-5 (RO: 27. 4. 11 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

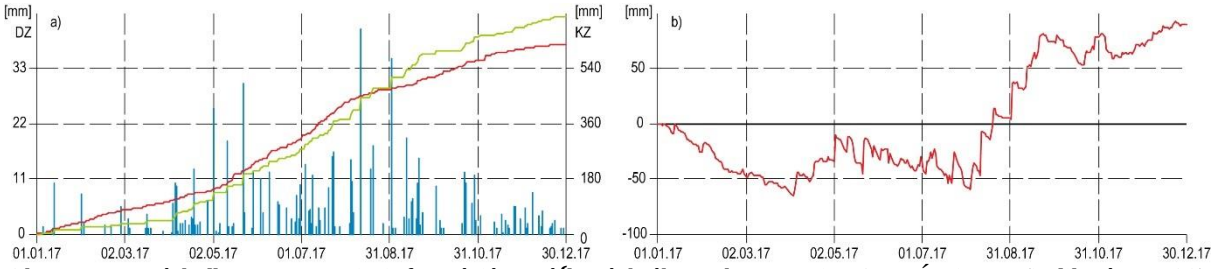
Z dlhodobého hľadiska bolo najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody vo vrtoch namerané v roku 2013. Hladiny podzemnej vody vo vrtoch DA-10 a DA-5 zaznamenali rekordné úrovne v roku 2017. Vo vrte DA-10 bola nameraná najvyššia hodnota (0,25 m pod terénom) počas májového merania v roku 2017. A podobne, spomenuté maximum hladiny podzemnej vody vo vrte DA-5 (na úrovni terénu) z 1. marca predstavuje najvyššiu hladinu podzemnej vody za obdobie monitoringu.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Lipany s indikatívom 59100 (obr. 4.17.6). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2017 predstavuje 618,9 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 754,8 mm (rok 2014); priemerný mesačný úhrn 51,5 mm a maximálny mesačný úhrn 175,1 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 24. júna 2014 do 24. júla 2014) dosiahol 176,4 mm.

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 672,8 mm. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas septembra (109,4 mm) a najvyšší denný úhrn 12. augusta (40,7 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 11,7 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 3. augusta do 2. septembra (138,8 mm).

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 503,3 mm, čo zodpovedá 81,32 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júna (121,6 mm) a najvyšší denný úhrn 13. júna (29,0 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 6,8 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 11. júna do 11. júla (125,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 29. decembra do 28. januára) sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 5,8 mm.



Obr. 4.17.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Lipany (indikatív 59100); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite ň aľ ov sú monitorovacie ľ innosti zmerané na hodnotenie stabilitného stavu, a to priamymi meraniami pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie, ako aj nepriamymi meraniami, založenými na sledovaní hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody.

V posledných rokoch sa merania vykonávajú na upravenom súbore inklinometrických vrtov. Týmto krokom malo dôjsť k optimalizácii inklinometrických meraní; nespoľ ahlivé vrty, ktoré nepodávali jednoznaľ né výsledky boli z monitorovacích meraní vylúľ ené. V roku 2018 bol merania zabezpeľ ené vo vrtoch DA-7 a DA-9 poľ as jarnej a jesennej etapy. V oboch vrtoch prevládali etapové prírastky deformácie do 1 mm, len vo vrte DA-7 bol v období od mája do decembra, relatívne plytko pod terénom, nameraný vektor 2,22 mm.

Hladiny podzemnej vody zaznamenali vzostup v zimných, resp. v jarných mesiacoch. Vo vrtoch DA-10 a DA-5 sa maximálne hladiny priblížili k úrovni terénu. Celkovo v porovnaní s predchádzajúcim rokom však došlo k miernemu zostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Treba však upozorniť na nízku frekvenciu režimových meraní, vďaka ľ omu nie je možné sledovať závislosť medzi zrážkovými úhrnmi a hladinou podzemnej vody. Pre získanie presnejšieho obrazu o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody by bolo nutné vybaviť vrty automatickými hladinomermi. Táto požiadavka sa týka najmä vrtu DA-8, ktorý sa nachádza v najaktívnejšej oblasti.

V roku 2019 plánujeme pokraľ ovať v režimových pozorovaniach (cca 10 krát roľ ne) a inklinometrických meraniach (1 až 2-krát za rok).

1.4.18. Lokalita Bardejovská Zábava

Stručná charakteristika lokality

Zosuv, ktorý vznikol v roku 2010 v Bardejove, v mestskej časti Bardejovská Zábava, ohrozuje zástavbu rodinných domov (obr. 4.18.1). Zosuv má prúdový tvar s rozmermi 20 m (šírka) krát 40 m (dĺžka) a je súčasťou rozsiahlejšieho zosuvného územia. Monitorovacie merania sa vykonávajú na monitorovacej sieti, ktorá bola na lokalite vybudovaná v rámci geologických a sanačných prác (Havlo et al., 2010 a Havlo, 2012). Bližšie informácie o zosuve sú súčasťou správy z prieskumu (Havlo et al., 2010) a monitorovacej správy za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.18.1.

Tab. 4.18.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2017 a 2018

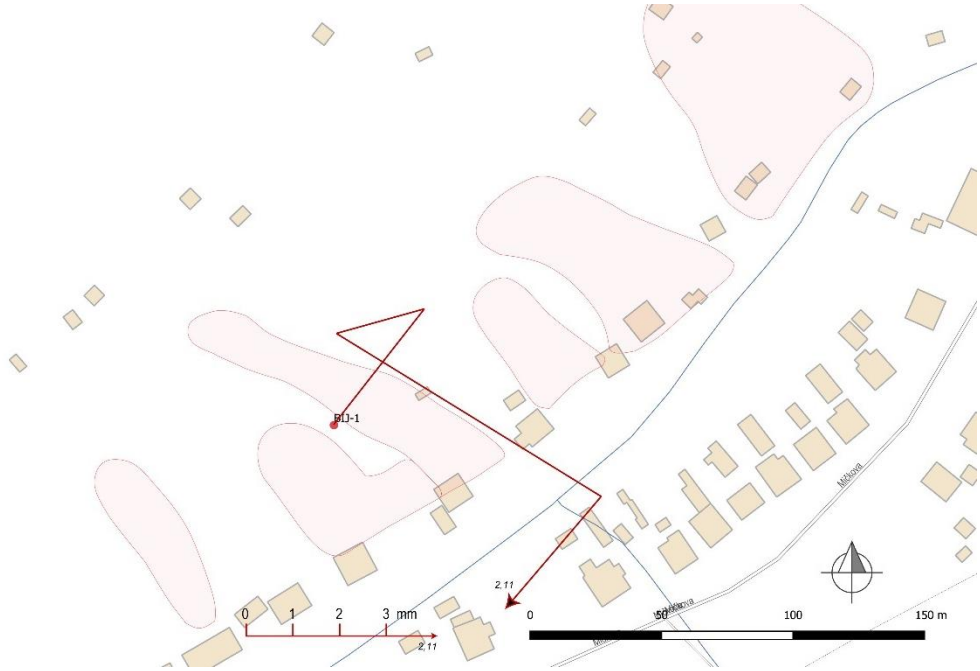
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	1	BIJ-1	2 *(2. máj, 17. október)*	2 *(18. máj, 5. december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	BHJ-1, BHJ-3	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Merania zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Bardejov (indikatív 49120)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite v katastri obce Bardejovská Zábava sa nachádza jeden inklinometrický vrt BIJ-1. Monitorovaný je od decembra 2011. V roku 2017 sa pokračovalo dvoma etapami – jarnou a jesennou. Počas májovej etapy, ktorá charakterizuje sedemmesačné obdobie, došlo v sledovanej hĺbke 2,11 m pod terénom k deformácii 1,49 mm (3,47 mm.rok^{-1}) s orientáciou na severovýchod. V hlbšom horizonte, na úrovni 11,61 m pod terénom, bola nameraná deformácia len 0,1 mm (0,18 mm.rok^{-1}) so severozápadným azimutom. Počas októbrového merania v horizonte 2,11 m pod terénom, veľkosť vektoru mierne klesla (1,21 mm; 2,62 mm.rok^{-1}) a jeho orientácia sa zmenila na juhozápad. V hlbšom horizonte bol pozorovaný mierny nárast deformácie a zmena azimutu na západ. Celkove možno konštatovať, že v oblasti monitorovacieho vrtu boli v roku 2017 zaznamenané relatívne nízke hodnoty pohybovej aktivity.

V roku 2018 došlo v porovnaní s predchádzajúcim obdobím k nárastu pohybovej aktivity v oboch sledovaných horizontoch. V hĺbke 5,61 m pod terénom, na hlavnej šmykovej ploche, bol v období od 17. október 2017 do 18. máj 2018 nameraný prírastok deformácie s hodnotou 4,27 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť 7,32 mm.rok^{-1}; azimut ú 119°). Na plytšej šmykovej ploche, v hĺbke 2,11 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 4,11 mm (priemerná rýchlosť ú 7,05 mm.rok^{-1}; azimut ú 122°). Dlhodobá deformácia (za obdobie rokov 2017 až 2018) nameraná na šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m pod terénom dosiahla 5,52 mm, čo v prepočte na priemernú rýchlosť prestavuje 1,6 mm.rok^{-1}.

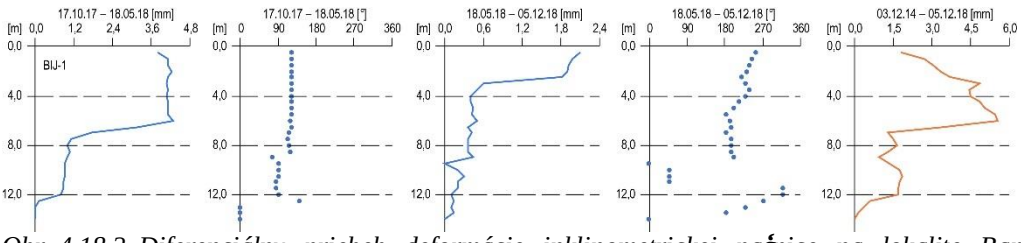


Obr. 4.18.1. Lokalita Bardejovská Zábava ú vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.18.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.18.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2017 a 2018

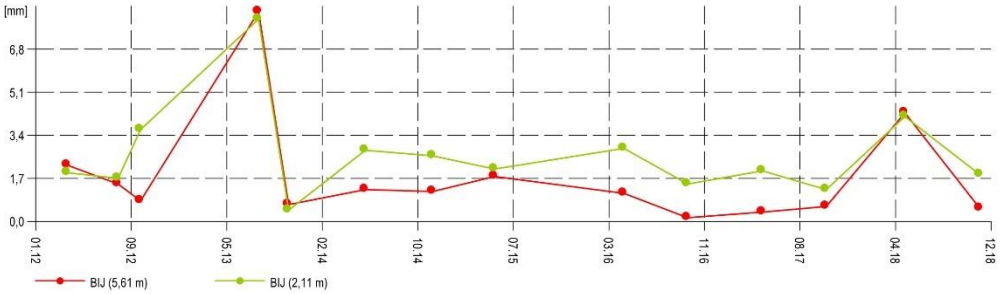
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	10. 10. 16 ú 2. 5. 17			2. 5. 17 ú 17. 10. 17			17. 10. 17 ú 18. 5. 18			18. 5. 18 ú 5. 12. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
BIJ-1	2,11	2,50	1,94	38	1,52	1,21	254	4,26	4,11	122	3,71	1,82	221
BIJ-1	5,61	2,28	0,32	122	1,77	0,57	275	5,52	4,27	119	5,56	0,50	193
BIJ-1	11,61	1,49	0,10	320	2,00	0,85	275	1,58	0,78	90	1,68	0,10	320

CD ú celková deformácia od nultého merania (2. 12. 14); ED ú etapová deformácia; A ú azimut etapového vektora.



Obr. 4.18.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Bardejovská Zábava (označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia ú etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body ú etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová ú výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

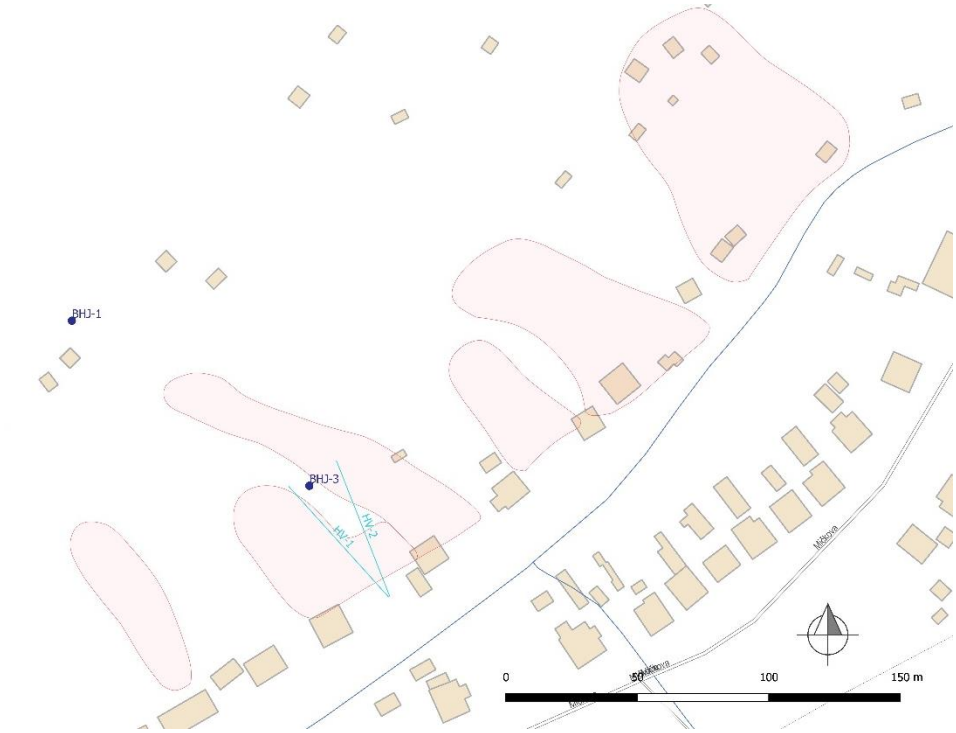
Z hľadiska dlhodobého vývoja deformácie, prezentovaného na obr. 4.18.3, v sledovaných hĺbkových úrovniach bola najvyššia pohybová aktivita nameraná počas aprílovej etapy v roku 2013. V hĺbke 5,61 m pod terénom bola nameraná deformácia presahujúca 7,96 mm (v období od októbra 2012 do apríla 2013). Azimut vektoru bol orientovaný na juhovýchod až východ (čo je v súlade s orientáciou spádnice svahu). V období rokov 2014 až 2017 dochádzalo k postupnému útlmu pohybovej aktivity, k jej oživeniu došlo v aktuálne hodnotenom roku 2018 počas májovej etapy meraní.



Obr. 4.18.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Bardejovská Zábava v období rokov 2012 až 2018.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Bardejovská Zábava sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (tab. 4.18.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.18.3 a 4.18.4). Situovanie piezometrických vrtov na zosuvnej lokalite je znázornené na obr. 4.18.4. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2017 a 2018 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.18.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.18.6.



Obr. 4.18.4. Lokalita Bardejovská Zábava – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Havľa (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2017 bolo zabezpeľených 10 meraní (od 8. februára do 15. novembra). V plytkom zvodnenom horizonte, ktorý je monitorovaný vo vrte BHJ-3, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný 11. októbra (2,35 m pod terénom; 301,24 m n. m.). Vo vyššie situovanom vrte BHJ-1, nachádzajúcom sa svahu, bola maximálna hladina nameraná na zaľiatku marca (8,59 m pod terénom; 335,17 m n. m.). V obidvoch vrtoch boli minimálne hladiny zaznamenané poľas prvého merania (8. február).

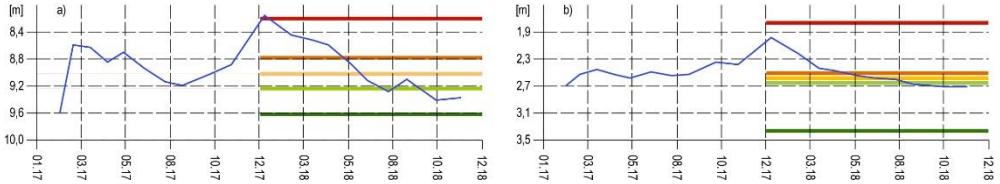
Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 5,74 m pod terénom, ľo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,20 m. Priemerné hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,51 (vrt BHJ-3) do 8,96 m pod terénom (vrt BHJ-1). Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte BHJ-1 (1,03 m).

Tab. 4.18.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
BHJ-1	10	8,59	335,17	01.03.17	9,62	334,14	08.02.17	8,96	334,80	1,03
BHJ-3	10	2,35	301,24	11.10.17	2,69	300,90	08.02.17	2,51	301,08	0,34

Tab. 4.18.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
BHJ-1	10	8,16	344,38	10.01.18	9,41	336,60	17.10.18	8,89	340,37	1,25
BHJ-3	10	1,98	301,61	10.01.18	2,71	300,88	17.10.18	2,50	301,09	0,73



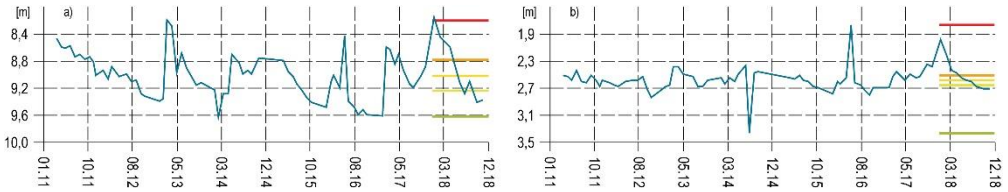
Obr. 4.18.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Bardejovská Zábava, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – BHJ-1, b – BHJ-3 (RO: 28. 3. 11 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

V aktuálne hodnotenom roku 2018 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a zabezpečených bolo 10 meraní. Režimové pozorovania boli vykonávané od 10. januára do 26. novembra. Najvyššia hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte BHJ-3 (1,98 m pod terénom; 301,61 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 10. januára. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-1 bol na úrovni 8,16 m pod terénom.

Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-1, jej minimálna hĺbka sa nachádzala na úrovni 9,41 m pod terénom (17. október). V rovnakom termíne bola nameraná minimálna hladina i vo vrte BHJ-3 (2,71 m po terénom). Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2018 dosiahla hĺbku 5,69 m pod terénom, ľo je oproti predchádzajúcemu roku nepatrný vzostup (o 0,05 m). Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,50 (vrt BHJ-3) do 8,89 m pod terénom(vrt BHJ-1). Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte BHJ-1 (1,15 m).

Pri porovnaní nameraných hĺbok hladín podzemnej vody v roku 2018 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2017) vyplýva, že vo vrte BHJ-1 došlo k prekročeniu dlhodobej maximálnej hodnoty.

Pri hodnotení celého obdobia reţimových pozorovaní (2011 aţ 2018 – obr. 4.18.6), moţno konštatovať, ţe hladina podzemnej vody na zrážkové úhrny reaguje minimálne. Výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody boli pozorované v rokoch 2013, 2016 a 2018. V súvislosti s hodnotením reţimových ukazovateľov je nutné upozorniť na nízku frekvenciu meraní.



Obr. 4.18.6. Dlhodobé (2011 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – BHJ-1, b – BHJ-3 (RO: 28. 3. 11 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranţová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Bardejovská Zábava sú monitorované štyri odvodňovacie vrty (tab. 4.18.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.18.5 a 4.18.6; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení je na obr. 4.18.4).

V roku 2017 bolo vykonaných 10 kontrolných meraní, ktoré boli zabezpečované od 8. februára do 15. novembra. Maximálny prietok bol zaznamenaný 1. marca na odvodňovacom vrte HV-3 (1,12 l.min^{-1}). Ide o veľmi výrazné prekročenie doteraz nameraného maximálneho prietoku (v období do roku 2016). V tomto termíne bola maximálna výdatnosť zaznamenaná aj na odvodňovacom zariadení HV-4 (0,28 l.min^{-1}). Počas jednotlivých meraní bol vţdy funkčný len vrt HV-2. Ostatné vrty boli minimálne počas troch meraní suché, väčšinou vţdy len kvapkali. Najniţšia výdatnosť vo vrte HV-2 bola nameraná 11. októbra s hodnotou 0,52 l.min^{-1} a priemerná výdatnosť dosiahla 0,63 l.min^{-1}. Pri porovnávaní s predchádzajúcim rokom 2016, sumárna priemerná hodnota prietoku stúpla aţ o 1,61 l.min^{-1} a v roku 2017 dosiahla hodnotu 2,07 l.min^{-1}.

Tab. 4.18.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2017

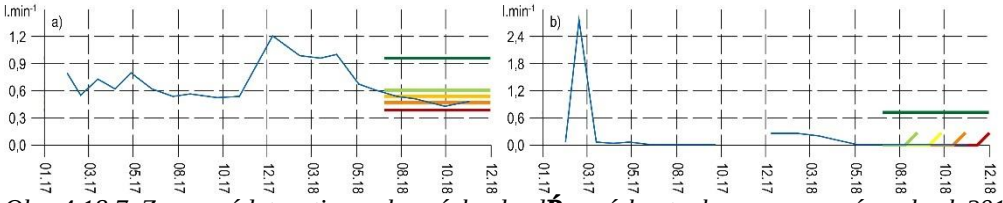
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	10	kvapká, suchý					
HV-2	10	0,79	08.02.17	0,52	11.10.17	0,63	0,27
HV-3	10	1,12	01.03.17	0,00	29.03.17	1,12	11,16
HV-4	10	0,28	01.03.17	0,00	31.07.17	0,33	2,76

Tab. 4.18.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	10	suchý					
HV-2	10	1,20	10. 1. 18	0,43	17. 10. 18	0,74	0,77
HV-3	10	kvapkanie, suchý					
HV-4	10	0,25	10. 1. 18	0,00	1. 8. 18	0,08	0,25

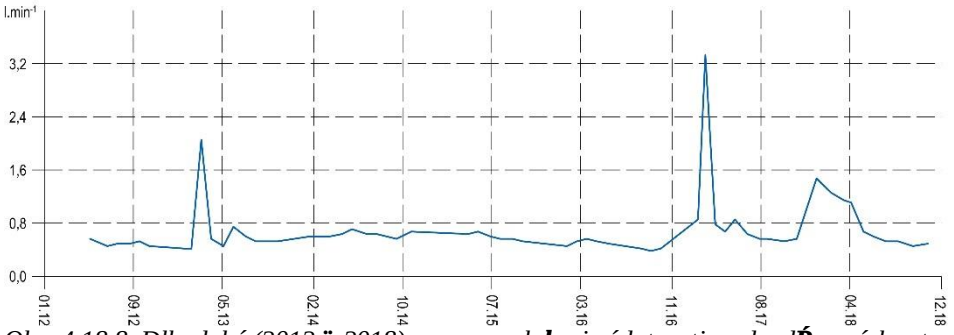
Počas roka 2018 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, realizovaných v období od 10. januára do 26. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 10. januára na odvodňovacom vrte HV-2 (1,20 l.min^{-1} – ide o najvyššiu hodnotu prietoku zaznamenanú v tomto vrte od začiatku monitorovaného obdobia). Okrem toho bol od začiatku roka do konca apríla zaznamenaný prietok aj na vrte HV-4. Vrt HV-1 bol suchý počas všetkých meracích termínov. Vo vrte HV-3 bolo zaznamenané kvapkanie. Najniţšia výdatnosť vo vrte HV-2 bola nameraná 17. októbra s hodnotou 0,43 l.min^{-1} a priemerná výdatnosť dosiahla 0,74 l.min^{-1}.

Sumárna priemerná hodnota prietoku dosiahla hodnotu 0,82 l.min^{-1}, čo v porovnaní s predchádzajúcim rokom predstavuje pokles o 1,25 l.min^{-1}. Priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení v rokoch 2017 a 2018 sú znázornené na obr. 4.18.7.



Obr. 4.18.7. Zmeny výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Bardejovská Zábava, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO: 11. 5. 12 – 26. 10. 18): a – HV-2, b – HV-4, červená – minimálna, tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.

Zo štatistického spracovania vyplýva, že na odvodňovacích vrtoch HV-1, 3 a 4 prevládajú výdatnosti blízke nule. Vrty sú počas väčšiny termínov merania suché, prípadne je zaznamenané kvapkanie. Jediné zariadenie, ktoré dlhodobo účinne odvádza podzemnú vodu, je spomenutý vrt HV-2. V tomto vrte prevládajú prietoky v intervale 0,55 až 0,65 l.min^{-1}.



Obr. 4.18.8. Dlhodobé (2012 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti z odvodňovacích vrtov na lokalite Bardejovská Zábava. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: HV-1, HV-2, HV-3 a HV-4.

Z dlhodobého hľadiska, prezentovaného na obr. 4.18.8, je vidieť, že zvýšené prietoky boli namerané v druhej polovici marca 2013, ale hlavne v roku 2017. Počas marcového merania v roku 2013 spoločná výdatnosť vo vrtoch HV-2, HV-3 a HV-4 dosiahla 2,06 l.min^{-1} a v marci 2017 to bolo 3,31 l.min^{-1}. Celkovo najnižšia sumárna výdatnosť (zo všetkých odvodňovacích vrtov) bola nameraná na konci septembra v roku 2016. Celkový dlhodobý priemer spoločnej výdatnosti dosiahol 0,17 l.min^{-1}. Kumulatívne množstvo odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.18.8.

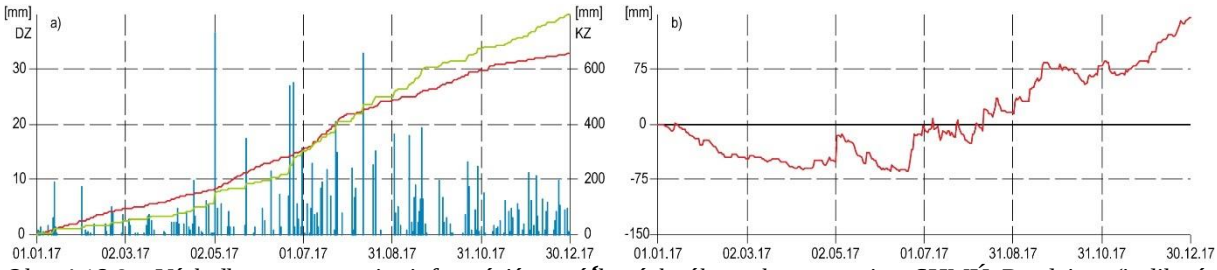
d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Bardejov s indikatívom 49120 (obr. 4.18.9). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2017 predstavuje 686,1 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 798,0 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 57,2 mm a maximálny mesačný úhrn 205,4 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 1. júla 2011 do 31. júla 2011) dosiahol 205,4 mm.

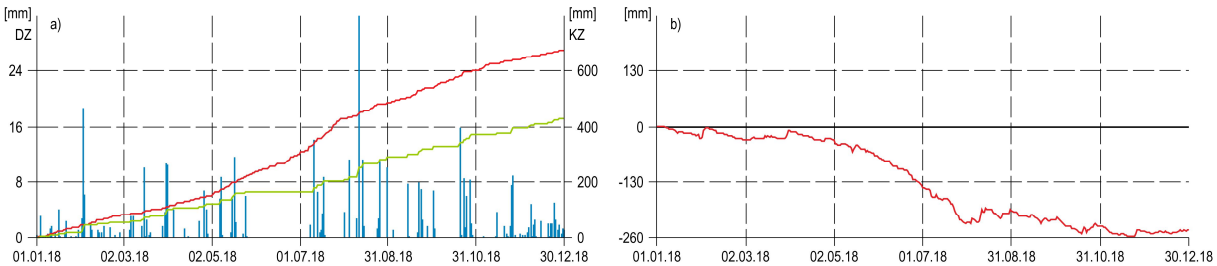
V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 798 mm. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (123,3 mm) a najvyšší denný úhrn 3. mája (36,6 mm). Najsuchším

mesiacom bol január s 18,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 21. júna do 21. júla (155,2 mm).

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 430,7 mm, čo zodpovedá 62,77 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas augusta (87,8 mm) a najvyšší denný úhrn 11. augusta (32,0 mm). Najsuchším mesiacom bol jún, počas ktorého neboli namerané žiadne zrážky. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. augusta do 31. augusta (84,0 mm).



Obr. 4.18.9a. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Bardejov (indikatív 49120); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.



Obr. 4.18.9b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Bardejov (indikatív 49120); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V katastri obce Bardejovská Zábava boli v zosuvnom území uskutočnené inklinometrické merania (v jednom vrte) a zároveň bol sledovaný režim hĺbky hladiny podzemnej vody v piezometrických vrtoch a výdatnosť odvodňovacích zariadení.

Z výsledkov inklinometrických meraní vyplýva, že počas jarného merania došlo k nárastu pohybovej aktivity v oboch sledovaných horizontoch (etapové vektory nad 4 mm). Jesennou kontrolnou etapou bol overený stabilitne priaznivejší stav. Deformácia sledovaná na plytšej šmykovej ploche dosiahla 1,82 mm a horizonte 5,61 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 0,5 mm.

Hladiny podzemnej vody boli monitorované v dvoch vrtoch. Z meraní vyplýva, že priemerná hodnota hladiny podzemnej vody v roku 2018, v porovnaní s rokom 2017, nepatrne stúpla (o 0,05 m). Hladina podzemnej vody zaznamenaná vo vrte BHJ-1, počas jej maximálneho stavu (10. január), prekročila doteraz nameranú maximálnu hodnotu v tomto vrte.

Pri hodnotení výdatnosti odvodňovacích zariadení v roku 2018 je možné, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, konštatovať pokles sumárneho priemerného prietoku (o 1,25 $l.min^{-1}$).

V roku 2019 plánujeme kontrolným inklinometrickým meraním opäŠ overiŠ stabilitu zosuvného územia a zabezpeļ iŠ reģimové pozorovania v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku.

1.4.19. Lokalita Prešov-Horárska ul.

Stručná charakteristika lokality

Zosuvná lokalita sa nachádza v JZ časti Prešova na Horárskej ulici a postihuje severovýchodne orientovaný svah. Zosuv sa aktivizoval v roku 2010 a predstavuje teleso plošného charakteru, ktoré ohrozuje zástavbu západnej časti ulice. Jeho šírka dosahuje cca 375 m a dĺžka cca 300 m. Monitorovacia sieť pozostáva zo štyroch piezometrických a štyroch inklinometrických vrtov, ktoré sú situované do profilu v južnej polovici svahovej poruchy. Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Tupý et al., 2010a), ako aj z monitorovania v roku 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Monitorovacie aktivity sú zamerané predovšetkým na meranie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie. Na lokalite sa zároveň vykonávajú aj režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody (vo vrte JH-3 je osadený kontinuálny automatický hladinomer). Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.19.1.

Tab. 4.19.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prešov-Horárska ul. v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	4 *(2017)* 3 *(2018)*	JH-1A, JH-2A, JH-3A[1], JH-4A	1 *(8. december)*	1 *(19. december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	JH-1, JH-2, JH-4	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
	1	JH-3 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prešov-planetárium (indikatív 59160)	*Denné úhrny zrážok*	

[1] *– vo vrte JH-3A bolo v roku 2017 pozorované ústrihnutie vrtu a v ďalších meraniach nebolo možné pokračovať*

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

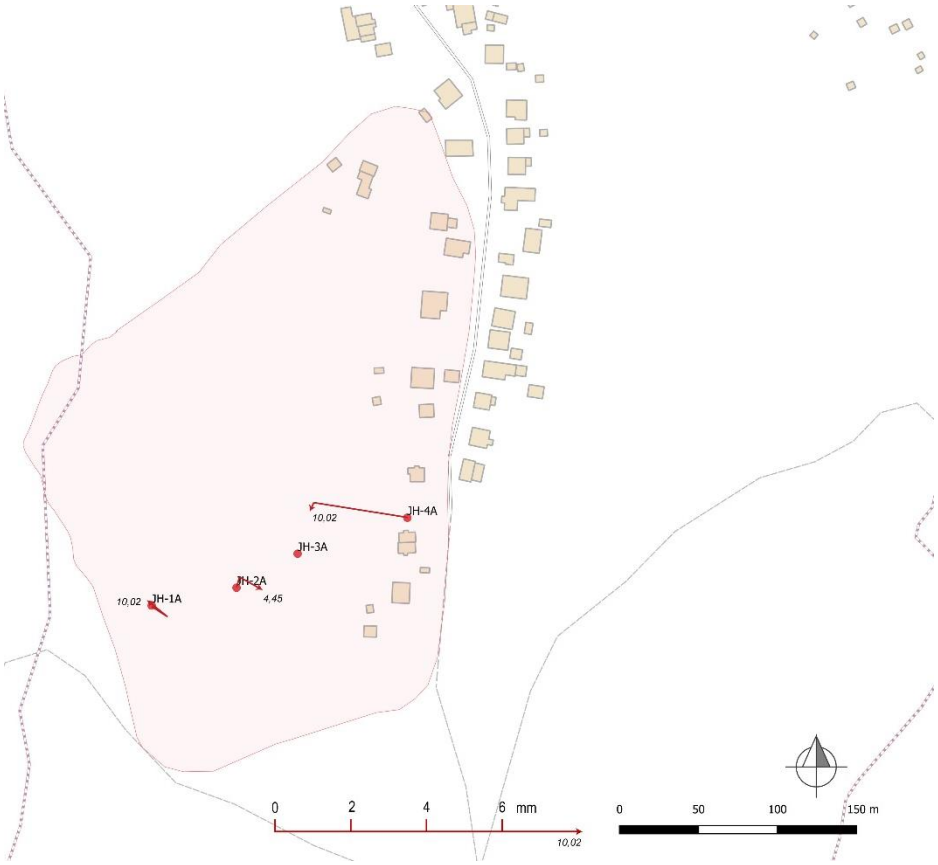
a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite realizujú v štyroch inklinometrických vrtoch (JH-1A, JH-2A, JH-3A, JH-4A – obr. 4.19.1), ktoré sú situované do jedného profilu, vedeného pozdĺž svahovou deformáciou od juhozápadu na severovýchod.

V roku 2017 boli monitorovacie merania zabezpečené na konci jesenného obdobia a zaznamenané vektory charakterizujú pohybovú aktivitu jedného roka. Najvyššia etapová deformácia bola nameraná vo vrte JH-4A (2,51 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 2,54 mm.rok^{-1}). V ostatných vrtoch v sledovaných horizontoch nepresiahli etapové deformácie 0,50 mm.

Opaľná situácia nastala vo vrte JH-3A. I keď v minulosti bolo možné stabilitnú situáciu v uvedenom vrte hodnotiť ako relatívne uspokojivú, v roku 2017 bola na doteraz nevýraznej žmykovej ploche zaznamenaná nepriechodnosť, súvisiaca pravdepodobne s „strihnutím" inklinometrickej pažnice.

V roku 2018 sa pokračovalo v meraniach v zúženom súbore inklinometrických vrtov (JH-1A, JH-2A a JH-4A). Z vykonaných meraní vyplýva, že ani v jednom sledovanom horizonte nebol nameraný vektor nad 1 mm. V vrtoch JH-1A a JH-2A bola zaznamenaná rovnaká etapová deformácia 0,58 mm (0,61 mm.rok-1) a vo vrte JH-4A 0,14 mm (0,15 mm.rok^{-1}). Najvyššia dlhodobá (od 4. decembra 2014 do 19. novembra 2018) deformácia bola dosiahnutú na žmykovej ploche vo vrte JH-2A (4,43 m pod terénom; 4,18 mm; 1,05 mm.rok^{-1}).

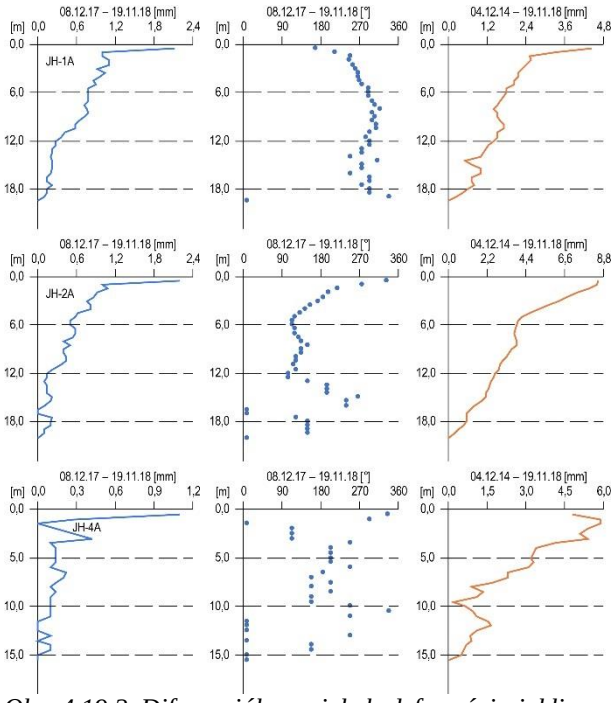


Obr. 4.19.1. Lokalita Prešov-Horárska ul. – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.19.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.19.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Prešov-Horárska ul. v rokoch 2017 a 2018

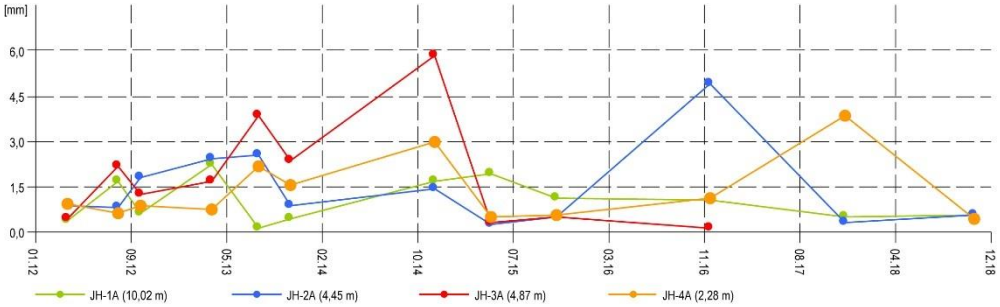
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	13. 12. 16 – 08. 12. 17			8. 12. 17 – 19. 11. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
JH-1A	10,02	2,22	0,50	123	1,70	0,58	309
JH-2A	4,45	4,41	0,28	15	4,18	0,58	119
JH-2A	7,45	3,92	0,32	42	3,88	0,41	136
JH-2A	14,45	1,92	0,32	78	2,11	0,22	267
JH-3A	4,87	[1]	[1]				
JH-4A	4,78	3,23	2,51	279	3,30	0,14	205

CD – celková deformácia od nultého merania (4. 12. 14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – zaznamenaná kritická deformácia inklinometrickej pažnice, v dôsledku čoho bol vrt nepriechodný.



Obr. 4.19.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Prešov-Horárska (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Pri porovnaní nameraných vektorov v dlhšom období je vidieť, že najväčšie etapové deformácie boli zaznamenané v rokoch 2013, 2014 a 2016. Počas rokov 2015 a 2018 boli namerané najnižšie hodnoty pohybovej aktivity (obr. 4.19.3).



Obr. 4.19.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prešov-Horárska ul. v období rokov 2012 až 2018.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Prešov-Horárska ul. sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované pozorovateľom v 3 vrtoch (tab. 4.19.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.19.3 a 4). Situovanie vrtov v rámci zosuvnej lokality je znázornené na obr. 4.19.4. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch rok 2017 a 2018, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní sú znázornené na obr. 4.19.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.19.6.

V roku 2017 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Monitorovacie aktivity na piezometrických vrtoch boli vykonávané od 8. februára do 15. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte JH-1 (3,06 m pod terénom – 348,46 m n. m.) v druhej

polovici mája. V rovnakom termíne boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody pozorované aj v ostatných vrtoch. Celkovo sa maximálne hladiny nachádzali v intervale 3,06 až 15,06 m pod terénom (JH-2). Najhlbšie pod terén, podobne ako v predchádzajúcom roku, klesla hladina podzemnej vody vo vrte JH-2 (15,95 m pod terénom; 25. apríl). Okrem uvedeného vrtu boli minimálne hladiny podzemnej vody namerané 26. mája. Pri hodnotení minimálnych úrovní podzemnej vody je dôležité podotknúť, že v roku 2017 bol prekročený dlhodobý minimálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte JH-4 z 26. mája 2014 (12,89 m pod terénom).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 10,22 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2016 nárast o 0,23 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 4,03 (vrt JH-1) do 15,46 m pod terénom (vrt JH-2). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JH-4 (3,35 m).

Tab. 4.19.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2017

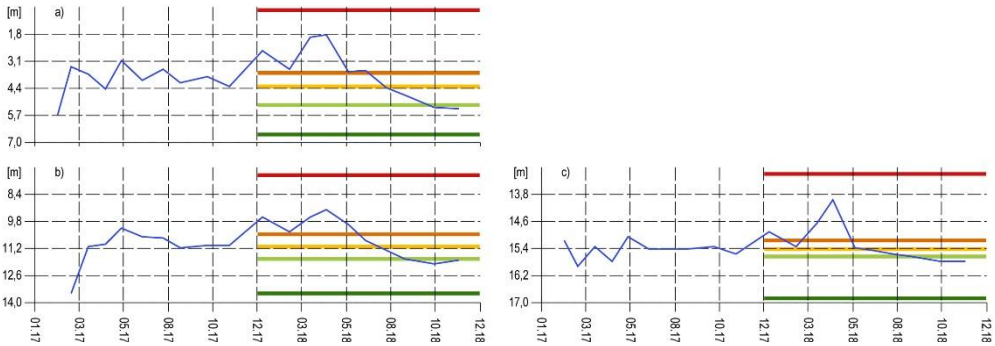
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JH-1	10	3,06	348,46	24.05.17	5,72	345,80	08.02.17	4,03	347,49	2,66
JH-2	10	15,06	330,73	24.05.17	15,95	329,84	01.03.17	15,46	330,33	0,89
JH-4	10	10,20	310,38	24.05.17	13,55	307,03	01.03.17	11,17	309,41	3,35

Tab. 4.19.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
Prešov-Horárska ul.	JH-1	1,82	349,70	24.04.18	5,40	346,12	26.11.18	3,69	347,83	3,58
Prešov-Horárska ul.	JH-2	13,99	331,80	24.04.18	15,81	329,98	26.11.18	15,25	330,54	1,82
Prešov-Horárska ul.	JH-4	9,23	311,35	24.04.18	12,00	308,58	17.10.18	10,65	309,93	2,77



Obr. 4.19.4. Lokalita Prešov-Horárska ul. – situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody. Modré body – hladina podzemnej vody meraná pozorovateľom, oranžový bod – hladina podzemnej vody meraná automatickým hladinomerom; mapový podklad: ZBGIS®.



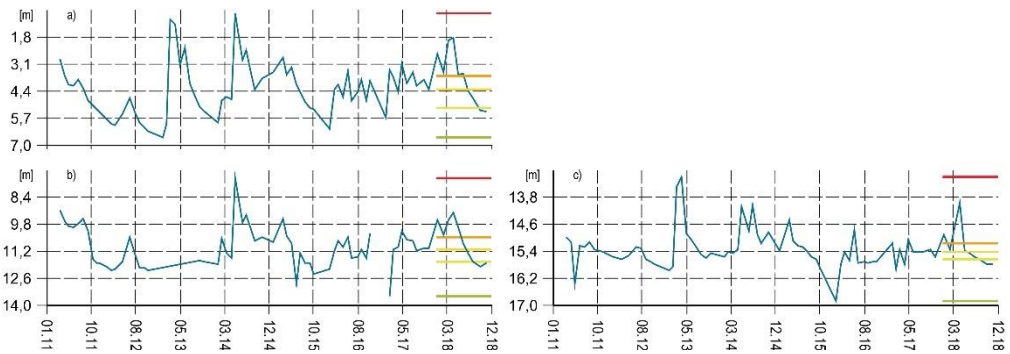
Obr. 4.19.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Prešov-Horárska ul., vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – JH-1, b – JH-4, c – JH-2 (RO: 29. 3. 11 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

V aktuálne hodnotenom roku 2018 sa pokračovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní (10. január – 26. november). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte JH-1 (1,82 m pod terénom; 349,70 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 24. apríla. V rovnakom termíne sa maximálne hladiny podzemnej vody vyskytovali aj v ostatných vrtoch (JH-4 – 9,23 m pod terénom, JH-2 – 13,99 m pod terénom).

Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte JH-2 (15,81 m pod terénom – 26. november). Minimálne hladiny podzemnej vody boli vo všetkých vrtoch namerané v jesennom období. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 9,89 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2017 vzostup o 0,33 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 3,69 (vrt JH-1) do 15,25 m pod terénom (vrt JH-2). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JH-1 (3,58 m).

Celkovo možno konštatovať, že hladiny podzemnej vody zaznamenané v jednotlivých monitorovacích objektoch v roku 2018 ani v jednom prípade neprekročili dlhodobé maximálne alebo minimálne stavy.

Z dlhodobého hľadiska zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, prezentovaných na obr. 4.19.6, je možné za významné považovať roky 2013 a 2014. V roku 2013 hladiny podzemnej vody začali stúpať v druhej polovici februára a v roku 2014 boli maximálne hladiny podzemnej vody namerané v jarných mesiacoch po intenzívnych zrážkových úhrnoch. Pomerne výrazný nárast hladiny podzemnej vody bol pozorovaný i v roku 2018 v druhej polovici apríla.



Obr. 4.19.6. Dlhodobé (2011 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Prešov-Horárska ul., vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – JH-1, b – JH-4, c – JH-2 (RO: 29. 3. 11 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomermi

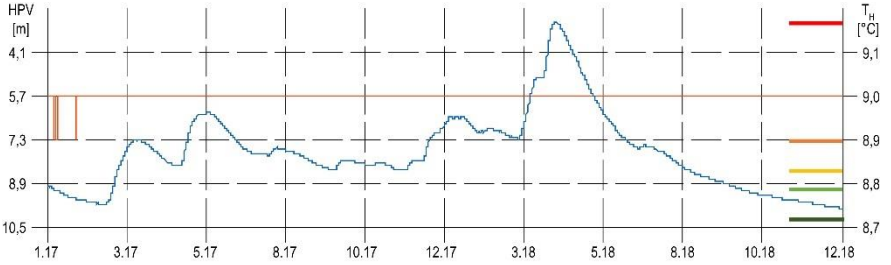
Na lokalite Prešov-Horárska ul. sú automatickým hladinomerom zabezpečované merania vo vrte JH-3. Počas hodnotených rokov 2017 a 2018 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

V roku 2017 bola minimálna hladina podzemnej vody nameraná 22. februára s hĺbkou 9,67 m (325,99 m n. m.; čo je v porovnaní s rokom 2016 vzostup o 0,53 m). Po tomto termíne začala hladina mierne stúpať, a to najmä v súvislosti s topením snehovej pokrývky. K opakovanému vzostupu hladiny podzemnej vody došlo začiatkom mája, avšak tieto zmeny boli podmienené intenzívnou zrážkovou činnosťou. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná 29. mája v hĺbke 6,30 m pod terénom (329,36 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,86 m. Po dosiahnutí maximálneho stavu začala hladina podzemnej vody klesať. Tento trend pretrval do druhej polovice septembra kedy došlo opätovne k miernemu vzostupu hladiny. Jej priemerná v roku 2017 dosiahla 8,03 m pod terénom (327,63 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 vzostup o 0,61 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,37 m. V porovnaní s rokom 2016 došlo k miernemu nárastu jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,04 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,02 m (čo je 0,59 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 8,34 m pod terénom, 2. kvartil 8,08 m pod terénom a 3. kvartil 7,59 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody vo vrte JH-3 má mimoriadne ustálený priebeh. Jej kolísanie je na úrovni 0,01 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,0 °C.

Tab. 4.19.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2017

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JH-3	8760	6,30	329,36	29.05.17	9,67	325,99	22.02.17	8,03	327,63	3,37



Obr. 4.19.7. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2017 a 2018, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Prešov-Horárska ul. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JH-3. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznačené na ľavej strane grafu – štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od 2. októbra 2013 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás – minimálna hĺbka HPV, zelený pás – 1. kvartil, žltý pás – 2. kvartil, oranžový pás – 3. kvartil, červený pás – maximálna HPV.

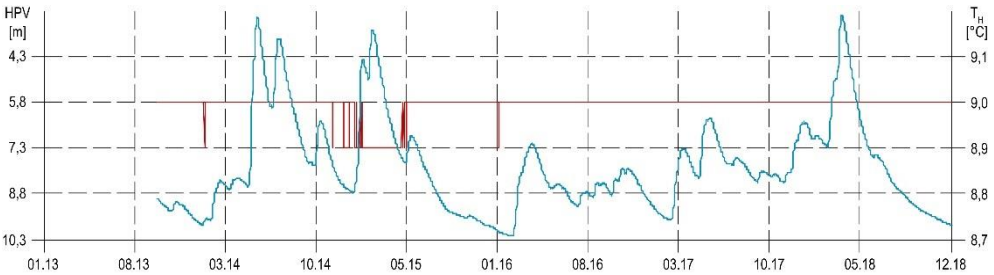
V roku 2018 sa pokračovalo v rovnakom režime meraní. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná 12. apríla v hĺbke 2,97 m pod terénom (332,69 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 3,33 m. Po dosiahnutí maximálneho stavu začala hladina podzemnej vody klesať. Tento trend pretrval až do konca roka. Minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná 30. decembra s hĺbkou 9,83 m (325,83 m n. m.; čo je v porovnaní s rokom 2017 pokles o 0,16 m). Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 7,52 m pod terénom (328,14 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2017 vzostup o 0,51 m. Amplitúda

roľných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 6,86 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 9,15 m pod terénom, 2. kvartil 7,565 m pod terénom a 3. kvartil 6,56 m pod terénom. Teplota podzemnej vody vo vrte JH-3 má mimoriadne ustálený priebeh. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,0 °C.

Tab. 4.19.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JH-3	8760	2,97	332,69	12.04.18	9,83	325,83	30.12.18	7,52	328,14	6,86

Pri hodnotení celého obdobia monitorovania v tomto vrte vyplýva (obr. 4.19.8), že hladina podzemnej vody kolíše pomerne pravidelne v závislosti od klimatického cyklu. Maximálne hladiny podzemnej vody bývajú zaznamenané v jarných mesiacoch. Najvyššia hladina bola nameraná v polovici apríla 2018 s hĺbkou 2,97 m pod terénom. Najnižšie hodnoty bývajú v zimných mesiacoch.



Obr. 4.19.8. Dlhodobé (2013 – 2018) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Prešov-Horárska ul. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JH-3. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; červená línia – teplota podzemnej vody.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160 (obr. 4.9.6). Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.9 (lokalita Fintice).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Prešov-Horárska ul., kde zatiaľ neboli vykonané žiadne sanačné opatrenia, sú monitorovacie činnosti zmerané na hodnotenie stabilitného stavu, a to priamymi meraniami pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie, ako aj nepriamymi meraniami, založenými na sledovaní hlavného zosuvotvorného faktora, ktorým je podzemná voda.

Z nameraných výsledkov vyplýva, že monitorovaný zosuvný svah sa nachádza v relatívne stabilnom stave. Namerané hodnoty etapových prírastkov ani v jednom z monitorovaných inklinometrických vrtov nepresiahli hranicu 0,6 mm (max. etapová deformácia 0,58 mm bola nameraná na šmykových plochách vo vrtoch JH-1A a JH-2A). Orientácia vektorov, podobne ako po minulé roky, bola rôznorodá, od juhovýchodu až po severozápad. Väčšina nameraných vektorov teda nemá priamy logický súvis so zosuvným pohybom.

V prípade hladín podzemnej vody, sledovaných pozorovateľom, ale aj automatickým hladinomerom, boli v jarnom období namerané hĺbky prevažne v intervale 3. a 4. kvartilu. Vo vrte JH-3 bola prekročená maximálna hladina referenčného obdobia. Po dosiahnutí maximálnych stavov (apríl a máj) bol vo vrtoch pozorovaný postupný pokles hladiny podzemnej vody. Vo vrte JH-3 (kontinuálny záznam) bol dosiahnutý minimálny stav hladiny podzemnej vody na konci decembra. Hladina sa v tomto období priblížila dlhodobému minimu.

Kolísanie vo vrte dosiahlo 6,86 m a patrí medzi najväčšie ročné amplitúdy v rámci hodnotenej lokality.

Monitorovaný zosuv ohrozuje veľké množstvo stavebných objektov, infraštruktúru, ale najmä obyvateľov Horárskej ulice. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú ďalej monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s projektom ĎMS – GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom – on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.20. Lokalita Ľubeľa

Stručná charakteristika lokality

Monitorovaný zosuv sa nachádza na ľavom brehu potoka Soliská, približne 120 m juhovýchodne od sútoku s potokom Rakovec. Monitorovacie merania sú výlučne zamerané na režimové pozorovania. Merania sa vykonávajú v dvoch piezometrických vrtoch a zároveň sa sledujú výdatnosti na troch odvodňovacích zariadeniach (obr. 4.20.1). Podrobnejšie informácie o lokalite sa nachádzajú v správe z monitorovania z predchádzajúceho roku (Ondrejka et al., 2014), ale najmä v správach z prieskumu (Šimeková et al., 2010) a sanácie (Šimeková et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

V rokoch 2017 a 2018 bola na zosuvnej lokalite pozornosť venovaná výhradne režimovým meraniam. Rozsah a frekvencia monitorovacích aktivít sú uvedené v tab. 4.20.1.

Tab. 4.20.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ľubeľa v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	Ľ-1 a Ľ-3	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	Spoločná výdatnosť troch odvodňovacích vrtov (VV-1, VV-2, VV-3)	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Merania zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Lipany (59100); Malcov (49040)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

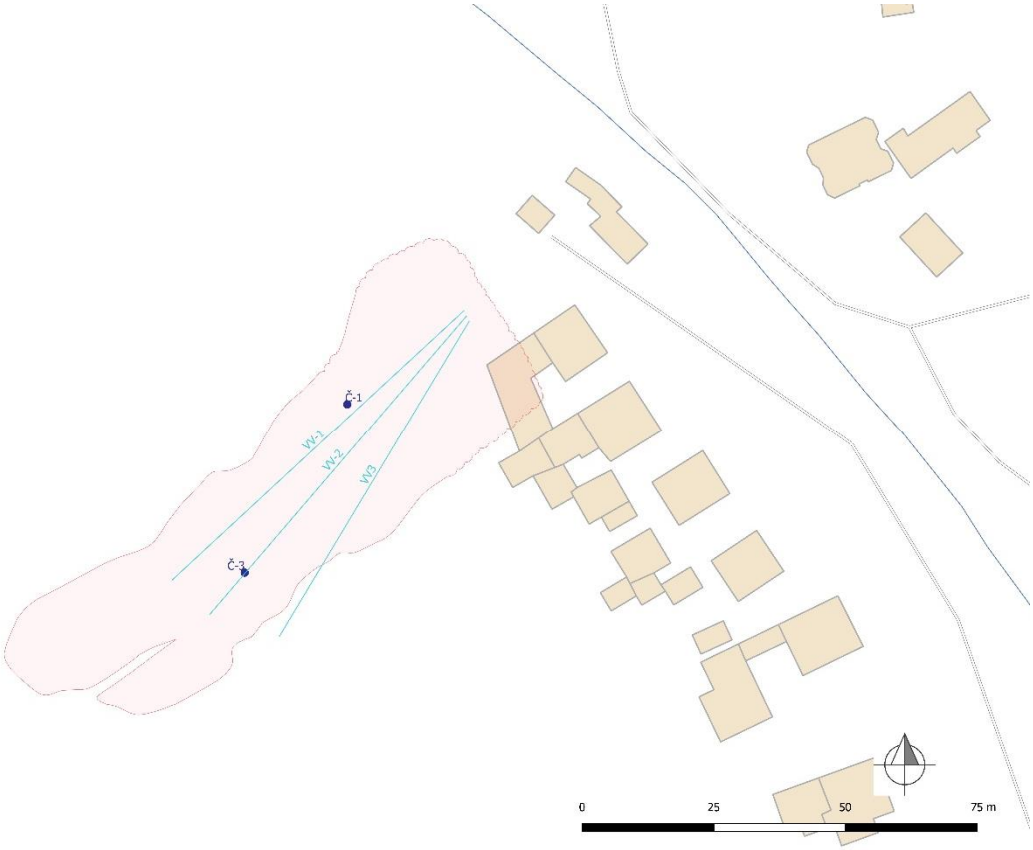
a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Ľubeľa sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v dvoch vrtoch (Ľ-1 a Ľ-3 – tab. 4.20.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.20.2 a 4.20.3). V prvom vrte je monitorovaný plytší horizont podzemnej vody (cca 3,6 až 6,0 m pod terénom) a v druhom hlbší, približne na úrovni 8,0 m pod úrovňou terénu (údaj o narazenej hladine podzemnej vody počas sanácie geologického prostredia – Šimeková et al., 2012). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovaných vrtoch v rokoch 2017 a 2018 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi sú na obr. 4.20.2 a jej dlhodobé zmeny sú na obr. 4.20.3.

V roku 2017 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (od 8. februára do 15. novembra). V plytšom horizonte, vo vrte Ľ-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný počas novembrového (4,35 m pod terénom – 494,93 m n. m.). Vo vrte Ľ-3, ktorým sú sledované zmeny hladiny podzemnej vody v hlbšom horizonte, bol maximálny stav

nameraný 1. marca (8,89 m pod terénom ï 495,82 m n. m.). Naopak, hladiny podzemnej vody zaznamenali najväļ ší pokles na konci augusta. Hlbšie bola nameraná hladina podzemnej vody vo vrte Ļ-3, a to v hĎbke 11,44 m pod terénom (493,27 m n. m.).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĎbku 7,11 m pod terénom, ļo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,11 m. Priemerné hĎbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,54 (vrt Ļ-1) do 9,68 m pod terénom (vrt Ļ-3). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte Ļ-3 (2,52 m).



Obr. 4.20.1. Lokalita Ļ irļ ï situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpeļ ované reģ imové pozorovania (objekty oznaļ ené ako body ï piezometrické vrty, objekty oznaļ ené ako línie ï hĎkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodĎovacích vrtov); ohraniļ enie zosuvov podĎa Ġ mekovej et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.20.2. Výsledky meraní hĎky hladiny podzemnej vody na lokalite Ļ irļ v roku 2017

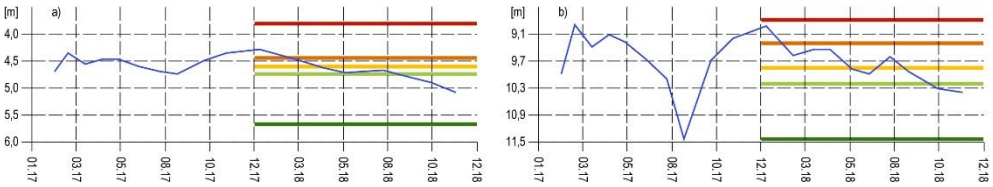
Bod	Poļ et meraní	Max. úroveĎ hpv			Min. úroveĎ hpv			Priem. úroveĎ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
Ļ-1	10	4,35	494,93	15.11.17	4,74	494,54	28.08.17	4,54	494,74	0,39
Ļ-3	10	8,89	495,82	01.03.17	11,44	493,27	28.08.17	9,68	495,03	2,55

V aktuálne hodnotenom roku 2018 sa pokraļ ovalo v meraniach v oboch vrtoch a celkovo bolo zabezpeļ ených 10 kontrolných meraní. Reģ imové pozorovania boli zabezpeļ ované od 10. januára do 26. novembra. V plytšom horizonte, vo vrte Ļ-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný v hĎbke 4,30 m pod terénom (495,46 m n. m.). Vo vrte Ļ-3 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný v hĎbke 8,93 m pod terénom. V oboch prípadoch boli maximálne hodnoty namerané v prevej polovici januára a v nasledujúcej ļ asti roka mali hladiny zostupný charakter. Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody, v oboch vrtoch, dostala na konci vo novembra (Ļ-3 ï 10,40 m pod terénom a Ļ-1 ï 5,09 m pod terénom).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 7,21 m pod terénom, čo je oproti roku 2017 mierny pokles (o 0,10 m). Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,68 (vrt Ľ-1) do 9,75 m pod terénom (vrt Ľ-3). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte Ľ-3 (1,47 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2018 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2013 do 2017) vyplýva, že nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych alebo minimálnych hladín.

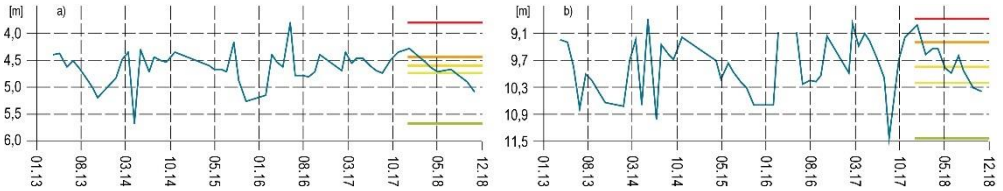
Tab. 4.20.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ľubeľa v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
Ľ-1	10	4,30	494,98	10.01.18	5,09	494,19	26.11.18	4,68	494,61	0,79
Ľ-3	10	8,93	495,78	10.01.18	10,40	494,31	26.11.18	9,75	494,96	1,47



Obr. 4.20.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Ľubeľa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – Ľ-1, b – Ľ-3 (RO: 22. 3. 13 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (2013 až 2018), vzhľadom na skutočnosť, že frekvencia meraní je nízka, len 10 meraní za rok, je problematické vyhodnotiť zaznamenaný priebeh hladiny podzemnej vody. V oboch prípadoch hladiny vody vo vrtoch kolíšu pomerne výrazne, priľom nie je možné jednoznačne preukázať, či ide o zmeny súvisiace s určitými ročnými cyklami, ktoré sú spojené s klimatickými faktormi alebo dochádza k ovplyvňovaniu hladín pritekaniu vody z iných zvodnených horizontov v dôsledku zlého technického stavu monitorovacieho objektu. Overenie skutočného vývoja hladiny podzemnej vody by umožnila prevádzka automatického hladinomera s pravidelným hodinovým záznamom.



Obr. 4.20.3. Dlhodobé (2013 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Ľubeľa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – Ľ-1, b – Ľ-3 (RO: 22. 3. 13 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Ľubeľa je výdatnosť odvodňovacích vrtov pozorovaná na výtokovom potrubí, ktoré odvádza vodu z troch vrtov VV-1, 2 a 3 (tab. 4.20.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.20.4 a 4.20.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení, ako aj ústie potrubia je znázornené na obr. 4.20.1).

V roku 2017 bolo zabezpečených rovnako ako v predchádzajúcom roku 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 8. februára do 15. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 24. mája s hodnotou 11,85 $l.min^{-1}$ a minimálna výdatnosť 28. augusta na úrovni

0,45 l.min^{-1}. Podobne ako v roku 2016, kolísanie výdatnosti odvodňovacieho zariadenia do určitej miery súvisí s kolísaním hladiny podzemnej vody v piezometrických vrtoch. Nedostatkom monitorovacieho systému je nízka frekvencia meraní, ktorá obmedzuje porovnávanie jednotlivých režimových ukazovateľov. Priemerná výdatnosť na sledovanom objekte v roku 2017 dosiahla 5,08 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 1,08 l.min^{-1}. Celkové kolísanie výdatnosti dosiahlo 11,40 l.min^{-1}.

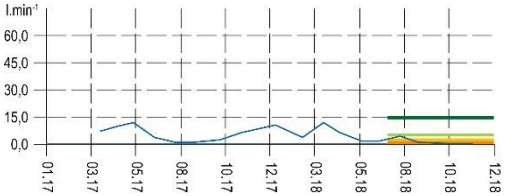
Tab. 4.20.4. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ľubeľa v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
Výtok	10	11,85	24.05.17	0,45	28.08.17	5,08	11,40

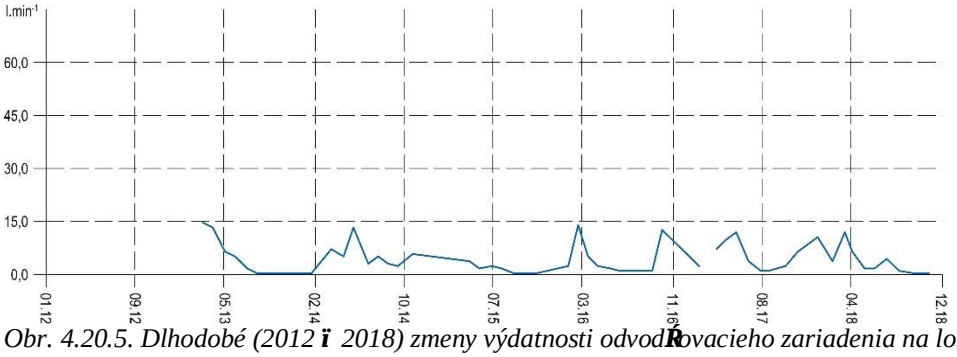
V roku 2018 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 10. januára do 26. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 28. marca s hodnotou 11,40 l.min^{-1}. V tomto období dosahovala maximálny stav hladina podzemnej vody vo vrte Ľ-3. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná 26.novembra len vo forme kvapkania. Celkovo okrem zvýšenia v auguste bol na objekte od marcového merania zaznamenaný pokles výdatnosti. Priemerná výdatnosť na objekte v roku 2018 dosiahla 3,9 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 1,18 l.min^{-1}. Celkové kolísanie výdatnosti dosiahlo 11,40 l.min^{-1}.

Tab. 4.20.5. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ľubeľa v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
výtok	10	11,40	28. 3. 18	0,00	26. 11. 18	3,90	11,40



Obr. 4.20.4. Zmeny výdatnosti sledované na odvodňovacom potrubí zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Ľubeľa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO: 22. 3. 13 – 26. 10. 16), tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.



Obr. 4.20.5. Dlhodobé (2012 – 2018) zmeny výdatnosti odvodňovacieho zariadenia na lokalite Ľubeľa.

Zo štatistickej analýzy vyplýva, že počas monitorovaného obdobia prevládali hodnoty s prietokom 0,7 až 2,1 l.min^{-1}. Pomerne vysoké zastúpenie majú aj najnižšie výdatnosti (do 0,7 l.min^{-1}). Celkovo sa maximálne výdatnosti vyskytujú najmä počas mesiacov marec až máj. Naopak, výrazne najnižšie výdatnosti boli namerané v januári.

Pri analýze dlhšieho obdobia monitorovania výdatnosti na výtokovom objekte je vidieť, že jej kolísanie je do značnej miery determinované zmenami hladiny podzemnej vody. Maximálne výdatnosti sú spojené so zimným, prípadne jarným obdobím. Dôležité je si tiež všimnúť, že podobne, ako v prípade zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, aj tu sa letné intenzívne zrážkové udalosti prejavujú len minimálne. Priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia v dlhšom časovom horizonte je znázornený na obr. 4.20.5.

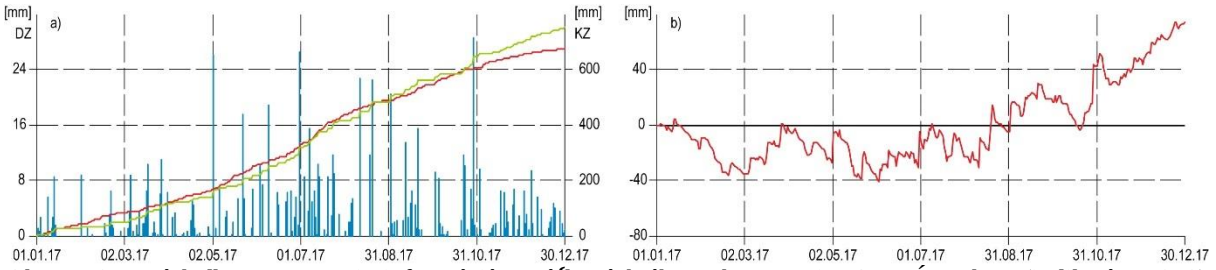
c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Lipany s indikatívom 59100 (obr. 4.17.6) a Malcov s indikatívom 49040 (obr. 4.20.6). Informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Lipany je uvedená v podkapitole 1.4.17 (lokalita ňačľov).

Na stanici Malcov dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2018, dosiahol 671,16 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 847,5 mm (rok 2016); priemerný mesačný úhrn 56,3 mm a maximálny mesačný úhrn 176,6 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 27. júna 2011 do 27. júla 2011) dosiahol 201,5 mm.

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 749,4 mm, čo zodpovedá 104,47 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (122,3 mm) a najvyšší denný úhrn 29. októbra (28,4 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 24,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 25. júna do 25. júla (129,3 mm).

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 588,2 mm, čo zodpovedá 87,25 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júna (132,9 mm) a najvyšší denný úhrn 27. júna (32 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 13,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. júna do 1. júla (133,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 29. decembra 2017 do 28. januára 2018), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 10,4 mm.



Obr. 4.20.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Malcov (indikatív 49040); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Čirč sú monitorovacie aktivity zamerané výlučne na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Zároveň je sledovaná i výdatnosť odvodňovacieho zariadenia – spoločná výdatnosť subhorizontálnych odvodňovacích vrtov VV-1 až VV-3. Analyzované sú tiež údaje o zrážkových úhrnoch zo staníc Lipany a Malcov. Na základe získaných údajov priamym meraním, ale aj analýzou klimatologických údajov, je možné dospieť k záveru, že jednotlivé zmeny medzi sledovanými ukazovateľmi priamo korelujú. V roku 2018 bol oproti predchádzajúcemu roku pozorovaný

mierny zostup priemernej hĎbky hladiny podzemnej vody. Maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané na zaļiatku roka (januárové meranie) a poļas nasledujúcich meraní mala hladina podzemnej vody prevaģne klesajúci charakter. Hodnota priemernej roļnej výdatnosti, v porovnaní s rokom 2017, zaznamenala pokles.

Na zosuvnej lokalite plánujeme v roku 2019 pokraļovaŠ v monitorovacích meraniach v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v roku 2018.

1.4.21. Lokalita Vyšná Hutka

Stručná charakteristika lokality

V obci je značná časť intravilánu ohrozená rozsiahlymi potenciálnymi svahovými poruchami. V roku 2010 sa vo viacerých častiach obce aktivizovali zosuvy, ktoré spôsobili značné škody (poškodenie rodinných domov a miestnej infraštruktúry).

Monitorovacie aktivity sú v tomto rozsiahlom zosuvnom území sústredené do troch oblastí. V severnejšej časti intravilánu, kde došlo k poškodeniu miestnej komunikácie, sa vykonávajú inklinometrické merania (VHI-1) a režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody (VHG-1) a výdatnosti odvodňovacích objektov (HVSHV1 a 2). V strednej časti obce, kde boli pozorované prejavy svahového pohybu najmä na rodinných domoch, sú monitorovacie merania zamerané na sledovanie podpovrchovej deformácie (VHI-2) a zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody (VHG-2). Poslednou monitorovanou oblasťou je Mikov majer východne od intravilánu obce. Podrobnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Grman et al., 2010) a sanácie (Fekete et al., 2014d in Šimeková et al., 2014), ako aj z monitorovania (Ondrejka et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018,

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.21.1.

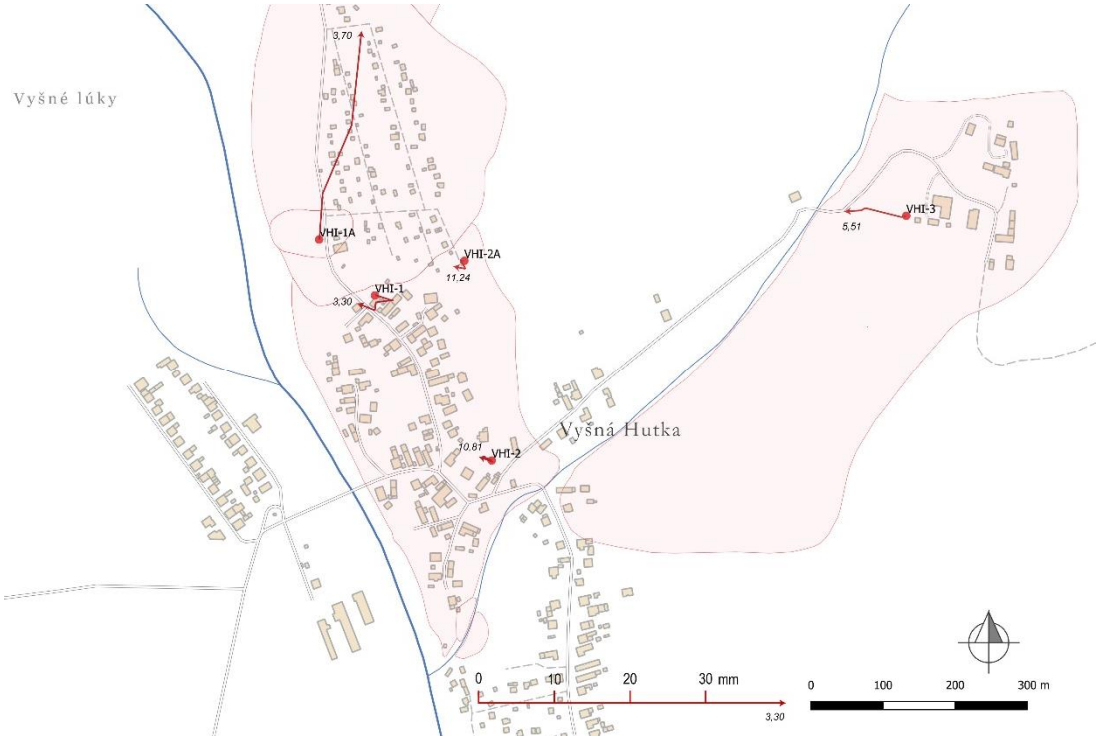
Tab. 4.21.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšná Hutka v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	5	VHI-1, 2, 3, VHI-1A, 2A	2 *(10. apríl, 15. november)*	2 *(5. apríl, 5. október)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	4 *(2017)* 3 *(2018)*	VHG-1 až 3	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*	10 *(11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 23. november)*
	1	VHG-4 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	2	VHSHV-1, VHSHV-2	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*	10 *(11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 23. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanica SHMÚ: Vyšný Ľaj (indikatív 60100)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania na lokalite Vyšná Hutka boli v rokoch 2017 a 2018 zabezpečené na 5 vrtoch, ktoré sú v rámci obce situované v troch častiach. Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.21.2 a prezentované na obr. 4.21.1, 4.21.2 a 4.21.3.



Obr. 4.21.1. Lokalita Vyġná Hutka ï vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.22.2; ļísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch oznaļujú hĎbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraniļenie zosuvu podĎa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.21.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyġná Hutka v rokoch 2017 a 2018

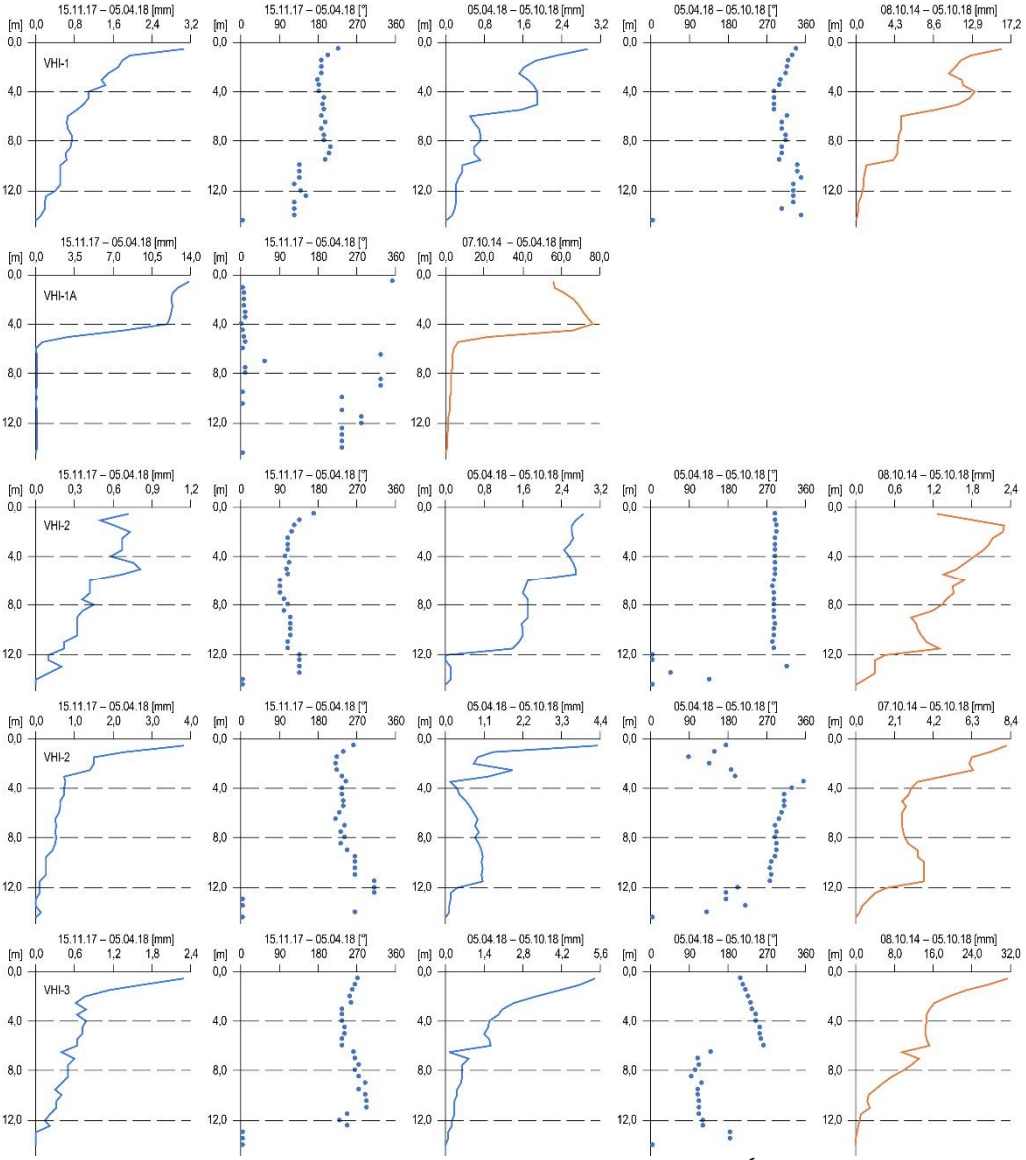
Bod	HĎbka pod ter. [m]	12. 12. 16 ï 10. 4. 17			10. 4. 17 ï 15. 11. 17			15. 11. 17 ï 5. 4. 18			5. 4. 18 ï 5. 10. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VHI-1	1,80	8,08	1,94	118	9,05	0,98	244	10,20	1,48	192	10,32	1,51	318
VHI-1	3,30	8,99	2,15	108	11,24	2,33	263	11,77	1,08	186	13,14	1,90	292
VHI-1	4,80	5,82	2,15	108	7,20	1,56	270	7,82	0,85	199	8,91	1,58	292
VHI-1	8,80	3,62	0,14	265	3,27	0,36	74	3,76	0,63	202	4,11	0,71	302
VHI-1A	3,70	55,00	6,07	4	64,55	9,82	23	76,45	11,93	6			
VHI-2	10,81	1,12	1,34[1]	293[1]	2,40	1,30[2]	117[2]	2,62	0,22	113	1,30	1,39	290
VHI-2A	11,24	2,83	0,50	278	4,05	1,33	148	3,97	0,10	315	3,69	1,08	281
VHI-3	5,51	10,07	0,67	253	12,97	4,91	284	13,61	0,64	241	15,10	1,65	266

CD ï celková deformácia od nultého merania (8. 10. 14); ED ï etapová deformácia; A ï azimut etapového vektora; [1] ï nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 12. 12. 16 ï 11. 4. 17; [2] ï nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 11. 4. 17 ï 15. 11. 17.

V roku 2017 boli zabezpeļené dve etapy meraní (10. apríl a 15. november). Poļas jarnej etapy bola najvyġġia pohybová aktivita nameraná vo vrte VHI-1A. Na úrovni ġmykovej plochy bol nameraný vektor 6,07 mm, ļo predstavuje priemernú rýchlosŠ deformácie 18,62 mm.rok^{-1} (s orientáciou na juhozápad aġ západ). Deformácie nad 2 mm boli namerané aj vo vrte VHI-1 na ġmykových plochách, ktoré sú v hĎbkach 3,31 a 4,81 m pod terénom (2,15 mm; 6,59 mm.rok^{-1}; s orientáciou na východ) a mierne zvýġená pohybová aktivita bola nameraná vo vrte VHI-2 (1,34 mm; 4,11 mm.rok^{-1}; s orientáciou na západ aġ severozápad). Vo vrtoch VHI-3 a VHI-2A dosahovali etapové prírastky deformácie od 0,5 do 0,67 mm. Ich vektory boli orientované na juhozápad.

Následne, poļas novembrovej etapy bol zaznamenaný nárast pohybovej aktivity vo väļġine vrtov. Najvyġġia deformácia bola opäŠ nameraná vo vrte VHI-1A s hodnotou 9,82 mm (priemerná rýchlosŠ deformácie 16,37 mm.rok^{-1}). Azimut nameraného vektoru sa voļi predchádzajúcej etape zmenil len nepatrne a koreġponduje i s hodnotami nameranými v predchádzajúcom období. Výsledná deformácia v tomto vrte na ġmykovej ploche dosiahla

hodnotu 64,55 mm (za obdobie od 8. októbra 2014 do 15. novembra 2017). Zvýšená hodnota pohybovej aktivity bola nameraná aj vo vrte VHI-3. V hĺbke 5,51 m pod terénom bola zaznamenaná deformácia 4,91 mm (8,18 mm.rok^{-1}). Azimut nameranej etapovej deformácie mal západný smer. Mierne zvýšené hodnoty deformácie boli zaznamenané aj vo vrtoch VHI-1 (v hĺbke 3,31 m pod terénom bola nameraná deformácia 2,33 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,88 mm.rok^{-1}; s azimutom na západ), VHI-2A (11,5 m od ústia pažnice; 1,33 mm; 2,22 mm.rok^{-1}; s azimutom na juhovýchod) a VHI-2 (10,8 m pod terénom; 1,3 mm; 2,17 mm.rok^{-1}; s azimutom na východ až juhovýchod). Na ostatných sledovaných žmykových plochách nepresiahli hodnoty nameraných etapových vektorov 1 mm.



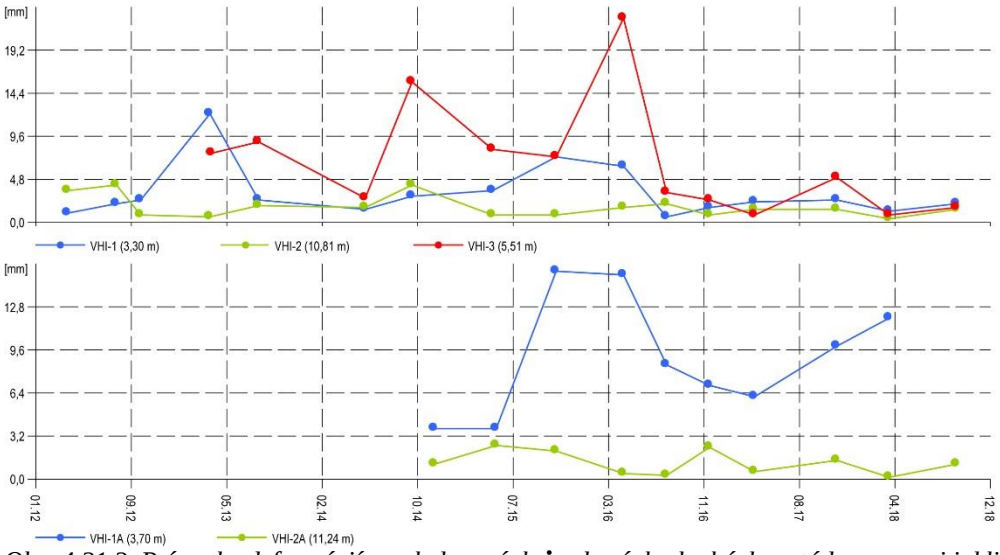
Obr. 4.21.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Vyšná Hutka (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

V roku 2018 boli merania zabezpečené v piatich vrtoch počas jarnej a jesennej meracej etapy (pri jesennom meraní vo vrte VHI-1A nastala technická porucha, v dôsledku ktorej nie je možné jednoznačne interpretovať namerané údaje). Z nameraných výsledkov vyplýva, že podobne ako v predchádzajúcich obdobiach monitorovania, i v roku 2018 je najvyššia

pohybová aktivita v oblasti vrtu VHI-1A. V hĎbke 3,7 m pod terénom na hlavnej ģmykovej ploche bol v období od 15. november do 5. apríl nameraný prírastok deformácie s hodnotou 11,93 mm (30,91 mm.rok^{-1}; azimut ï 6°). Celková deformácia na hlavnej ģmykovej ploche (3,7 m pod terénom) v období od nultého (7. október 2014) do aprílového merania 2018 dosiahla 76,45 mm, ļo v prepoļte na priemernú rýchlosŠ prestavuje 21,86 mm.rok^{-1}.

V ostatných vrtoch sa pohybová aktivita poļas jednotlivých etáp pohybovala v rozsahu od 0,1 mm (vrt ï VHI-2A; v období ï od 15. novembra 2017 do 5. apríla 2018; v hĎbke ï 11,24 m pod terénom, priemerná rýchlosŠ ï 0,26 mm.rok^{-1}, azimut ï 315°) do 1,90 mm (vrt ï VHI-1; v období ï od 5. apríla do 5. októbra; v hĎbke ï 3,3 m pod terénom, priemerná rýchlosŠ ï 3,79 mm.rok^{-1}, azimut ï 292°). Vrt VHI-1A sa nachádza v juhozápadnej ļasti chatovej oblasti, vrt VHI-2A v juhovýchodnej ļasti chatového územia a vrt VHI-1 v severozápadnej ļasti intravilánu obce.

Hodnotením výsledných deformácií na ģmykových plochách (za obdobie október 2014 ï apríl/október 2018) moģno dospieŠk záveru, ģe najväļ ģia výsledná deformácia bola dosiahnutá vo vrte VHI-1A. Na výraznej ģmykovej ploche v hĎbke 3,7 m pod terénom bol nameraný vektor 76,45 mm, ļo znamená, ģe oblasti vrtu je priemernú rýchlosŠ deformácie 21,86 mm.rok^{-1}.



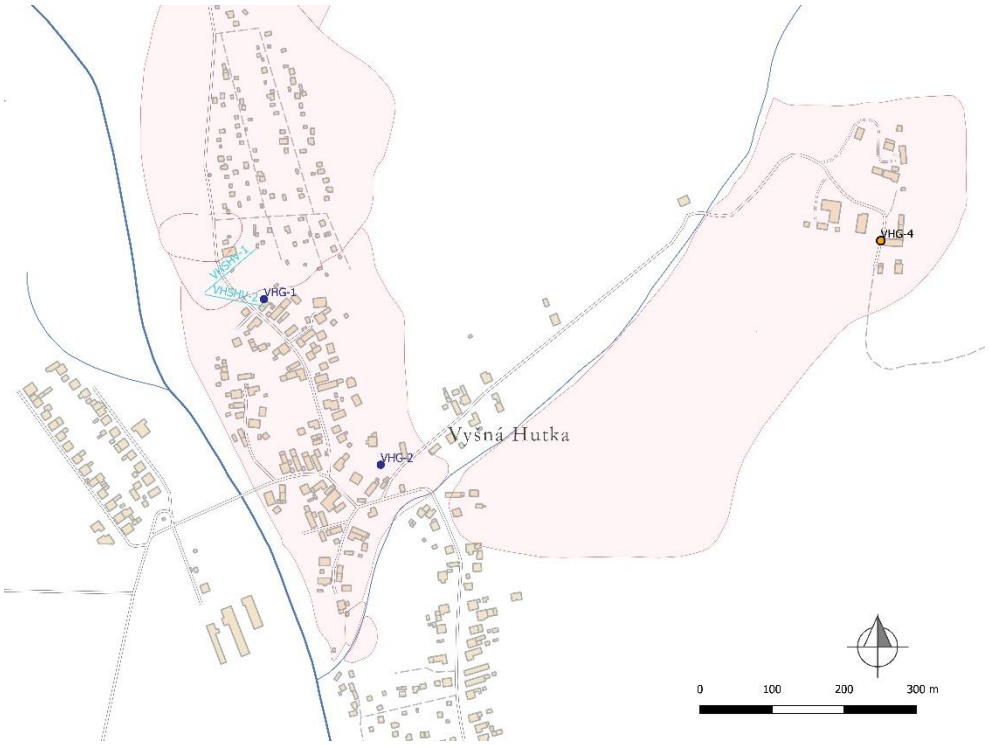
Obr. 4.21.3. Prírastky deformácií na sledovaných ģmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyģná Hutka v období rokov 2012 aģ 2018.

Vývoj deformácie na sledovaných ģmykových plochách je prezentovaný na obr. 4.21.3. Z výsledkov monitorovacích meraní vyplýva, ģe najaktívnejģím obdobím sú roky 2015 a 2016 a ļiastoļne i aktuálne hodnotný rok 2018. Najvyģģia etapová deformácia bola nameraná vo vrte VHI-3 poļas jarnej etapy meraní v roku 2016. Pomerne vysoký prírastok deformácie bol v tomto vrte nameraný i poļas jesenného merania v roku 2014. V skupine novģích vrtov boli najvyģģie etapové deformácie namerané vo vrte VHI-1A v októbri 2015 a apríli 2016. Dlhodobo nízke hodnoty sú sledované vo vrte VHI-2A. Na sledovanej ģmykovej ploche veĎkosŠ etapového vektoru ani v jednom prípade neprekroļila 3 mm.

b1/ Merania hĎbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Vyģná Hutka sú zmeny hĎbky hladiny podzemnej vody pozorované v 4 vrtoch (tab. 4.21.1; ģtatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.21.3 a 4.21.4). Situovanie monitorovacích objektov je znázornené na obr. 4.21.4. Priebehy hĎbky hladiny podzemnej vody namerané v období rokov 2017 a 2018, spolu so základnými ģtatistickými

ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.21.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú zobrazené obr. 4.21.6.



Obr. 4.21.4. Lokalita Vyšná Hutka – situácia sanačných a monitorovacích objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – modrá – piezometrické vrty, oranžová – vrt s automatickým hladinomerom, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2017 boli merania zabezpečované v období od 9. februára do 16. novembra. Merania sa vždy vykonávali v troch vrtoch VHG-1, 2 a 3. Do vrtu VHG-4 bol inštalovaný automatický hladinomer. Najbližšie k povrchu terénu sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte VHG-2 (2,25 m pod terénom – 200,16 m n. m.) počas marcového merania. V nasledujúcom období, až do konca augusta, mala hladina vo vrte klesajúci charakter. Odlišný vývoj režimových zmien bol sledovaný vo vrte VH-2. Maximálny stav hladiny podzemnej vody bol nameraný až v druhej polovici mája (5,00 m pod terénom – 196,34 m n. m.). Podobný časový posun je možné sledovať i medzi výskytom minimálnych úrovní hladiny podzemnej vody. Kým vo vrte VHG-2 bol minimálny stav nameraný koncom augusta (3,13 m pod terénom – 199,54 m n. m.), vo vrte VHG-1 až v polovici októbra (6,80 m pod terénom – 194,54 m n. m.). Vrt VHG-3 bol podobne ako v predchádzajúcom období suchý. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 4,25 m pod terénom. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 2,65 (vrt VHG-2) do 5,84 m pod terénom (vrt VHG-2). Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VHG-1 (1,8 m).

Tab. 4.21.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšná Hutka v roku 2017

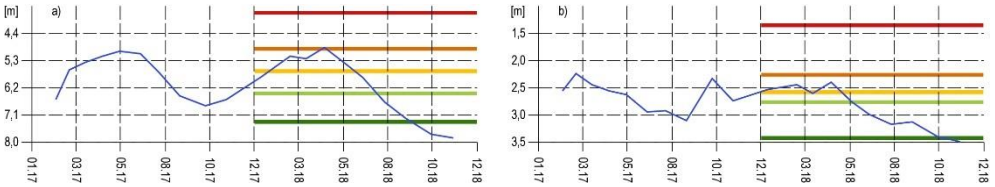
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VHG-1	10	5,00	196,34	25.05.17	6,80	194,54	12.10.17	5,84	195,50	1,80
VHG-2	10	2,25	200,16	03.03.17	3,11	199,30	31.08.17	2,65	199,76	0,86
VHG-3	10	suchý								
VHG-4	1	9,41	245,20	09.02.17						

V aktuálne hodnotenom roku 2018 sa pokraľovalo desiatimi kontrolnými meraniami, ktoré boli zabezpeľované v období od 11. januára do 23. novembra. Merania sa vġak vykonávali len v dvoch vrtoch VHG-1 a 2. Vo vrte VHG-3 boli preruġené monitorovacie aktivity, pretoġe vrt je dlhodobo suchý. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte VHG-2 (2,41 m pod terénom ï 200,00 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 25. apríla. V rovnakom termíne bola nameraná maximálna hladina podzemnej vody aj vo vrte VHG-1 (4,88 m pod terénom). Minimálne hladiny boli v oboch vrtoch namerané dŕa 23. novembra. Vo vrte VHG-2 to bolo v hĎbke 3,5 m pod terénom a vo vrte VHG-1 v hĎbke 7,89 m pod terénom. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĎbku 4,55 m pod terénom, ľo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,30 m. Výraznejġie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VHG-1 (3,01 m).

Tab. 4.21.4. Výsledky merania hĎbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyġná Hutka v roku 2018

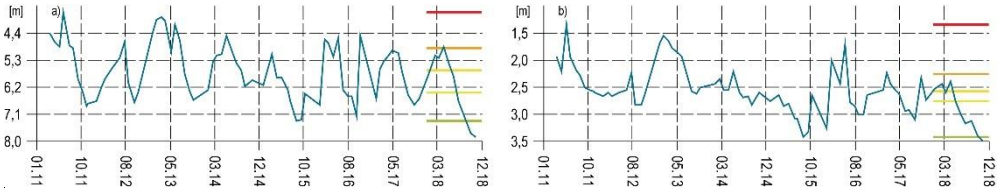
Bod	Poľet meraní	Max. úroveŕ hpv			Min. úroveŕ hpv			Priem. úroveŕ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VHG-1	10	4,88	196,46	25.04.18	7,89	193,45	23.11.18	6,20	195,14	3,01
VHG-2	10	2,41	200,00	25.04.18	3,50	198,91	23.11.18	2,90	199,51	1,09

vrt VHG-3 bol dlhodobo suchý a od roku 2018 nie je monitorovaný



Obr. 4.21.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Vyġná Hutka, vo vzŠahu k základným ġtatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenľné obdobie ï RO): a ï VHG-1, b ï VHG-2 (RO: 30. 3. 11 ï 16. 11. 17), ľervená ï maximálna, zelená ï minimálna hladina podzemnej vody nameraná poľas RO, bledozelená ï 1. kvartil, ġltá ï 2. kvartil, oranġová ï 3. kvartil odvodený z údajovo o hĎbke hladiny podzemnej vody, nameranej poľas RO.

Z dlhodobého hĎadiska mali na stabilitu zosuvného územia najväľġí vplyv hladiny podzemnej vody zaznamenané v rokoch 2011 a 2013. Ide o najvyġġie úrovne hladiny podzemnej vody namerané za celé monitorované obdobie. Zmeny hĎbky hladiny podzemnej vody sú v prevaġnej miere zákonité (najmä vo vrte VHG-1) a súvisia s roľným cyklom. Maximálna hladina býva nameraná spravidla na konci jarného, príp. na zaľiatku letného obdobia. Minimálny stav je typický pre jesenné a zimné obdobie. Vo vrte VHG-2 sa dopĎňanie zásob podzemnej vody prejavuje s väľġou retardáciou ako v prípade vrtu VHG-1, prípadne sa neprejavuje vôbec (obr. 4.21.6).



Obr. 4.21.6. Dlhodobé (2011 ï 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Vyġná Hutka, vo vzŠahu k základným ġtatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenľné obdobie ï RO): a ï VHG-1, b ï VHG-2 (RO: 30. 3. 11 ï 16. 11. 17), ľervená ï maximálna, zelená ï minimálna hladina podzemnej vody nameraná poľas RO, bledozelená ï 1. kvartil, ġltá ï 2. kvartil, oranġová ï 3. kvartil odvodený z údajovo o hĎbke hladiny podzemnej vody, nameranej poľas RO.

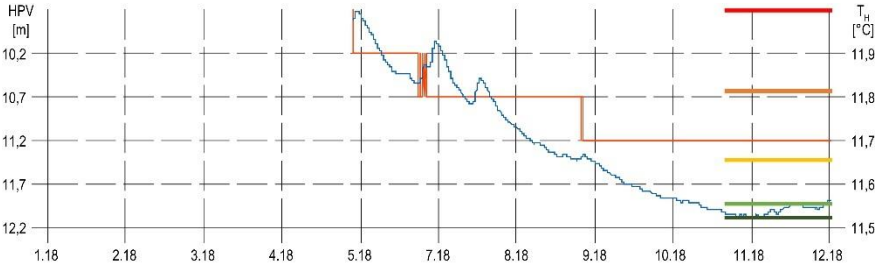
b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomermi

V máji roku 2018 bol do vrtu VHG-4 inštalovaný automatický hladinomer. Minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 12,09 m pod terénom (242,52 m n. m.) počas 23. novembra. (obr. 4.21.7) Naopak, najvyššie vystúpila 25. mája, na úroveň 9,71 m pod terénom (244,90 m n. m.; tab. 4.22.5). Hladina podzemnej vody mala počas celého roka klesajúci charakter. Zmeny hladiny podzemnej vody vzostupného charakteru boli výsledkom výdatnejších zrážkových úhrnov. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 11,30 m pod terénom (334,13 m n. m.). Amplitúda zmien v hodnotenej časti roka dosiahla 2,38 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 11,94 m pod terénom, 2. kvartil 11,44 m pod terénom a 3. kvartil 10,64 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody s hodnotou 12,0 °C bola nameraná 23. mája a naopak, najnižšia teplota s hodnotou 11,7 °C 6. septembra. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 11,8 °C.

Tab. 4.21.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Vyšná Hutka v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VHG-4	5340	9,71	244,90	25. 5. 18	12,09	242,52	23. 11. 18	11,30	243,31	2,38



Obr. 4.21.7. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v roku 2018, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Vyšná Hutka. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte VHG-4. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznačené na ľavej strane grafu – štatistické ukazovatele, sú odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané v období od 23. mája 2018 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás – minimálna hĺbka HPV, zelený pás – 1. kvartil, žltý pás – 2. kvartil, oranžový pás – 3. kvartil, červený pás – maximálna HPV.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Vyšná Hutka sú monitorované 2 odvodňovacie zariadenia (tab. 4.21.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.21.6 a 4.21.7; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení je na obr. 4.21.4).

V roku 2017 bolo realizovaných 10 kontrolných meraní, a to v období od 9. februára do 16. novembra. Vyššia výdatnosť sa udržala vo vrte VHSHV-1. Jej maximálna nameraná hodnota (30. marec) dosiahla 1,85 l.min^{-1}. Hladiny podzemnej vody v oboch sledovaných vrtoch mali v tomto období vzostupný charakter. Od konca marca mal prietoku v tomto vrte klesajúci trend. Najnižšia výdatnosť bola nameraná 31. augusta na úrovni 0,88 l.min^{-1}. Priemerná ročná výdatnosť v uvedenom vrte dosiahla 1,35 l.min^{-1}. Minimálna výdatnosť bola v rovnakom termíne nameraná aj vo vrte VHSHV-2 (0,11 l.min^{-1}). Počas nasledujúcich meraní sa prietoky na odvodňovacích zariadeniach zásadnejšie nemenili. Sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 1,52 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrná zmena (nárast o 0,07 l.min^{-1}). Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VHSHV-1 (0,97 l.min^{-1}).

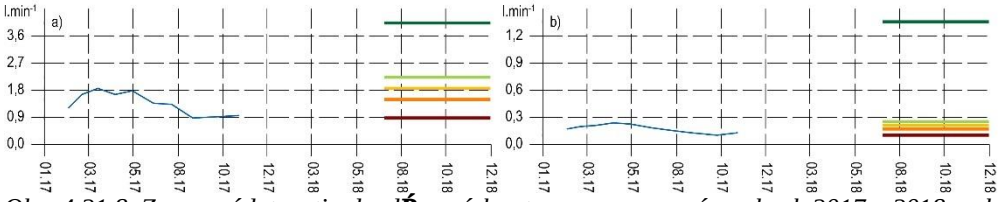
Tab. 4.21.6. Výsledky merania výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
VHSHV-1	10	1,85	30.03.17	0,88	31.08.17	1,35	0,97
VHSHV-2	10	0,23	27.04.17	0,10	12.10.17	0,17	0,13

V roku 2018 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, realizovaných v období od 11. januára do 23.novembra. Vrty boli počas všetkých meraní zaliate. Priebeh množstva odvádzanej vody v roku 2018 spolu so štatistickým vyjadrením množstiev odvádzanej vody v predchádzajúcom období znázorňuje obr. 4.21.8. Výsledky spracovania dlhšieho časového radu prietokov z monitorovaných odvodňovacích vrtov vyjadruje obr. 4.21.9.

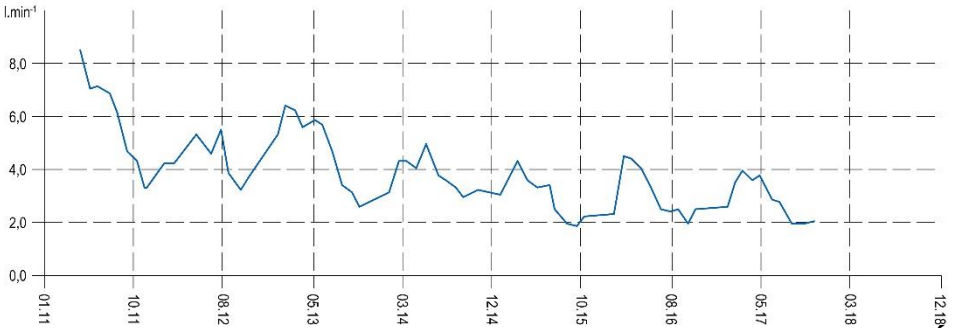
Tab. 4.21.7. Výsledky merania výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
VHSHV-1	10	Vrty boli počas všetkých meraní zaliate					
VHSHV-2	10						



Obr. 4.21.8. Zmeny výdatnosti odvodňovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Vyšná Hutka, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO: 30. 3. 11 – 27. 10. 16): a – VHSHV-1, b – VHSHV-2, červená – minimálna, tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.

Na základe štatistickej analýzy vyplýva, že podstatne vyššie výdatnosti sú pozorované na vrte VHSHV-1. Mierne prevládajú hodnoty od 1,25 do 2,25 l.min^{-1}. Vo vrte VHSHV-2 je efektivita odvádzania podzemných vôd o niečo nižšia. Prevládajúce hodnoty výdatnosti sú v intervale 0,15 až 0,25 l.min^{-1} a len vzácne sa vyskytujú hodnoty nad 1 l.min^{-1}. Pri hodnotení celej lokality prevládajú nižšie hodnoty výdatností.



Obr. 4.21.9. Dlhodobé (2013 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti z vybraných odvodňovacích vrtov na lokalite Vyšná Hutka. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: VHSHV-1 a VHSHV-2.

Pri posudzovaní dlhšieho časového obdobia, podobne ako v prípade aktuálne hodnoteného roka, zmeny výdatnosti priamo súvisia s kolísaním hladiny podzemnej vody. Maximálna hodnota spoločnej výdatnosti bola zaznamenaná na začiatku monitorovania (28. apríl 2011 – 4,44 l.min^{-1}; VHSHV-1 – 4,02 l.min^{-1}; VHSHV-2 – 0,42 l.min^{-1}). Naopak, najnižšia hodnota

výdatnosti bola nameraná v roku 2015 počas októbrového merania (5. október 2015 – 0,98 l.min^{-1}; VHSHV-1 – 0,88 l.min^{-1}; VHSHV-2 – 0,10 l.min^{-1}). Z nameraných hodnôt vyplýva, že odvodňovacie vrty sa na znižovaní hladiny podzemnej vody podieľajú i počas suchých období. Zároveň treba poznamenať, že počas päťročného obdobia monitoringu je jasne pozorovateľný trend postupného poklesu hodnôt spoločnej výdatnosti (obr. 4.22.8).

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Vyšný Ľaj s indikatívom 60100 (obr. 4.1.13a a 4.1.13b). Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.1 (lokalita Nižná Myšľa).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Vyšná Hutka, kde značnú časť intravilánu obce ohrozujú potenciálne svahové poruchy, sú monitorovacie činnosti zabezpečované formou inklinometrických a režimových meraní.

V roku 2018 boli merania zabezpečené v piatich vrtoch počas jarnej a jesennej meracej etapy (pri jesennom meraní vo vrte VHI-1A nastala technická porucha, v dôsledku ktorej nie je možné jednoznačne interpretovať namerané údaje). Z nameraných výsledkov vyplýva, že podobne ako v predchádzajúcich obdobiach monitorovania, i v roku 2018 je najvýznamnejšia pohybová aktivita v oblasti vrtu VHI-1A. Ide o menší parciálny zosuv, ktorý sa reaktivoval v roku 2010 v juhozápadnej časti chatárskej kolónie. Pri jarnej, ale hlavne jesennej kontrolnej etape, boli na úrovni šmykových plôch namerané veľmi výrazné vektory. Ich azimuty korešpondujú i s hodnotami nameranými v predchádzajúcom období, vďaka čomu výsledná deformácia inklinometrickej pažnice dosiahla hodnotu 76,45 mm (za obdobie od 8. októbra 2014 do 5. apríla 2018). Tento stav je možné označiť za kritický, tak z hľadiska stability územia v okolí monitorovacieho objektu, ako aj z hľadiska priechodnosti vrtu.

Režimové pozorovania hladiny podzemnej vody boli v roku 2018 zabezpečované v dvoch vrtoch, oproti 4 vrtom v roku 2017 (vrt VHG-3 je dlhodobo suchý a do vrtu VHG-4 bol v máji inštalovaný automatický hladinomer). Vo vrtoch VHG-1 a VHG-2 bol v porovnaní s predchádzajúcim rokom pozorovaný pokles hladiny podzemnej vody. Hladiny v oboch piezometroch prekročili minimálny stav referenčného obdobia. Vo vrte VHG-4, bola meraná hladina vody pomocou automatického hladinomera. Hladina podzemnej vody mala počas celého roka klesajúci charakter. Zmenami hladiny podzemnej vody vzostupného charakteru súviseli s výdatnejšími zrážkovými úhrnmi. Z dlhodobého hľadiska je pri hodnotení vývoja hladiny podzemnej vody pozorovaný trend mierneho zostupu.

V roku 2018 boli vrty počas všetkých meraní zaliate. V roku 2017 však bola zaznamenaná najnižšia spoločná výdatnosť za celé monitorované obdobie. Z analýzy údajov zo stanice SHMÚ Vyšný Ľaj vyplýva, že zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody, ale i výdatnosti odvodňovacích vrtov, sú vo veľkej miere determinované klimatickými faktormi, najmä však zimnými a jarnými zrážkovými úhrnmi.

Monitorovaný zosuv ohrozuje veľké množstvo stavebných objektov, infraštruktúru, ale najmä obyvateľov obce. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú ďalej monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s projektom ĽMS – GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva

predovġetkým v kontinuálnom ï on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.22. Lokalita Varhaľovce

Stručná charakteristika lokality

Svahy v obci Varhaľovce postihujú svahové deformácie rôzneho charakteru. V roku 2010 sa aktivizovali zosuvy v dvoch častiach obce; na ľavom a na pravom brehu potoka Ondavec, vo východnej časti obce. Pozornosť je venovaná zosuvu, ktorý sa nachádza v juhovýchodnej časti katastra obce a ohrozuje miestnu kolóniu. Zosuv má prúdový tvar s dĺžkou cca 535 m a šírkou cca 270 m.

Monitorovacie merania sú v poslednom období zamerané výlučne na režimové pozorovania v jedinom funkčnom piezometrickom vrte. Bližšie informácie o lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Tupý et al., 2010a), ako i monitorovania za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.22.1.

Tab. 4.22.1. Prehľad monitorovacích aktivít uskutočnených na lokalite Varhaľovce v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	VV-6	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Ploské (indikatív 59340)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na zosuvnej lokalite je funkčný jeden piezometrický vrt (štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.22.2 a 4.22.3). Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody v hodnotených rokoch 2017 a 2018 sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, znázornené na obr. 4.22.1. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody, charakterizujúce celé monitorované obdobie, sú znázornené na obr. 4.22.2.

V roku 2017 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (od 8. februára do 15. novembra). Hladina podzemnej vody v jedinom monitorovanom vrte kolísala v oblasti dlhodobého priemeru. Na konci zimného obdobia bol zaznamenaný jej relatívne prudký vzostup, počas ktorého dosiahla maximálny stav (zaznamenaný v hĺbke 2,26 m pod terénom; 314,42 m n. m.). V nasledujúcom období, trvajúcom až do konca augusta, mala hladina klesajúci charakter. Najhlbšie pod terénom bola nameraná 28. augusta s hodnotou 6,13 m pod terénom (310,55 m n. m.). Počas nasledujúcich meraní hladina opäť mierne stúpla.

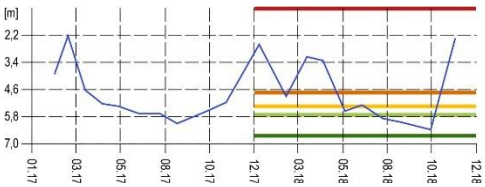
Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 4,97 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zostup o 0,61 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 3,87 m.



Obr. 4.22.3. Lokalita Varhaňovce – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania. Ohraničenie zosuvu podľa Tupého et al. (2011), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.22.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Varhaňovce v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VV-6	10	2,26	314,42	01.03.17	6,13	310,55	28.08.17	4,97	311,71	3,87



Obr. 4.22.1. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody vo vrte VV-6, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Varhaňovce, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO: 29. 3. 11 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

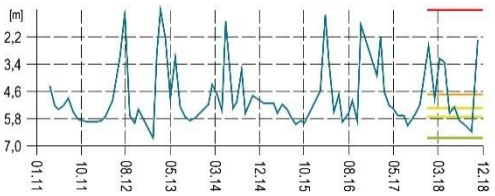
Počas roka 2018 sa merania vykonávali v období od 10. januára do 26. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná v hĺbke 2,35 m pod terénom (314,33 m n. m.). Tento stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 26. novembra. Naopak, najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala 17. októbra (6,39 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 4,56 m pod terénom, čo je

oproti roku 2017 vzostup o 0,37 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 4,04 m.

Tab. 4.22.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Varhaľovce v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VV-6	10	2,35	314,33	26.11.18	6,39	310,29	17.10.18	4,56	312,12	4,04

Pri hodnotení záznamov dlhšieho časového obdobia je pozorovateľná periodicita výskytu náhlych vzostupov hladiny podzemnej vody. Vyskytujú sa nepravidelne v jarnom až letnom období, v závislosti od klimatických ukazovateľov.

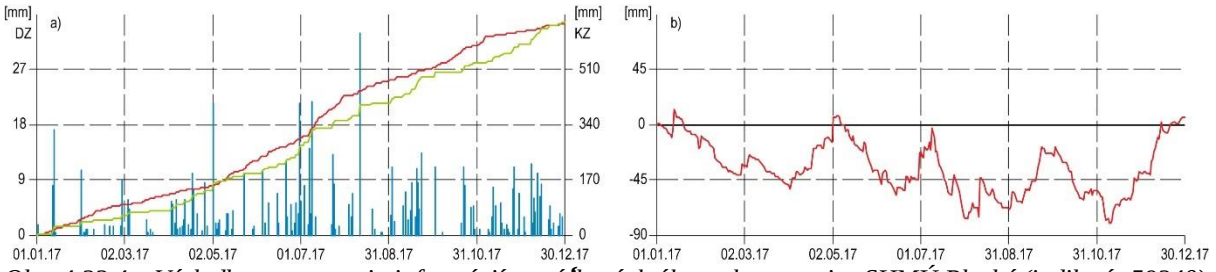


Obr. 4.22.2. Dlhodobé (2011 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody vo vrte VV-6 na lokalite Varhaľovce, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO: 29. 3. 11 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Ploské s indikatívom 59340 (obr. 4.22.4a a 4.22.4b). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2017 predstavuje 646,3 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 757,6 mm (rok 2012); priemerný mesačný úhrn 54,5 mm a maximálny mesačný úhrn 230,0 mm (júl 2012). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 29. júna 2012 do 29. júla 2012) dosiahol 230,0 mm.

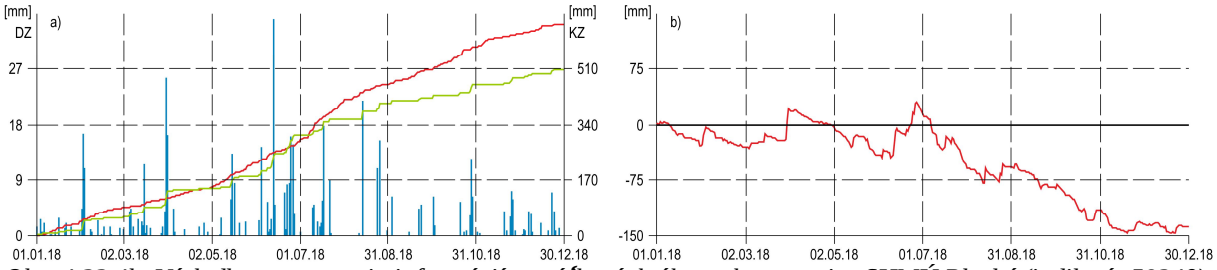
V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 653,1 mm. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (103,5 mm) a najvyšší denný úhrn 12. augusta (32,9 mm). Najsuchším mesiacom bol február s 20,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 12. júna do 12. júla (118,3 mm).



Obr. 4.22.4a. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Ploské (indikatív 59340); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 509,5 mm, čo predstavuje 78,83 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn

nameraný poľas júna (126,2 mm) a najvyšší denný úhrn 13. júna (35,0 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 16,3 mm zrážok. TridsaťdňovéŠ kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 2. júna do 2. júla (126,8 mm) a naopak, poľas najsuchšieho tridsaťdňovéŠho obdobia (od 6. apríla do 6. mája), sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 5,0 mm.



Obr. 4.22.4b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Ploské (indikatív 59340); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Od roku 2014 je na lokalite VarhaŕovceŠ pozornosť venovaná výluč ne reţimovým ukazovateľom v jedinom funkč nom piezometrickom vrte. V minulosti zabezpeč ované inklinometrické merania boli preruţené v dôsledku poruţenia monitorovacej siete samotným svahovým pohybom. Z toho vyplýva, ţe daná lokalita je mimoriadne pohybovo aktívna. Čiaľ dodatoč ne zabezpeč ené monitorovanie pomocou technológie InSAR sa ukázalo, vzhľadom na špecifiká monitorovanej oblasti, ako málo preukazné.

V roku 2018 sa pokrač ovalo v monitorovaní hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Z meraní vyplýva, ţe v roku 2018 došlo, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, k miernemu vzostupu hladiny podzemnej vody. Zmeny hladiny podzemnej vody v roku 2018 nadväzujú na výsledky z obdobia rokov 2013 aţ 2017. Poukazujú na pomerne pravidelné kolísanie v dôsledku klimatických pomerov. Maximálne hodnoty sú zaznamenané prevaţne v zimných a jarných mesiacoch a minimálne v jesenných mesiacoch.

V roku 2019 plánujeme pokrač ovaťŠ v reţimových meraniach s mesač nou frekvenciou (10 meraní za rok). ZároveňŕŠ budú spracované a vyhodnotené údaje zo zrážkomernej stanice SHMÚ Ploské.

1.4.23. Lokalita Vyšný Ľaj

Stručná charakteristika lokality

V obci, ktorá prakticky celá leží na viacerých potenciálnych svahových poruchách staršieho veku, sa v roku 2010 aktivizovali štyri zosuvy. Tri menšie zosuvy sa nachádzali v okrajových častiach katastra mimo obývaného územia. Najväčší a najvážnejší zosuv sa aktivizoval v severozápadnej časti intravilánu obce. Zosuv ohrozuje miestnu infraštruktúru, cintorín a časť zástavby. Rozmery zosuvu sú 390 m (dĺžka) krát 400 m (šírka).

Monitorovacie merania sa vykonávajú na sieti inklinometrických a piezometrických vrtov. Zároveň sa sledujú aj výdatnosti subhorizontálnych odvodňovacích vrtov. Podrobnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Grman et al., 2010), ako aj z monitorovania za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.23.1.

Tab. 4.23.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšný Ľaj v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	2	VĽI-1, VĽI-2	2 *10. apríl, 15. november)*	2 *5. apríl, 5. október)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	VĽHG-2, VĽHG-3	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*	10 *(11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 23. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	VĽSHV-1 až 4	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*	10 *(11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 23. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Vyšný Ľaj (indikatív 60100)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa realizujú v dvoch vrtoch (VĽI-1 a 2; obr. 4.23.1), ktoré sú situované neďaleko miestneho cintorína. Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.23.2.

V roku 2017 sa pokračovalo v rovnakom režime ako v predchádzajúcom období. Počas jarného merania, ktoré charakterizuje pohybovú aktivitu za približne sedem mesačné obdobie, boli v oboch vrtoch na úrovni sledovaných horizontov namerané relatívne priaznivé hodnoty. Etapové vektory totiž ani v jednom z monitorovaných objektov nepresiahli 0,5 mm. Ich orientácia bola na sever a východ. K nárastu etapovej deformácie nedošlo ani počas nasledujúceho novembrového merania. Vo vrte VĽI-1 v hĺbke 6,23 m pod terénom bola nameraná deformácia 0,45 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť 0,75 mm.rok^{-1}) s azimutom

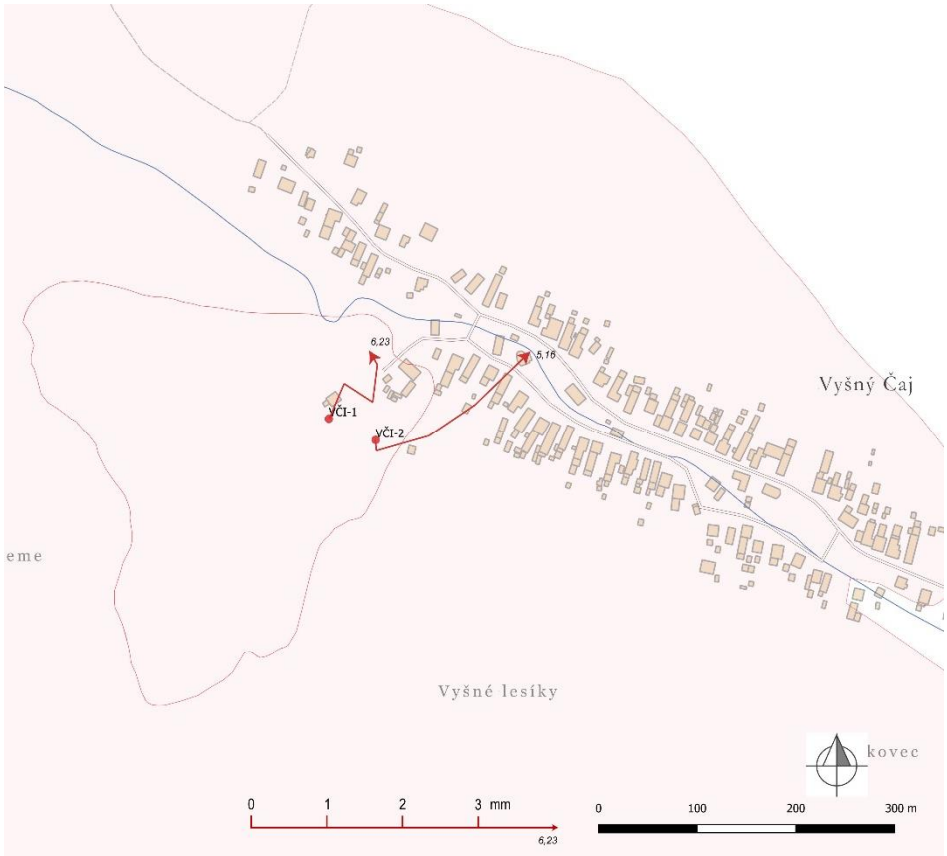
na juhovýchod. Vo vrte VĽI-2 v hĎbke 5,14 m pod terénom dosiahol etapový prírastok deformácie 0,72 mm (1,2 mm.rok^{-1}) s azimutom na severovýchod aģ východ.

V roku 2018 bol dokumentovaný relatívne priaznivý stabilitný stav. Etapové vektory ani na jednej sledovanej ģmykovej ploche neprekroļili hodnotu 1 mm. Najvyģģí etapový prírastok deformácie bol zaznamenaný vo vrte VĽI-2. V období od 5. apríla do 5. októbra v hĎbke 5,16 m pod terénom bol na ģmykovej ploche nameraný vektor 0,91 mm, ļo predstavuje priemernú rýchlosŠ 1,81 mm.rok^{-1} (azimut ï 46° ï v smere spádnice svahu). Ostatné namerané vektory na sledovaných ģmykových plochách sa pohybovali v intervale od 0,1 mm (VĽI-1, v období od 5. apríla do 5. októbra, 1,89 mm.rok^{-1}) od 0,73 mm (VĽI-2, v období od 15. novembra 2017 do 5. apríla 2018, 1,89 mm.rok^{-1}).

Tab. 4.23.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyģný Ļaj v rokoch 2017 a 2018

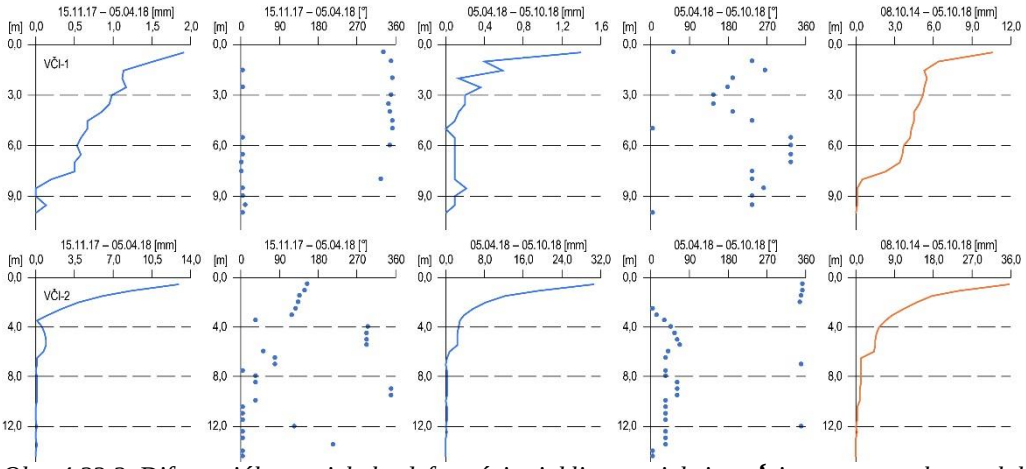
Bod	HĎbka pod ter. [m]	29. 9. 16 ï 10. 4. 17			10. 4. 17 ï 15. 11. 17			15. 11. 17 ï 5. 4. 18			5. 4. 18 ï 5. 10. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VĽI-1	6,23	2,93	0,50	23	3,20	0,45	123	3,42	0,50	7	3,41	0,10	330
VĽI-2	5,16	1,80	0,14	175	2,43	0,72	74	3,16	0,73	56	4,06	0,91	46

CDïcelková deformácia od nultého merania (8. 10. 14); EDïetapová deformácia; Aïazimut etapového vektora.



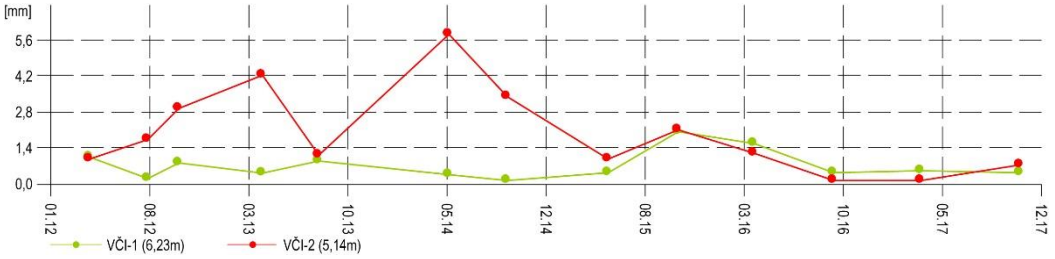
Obr. 4.23.1. Lokalita Vyģný Ļaj ï vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.24.2; ļísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch oznaļujú hĎbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohranilenie zosuvu podĎa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

Z vývoja analyzovaných parametrov na obr. 4.24.2 predpokladáme, ģe vo vrte VĽI-1 sa ģmyková plocha nachádza v hĎbke 7 m od ústia paģnice (6,23 m pod terénom), vo vrte VĽI-2 je to o nieļo plytģie, v hĎbke 6 m od ústia paģnice (5,14 m pod terénom). Celková deformácia inklinometrických paģníc v hĎbke predpokladanej ģmykovej plochy sa pohybuje v intervale od 4,06 mm (VĽI-2; 1,02 mm.rok^{-1}) do 3,41 (VĽI-1; 0,85 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.23.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Vyšný Ľaj (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Vývoj deformácie na sledovaných šmykových plochách, prezentovaných na obr. 4.23.3 naznaľuje, že v oblastiach jednotlivých vrtov sú odlišné stabilitné pomery. Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná vo vrte VĽI-2. Počas júnovej etapy v roku 2014 bola zaznamenaná deformácia 5,85 mm (7,46 mm.rok^{-1}). Azimut uvedeného vektoru bol orientovaný na juhozápad. Pomerne vysoká hodnota prírastku etapovej deformácie bola nameraná i 16. apríla 2013, kedy na sledovanej šmykovej ploche bola nameraná hodnota 4,25 mm (8,30 mm.rok^{-1}). Od roku 2015 majú vektory deformácie v tomto vrte klesajúci trend a od jesenného merania 2016 neprekročili hodnotu 1 mm. Pohybová aktivita sledovaná počas jednotlivých kontrolných meraní vo vrte VĽI-1 sa pohybuje v intervale od 0,1 do 2,02 mm (4,68 mm.rok^{-1}; 23. október 2015).



Obr. 4.23.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Ľaj v období rokov 2012 až 2018.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Vyšný Ľaj sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v dvoch vrtoch (tab. 4.23.1.; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.23.3 a 4.23.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.23.4). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v období rokov 2017 a 2018, sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, znázornené na obr. 4.23.5. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2011 až 2018 je znázornený na obr. 4.23.6.

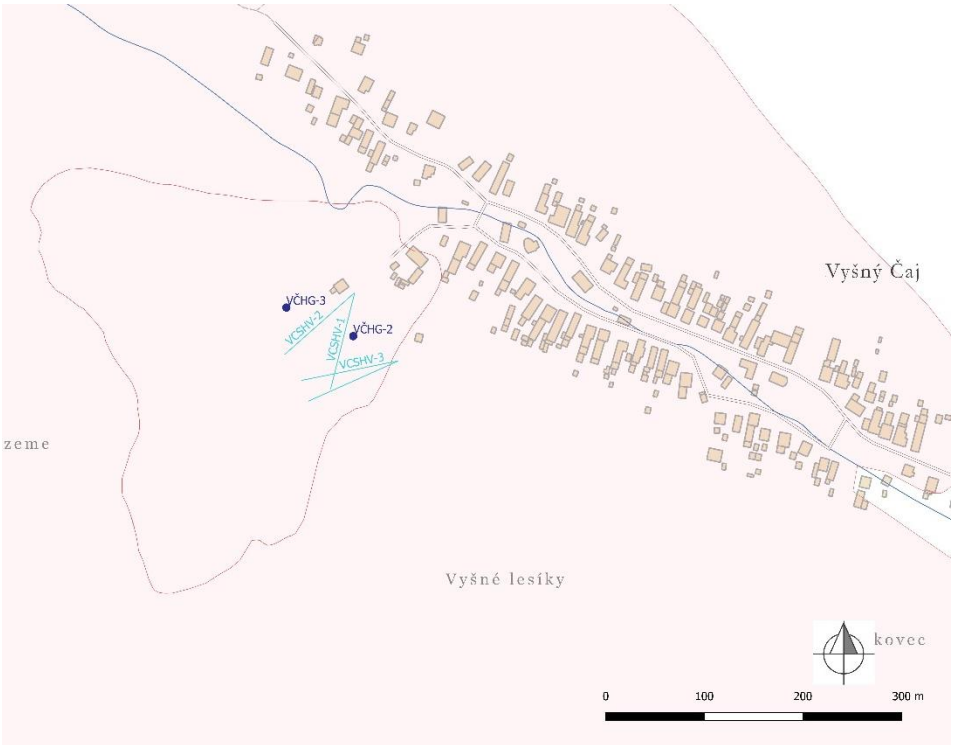
V roku 2017 bolo v oboch vrtoch zabezpečených po 10 kontrolných meraní (od 9. februára do 16. novembra). Keďže vrty sa nachádzajú relatívne blízko pri sebe, priebehy hladiny v jednotných vrtoch majú osobitý charakter. Na zimné zrážky citlivejšie reagovala hladina podzemnej vody vo vrte VĽHG-3. Z tohto dôvodu bol maximálny stav v tomto vrte zaznamenaný až začiatkom marca (1,87 m pod terénom; 253,47 m n. m.). Vo vrte VĽHG-2 sa

pod najvyšší stav hladiny podzemnej vody (3,59 m pod terénom; 251,10 m n. m.; 25. máj) podpísali aj jarné zrážky, predovšetkým však zrážkový úhrn zo dňa 3. mája, kedy na stanici SHMÚ Vyšný Čaj namerali aj 38,5 mm zrážok. Minimálne hladiny podzemnej vody boli v obidvoch vrtoch pozorované aj na konci monitorovaného obdobia (16. november). Navyše, minimálna hladina podzemnej vody nameraná v hodnotenom roku vo vrte VČHG-2 (5,16 m pod terénom; 249,53 m n. m.) je zároveň i najnižšou hladinou za celé monitorované obdobie.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 4,36 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,14 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 3,36 (vrt VČHG-3) do 4,42 m pod terénom (vrt VČHG-2). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VČHG-3 (2,55 m).

Tab. 4.23.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VČHG-2	10	3,59	251,10	25.05.17	5,16	249,53	16.11.17	4,42	250,27	1,57
VČHG-3	10	1,87	253,47	03.03.17	4,42	250,92	16.11.17	3,36	251,98	2,55



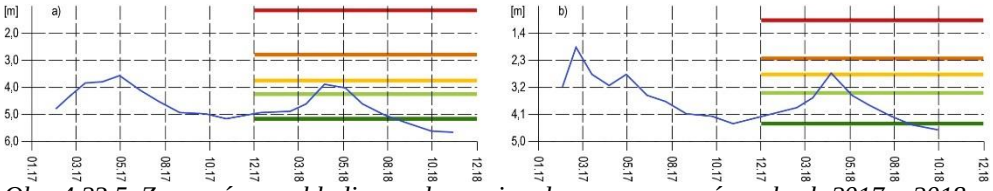
Obr. 4.23.4. Lokalita Vyšný Čaj – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.23.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VČHG-2	10	3,90	250,79	25.04.18	5,69	249,00	23.11.18	4,87	249,82	1,79
VČHG-3	10	2,76	252,58	25.04.18	4,63	250,71	18.10.18	3,85	251,49	1,87

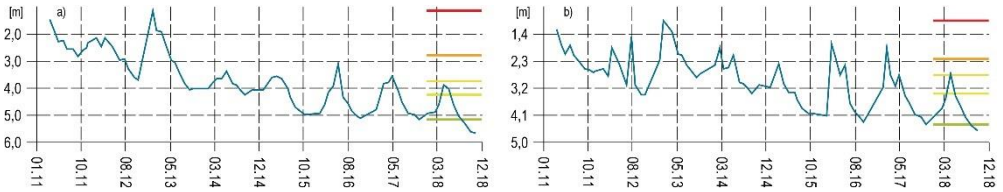
V aktuálne hodnotenom roku 2018 bolo v oboch vrtoch zabezpečených po 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 11. januára do 23. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte VČHG-3 v hĺbke 2,76 m pod terénom (252,58 m n. m.). Tento

vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 25. apríla. V rovnakom termíne bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná aj vo vrte VĽHG-2 (3,90 m pod terénom). Po dosiahnutí maximálnych stavov zaľala hladiny podzemnej vody klesať. Minimálne stavy boli zaznamenané posledným kontrolným meraním. Najhlbšia hladina podzemnej vody (5,69 m pod terénom; 23. novembra) bola zaznamenaná vo vrte VĽHG-2.



Obr. 4.23.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Vyšný Ľaj, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – VĽHG-2, b – VĽHG-3 (RO: 28. 3. 11 – 16. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 4,36 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom identická hodnota. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 3,85 (vrt VĽHG-3) do 4,87 m pod terénom (vrt VĽHG-2). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VĽHG-3 (1,87 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2018 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2017) vyplýva, že v oboch vrtoch boli prekročené dlhodobé minimálne stavy (obr. 4.23.6).

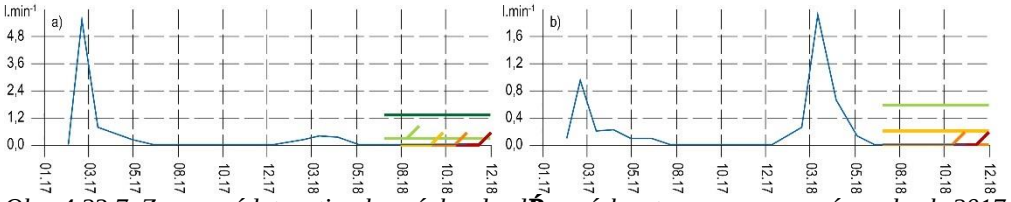


Obr. 4.23.6. Dlhodobé (2011 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Ľaj, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – VĽHG-2, b – VĽHG-3 (RO: 28. 3. 11 – 16. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Pri pohľade na dlhodobý vývoj hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch na obr. 4.23.6 je vidieť, že po odvŕtaní vrtu, resp. na začiatku monitorovania sa nachádzali približne v jednej hĺbkovej úrovni. K diferenciácii hĺbok došlo až neskôr, čo môže súvisieť s vybudovaným hĺbkovým odvodnením. V obidvoch prípadoch však možno sledovať podobný vývoj. Maximálne stavy boli namerané v zimných mesiacoch roku 2013, odkedy majú zostupnú tendenciu.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Vyšný Ľaj sú pozorované štyri odvodňovacie zariadenia (tab. 4.23.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.23.5 a 4.23.6). Počas rokov 2017 a 2018 bolo zrealizovaných po 10 kontrolných meraní. Hodnotenie výdatnosti komplikuje nedostatočne dimenzované odtokové potrubie. Voda sa hromadí v zbernej šachte a vrty VĽSHV-3 a 4 sú značnú časť pozorovaného obdobia zaplavené. Čalšou negatívnou skutočnosťou je, že vrty VĽSHV-1 a 2 sú pomerne často suché, prípadne len kvapkajú. V roku 2017 to bolo počas 8 meraní a v roku 2018 až počas 7 meraní vo vrte VĽSHV-1, resp. 6 meraní vo vrte VĽSHV-2. Z uvedeného vyplýva, že hodnotiť výdatnosť na tejto lokalite je obtiažne, a tak pozornosť venujeme len skutočne nameraným hodnotám.



Obr. 4.23.7. Zmeny výdatnosti vybraných odvodňovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Vyšný Ľaj, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO: 28.03.11 – 27.10.16): a – VĽ-SHV-1, b – VĽ-SHV-2 (max. hodnota počas RO: 8,10 l.min^{-1}), červená – minimálna, tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO (v prípade, že údaj nie je uvedený v grafe, jeho hodnota je uvedená v zátvorke), oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.

V roku 2017 sa merania vykonávali od 9. februára do 16. novembra. Vo vrte VĽ-SHV-1 bol počas marcového merania nameraný prietok 5,55 l.min^{-1}, ktorým bola výrazne prekročená maximálna hodnota nameraná v predchádzajúcom období (obr. 4.23.7). Z vrtov VĽ-SHV-3 a 4, v období keď neboli zaplavené, voda len kvapkala. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 0,78 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VĽ-SHV-1 (5,55 l.min^{-1}). Druhým zásadným nedostatkom monitorovacieho systému je nízka frekvencia merania. Na základe doterajších výsledkov, ale najmä na báze vykonanej analýzy predpokladáme, že kolísanie hodnôt prietokov je podstatne väčšie než sme v súčasnosti schopní zaznamenať.

V roku 2018 sa merania realizovali v období od 11. januára do 23.novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. marca na odvodňovacom vrte VĽ-SHV-2 (1,91 l.min^{-1}). Minimálna nameraná výdatnosť dosiahla 1. marca hodnotu 0,22 l.min^{-1}, prílom bol prietok ešte zaznamenaný 25. apríla (0,31 l.min^{-1}). V máji už len kvapkal a v ostatných mesiacoch bol suchý. Priemerná výdatnosť na objekte dosiahla 0,30 l.min^{-1}. Stály prietok vykázal len vrt VĽ-SHV-3, s maximom 30. mája (0,79 l.min^{-1}) a minimom 18. októbra (0,44 l.min^{-1}) a priemernou výdatnosťou 0,58 l.min^{-1}. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 0,97 l.min^{-1}, čo predstavuje nárast oproti roku 2017 o 0,19 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VĽ-SHV-2 (1,91 l.min^{-1}).

Tab. 4.23.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Ľaj v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
VĽ-SHV-1	10	5,55	03.03.17	0,00	28.06.17	0,70	5,55
VĽ-SHV-2	10	0,94	03.03.17	0,00	31.08.17	0,17	0,94
VĽ-SHV-3	10[1]	0,00	12.10.17	0,00	12.10.17	0,00	0,00
VĽ-SHV-4	10[1]	0,00	12.10.17	0,00	12.10.17	0,00	0,00

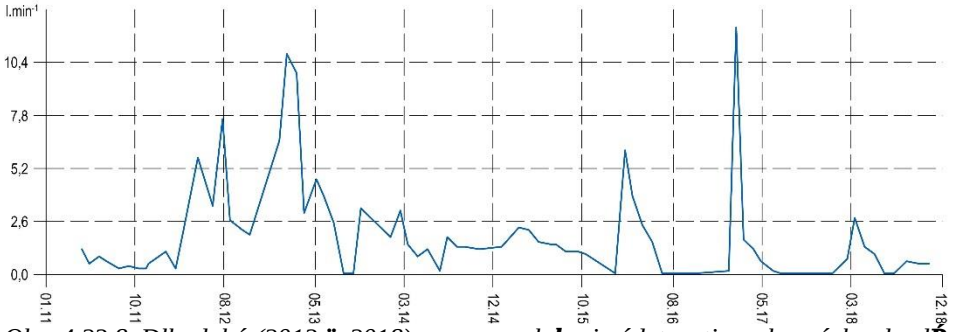
[1] *– prietok bol počas viacerých termínov režimových pozorovaní nemeratelný, ústia vrtov boli zatopené vodou.*

Tab. 4.23.6. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Ľaj v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
VĽ-SHV-1	10	0,41	27. 3. 18	0,00	11. 1. 18	0,09	0,41
VĽ-SHV-2	10	1,91	27. 3. 18	0,00	2. 8. 18	0,30	1,91
VĽ-SHV-3	10	0,79	30. 5. 18	0,44	18. 10. 18	0,58	0,35
VĽ-SHV-4	10	zaliaty, suchý					

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné konštatovať, že maximálna výdatnosť bola nameraná v roku 2017 (sumárny priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení je znázornený na obr. 4.23.8). Na základe porovnania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a zmien výdatnosti odvodňovacích zariadení je možné usúdiť, že väčšina objemu odvádzanej vody je úmerná výške hladiny podzemnej vody. Z tohto hľadiska je možné drenážne objekty hodnotiť ako efektívne. Ako však už bolo spomenuté, vážny nedostatok

predstavuje nedostatoľne dimenzované potrubie, ktorého úlohou je odvádzanie vôd zo zbernej ģachty. Tento nedostatok sa prejavuje kumuláciou vody v zbernej ģachte, ľím sa zniģuje úľinnosť odvodňovacích vrtov (VĽ-SHV-3 a 4).



Obr. 4.23.8. Dlhodobé (2013 – 2018) zmeny spoloľnej výdatnosti z vybraných odvodňovacích vrtov na lokalite Vyģný Ľaj. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: VĽ-SHV-1 a VĽ-SHV-2

d/ Merania zráģkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zráģkach, preberané zo staníc SHMÚ Vyģný Ľaj s indikatívom 60100 (obr. 4.1.13). Informácia o zráģkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.1 (lokalita Niģná Myģľa).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Vyģný Ľaj sú monitorovacie aktivity zabezpeľované formou inklinometrických a reģimových meraní v blízkosti miestneho cintorína. Pri porovnaní nameraných výsledkov pohybovej aktivity s prechádzajúcim rokom, doģlo v roku 2018 k miernemu nárastu. Pohybová aktivita, sledovaná na ģmykových plochách poľas jednotlivých etáp hodnoteného roka, nepresiahla 0,91 mm.

K danej situácii dozaista pozitívne prispel i vývoj reģimových ukazovateľov. Z nameraných údajov vyplýva, ģe hladina podzemnej vody sa poľas väľšiny kontrolných meraní nachádzala pod úrovňou 2. kvartilu. Poľas letného a jesenného obdobia hladiny klesli pod minimálne hodnoty referenľného obdobia. Na priebehu hladiny v oboch vrtoch je zrejmí trend postupného poklesu.

Pri hodnotení úľinnosti hĺbkovej drenáģe, ktorá výraznou mierou ovplyvňuje stabilitu zosuvného územia, opakovane upozorňujeme, ģe vďaka nevhodne dimenzovanému potrubiu, ktoré odvádza vodu do recipienta, dochádza k jej kumulácii v zbernej ģachte a tým pádom i k strate úľinnosti tohto sanaľného opatrenia. Zároveň treba poznamenať, ģe vo vrte VĽ-SHV-1, kde bola v roku 2017 nameraná najvyššia hodnota výdatnosti za celé monitorované obdobie, doģlo v roku 2018 k jej výraznému poklesu.

Ďalším nedostatkom, ktorý však súvisí so samotným monitorovaním, je nízka frekvencia meraní hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení. Riešením súľasnej situácie je inštalácia automatických hladinomerov a prietokomerov.

V roku 2019 je plánované pokraľovanie v monitorovacích meraniach. Rozsah a frekvencia reģimových pozorovaní a inklinometrických meraní budú zachované ako v roku 2018.

1.4.24. Lokalita Nižná Hutka

Stručná charakteristika lokality

Rozsiahle zosuvné územie postihuje značnú časť intravilánu obce. Monitorovacie aktivity sa sústreďujú prevažne na zosuv, ktorý vznikol v roku 2010 v severnej časti obce a ohrozoval početnú zástavbu rodinných domov, ako aj miestny kostol.

Celá monitorovacia sieť je rozdelená do troch samostatných častí v rámci intravilánu obce. Od roku 2014 sa merania vykonávajú na súbore inklinometrických, dvoch piezometrických a troch odvodňovacích objektoch. Dva odvodňovacie vrty sa nachádzajú v severnej časti obce a jeden v južnej časti obce. Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu a sanácie (Grman et al., 2010, Grman et al., 2012, Fekete et al., 2014g in Šimeková et al., 2014), ako aj z monitorovania z roku 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.24.1.

Tab. 4.24.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Nižná Hutka v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	6	NHI-1, 2, 3 VNI-1, 2, 3	2 *(10. apríl, 11. apríl, 7. december)*	2 *(4. máj, 5. november)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	NHG-1, 2[1]	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*	10 *(11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 3. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	14	J-1 až J-5, NHSHV-1 až 3, S1 až S6	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*	10 *(11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 3. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanica SHMÚ: Vyšný Kaj (indikatív 60100)	*Denné úhrny zrážok*	

[1] *údaje nie sú zahrnuté do analýz*

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania v rokoch 2017 a 2018 boli zabezpečované na všetkých 6 vrtoch. Počas oboch rokov boli zabezpečené zhodne dve etapy meraní – jarná a jesenná etapa. V roku 2017 bola počas jarného merania, ktoré charakterizuje prírastky deformácie v období od septembra 2016 do apríla 2017, najvyššia pohybová aktivita zaznamenaná vo vrte NHI-1A. Relatívne plytko pod terénom bola nameraná deformácia 5,88 mm (11,06 mm.rok^{-1}) s azimutom 227°. Vrt sa nachádza v južnej časti katastrálneho územia obce. Vektory s hodnotou nad 1 mm boli namerané aj na štiastkových šmykových plochách vo vrte NHI-3A. Najaktívnejšia šmyková plocha v tomto vrte bola v hĺbke 5,3 m pod terénom s etapovým

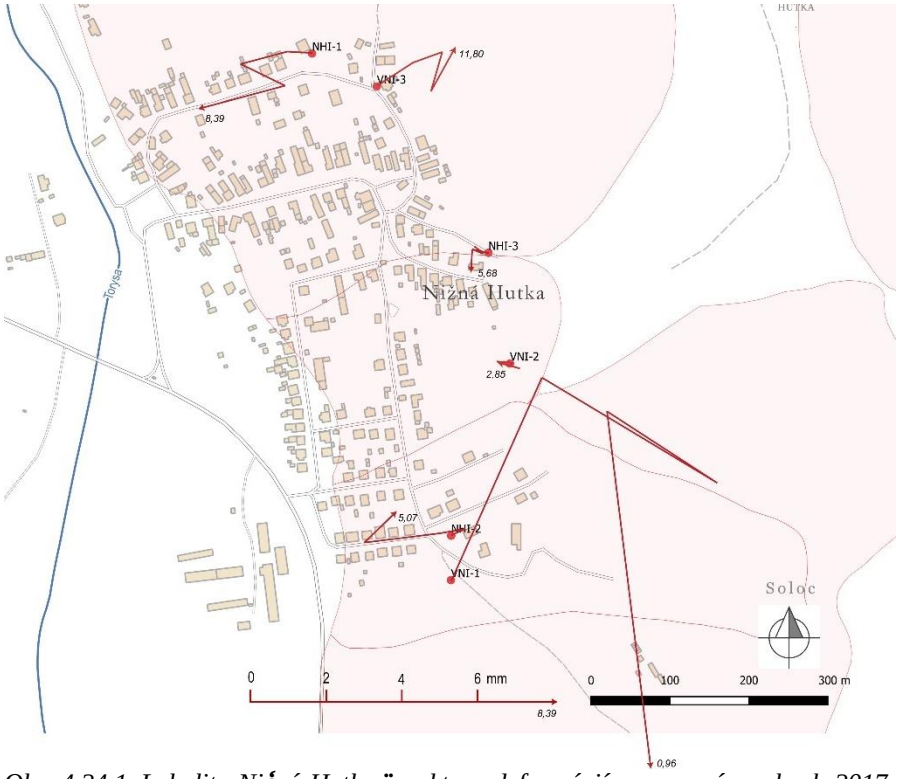
vektorom 1,98 mm, ţo predstavuje priemernú rýchlosŠ 3,73 mm.rok^{-1}. Vrt sa nachádza v severovýchodnej ţasti obce. V ostatných vrtoch na sledovaných ġmykových plochách nepresiahli etapové prírastky deformácie 1 mm (tab. 4.24.2).

O nieţo niġġie hodnoty deformácie boli namerané poţas jesennej etapy, realizovanej 7. decembra. Najvyġġia deformácia bola opätovne nameraná vo vrte NHI-1A. V hĎbke 0,96 m pod terénom dosiahol etapový prírastok 5,4 mm (8,21 mm.rok^{-1}). Nameraný vektor mal severozápadný azimut. Etapová deformácia nad 1 mm bola nameraná aj vo vrtoch NHI-1 (1,27 mm; 1,93 mm.rok^{-1}) s azimutom na juhozápad. V ostatných sledovaných vrtoch nepresiahli etapové vektory 0,82 mm (NHI-3A ï 1,25 mm.rok^{-1}).

Tab. 4.24.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Niġná Hutka v rokoch 2017 a 2018

Bod	HĎbka pod ter. [m]	29. 9. 16 ï 11. 4. 17			11. 4. 17 ï 7. 12. 17			7. 12. 17 ï 4. 5. 18			4. 5. 18 ï 5. 11. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
NHI-1	8,39	4,83	0,67	273	5,87	1,27	255	5,60	1,30	116	7,40	2,26	255
VNI-1	0,96	4,10	5,88	24	7,68	5,40	121	5,14	3,47	303	9,55	9,40	173
VNI-1	8,46	1,14	0,22	235	1,22	0,14	37	1,26	0,20	172	1,14	0,14	307
NHI-2	5,07	7,75	0,41	66	8,43	0,70	260	10,42	2,00	263	9,65	1,08	46
VNI-2	2,85	1,55	0,10	68	1,70	0,45	275	1,39	0,64	107	1,60	0,50	285
VNI-2	5,85	1,08	0,10	248	1,22	0,14	293	0,86	0,36	124	1,00	0,14	293
NHI-3	1,68	0,81	0,98	334	0,22	0,85	175	1,04	1,03	339	1,48	2,33	173
NHI-3	5,68	1,34	0,45	283	1,03	0,32	112	1,30	0,30	310	1,27	0,50	183
NHI-3	10,18	0,67	0,22	283	0,51	0,22	103	0,50	0,22	337	0,63	0,22	193
VNI-3	11,80	3,19	1,12	57	3,98	0,82	70	3,23	1,08	196	4,25	1,22	29

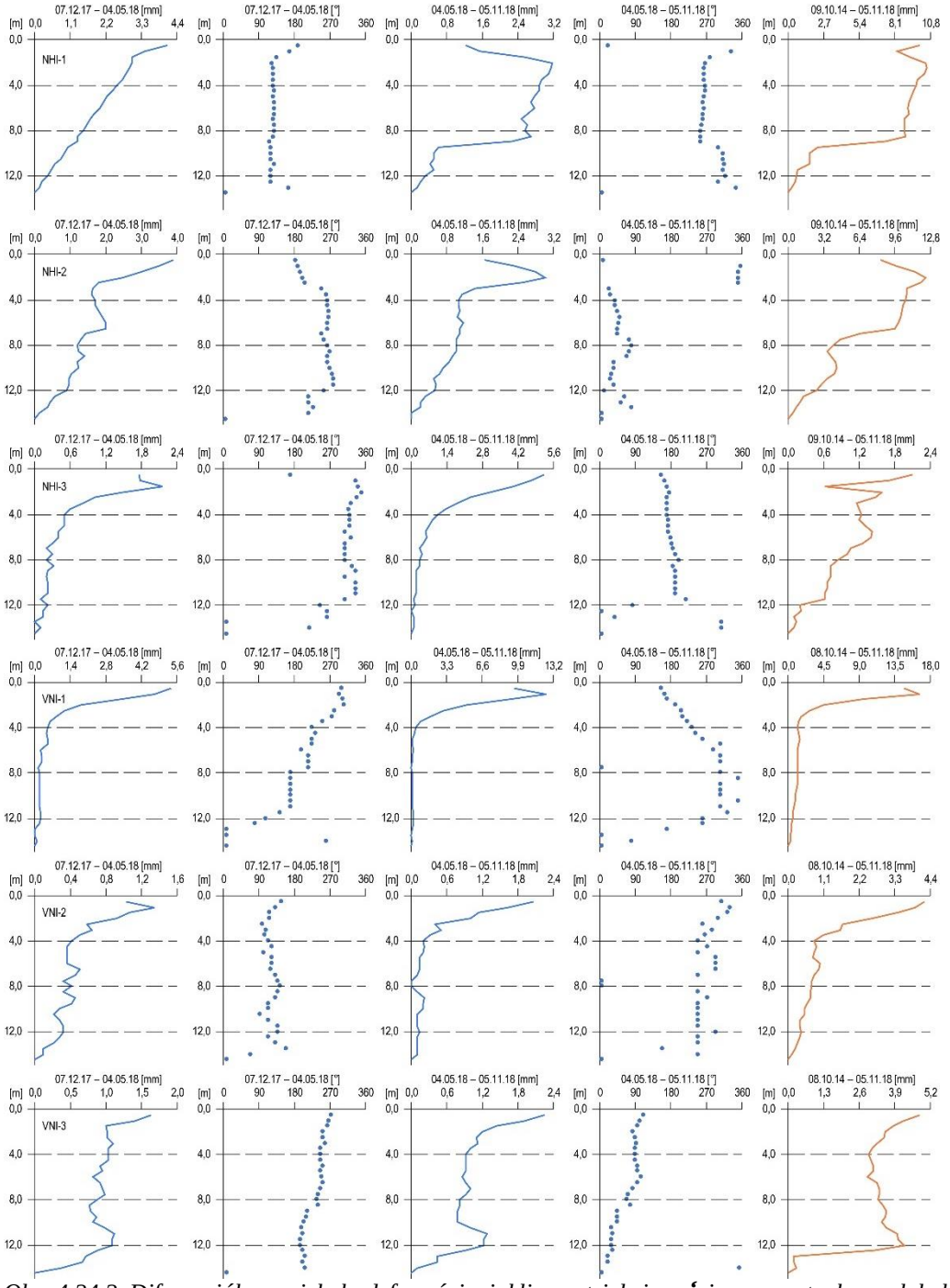
CD ï celková deformácia od nultého merania (8. 10. 14); ED ï etapová deformácia; A ï azimut etapového vektora.



Obr. 4.24.1. Lokalita Niġná Hutka ï vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.24.2; ţísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch oznaţujú hĎbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraniţenie zosuvu podĎa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

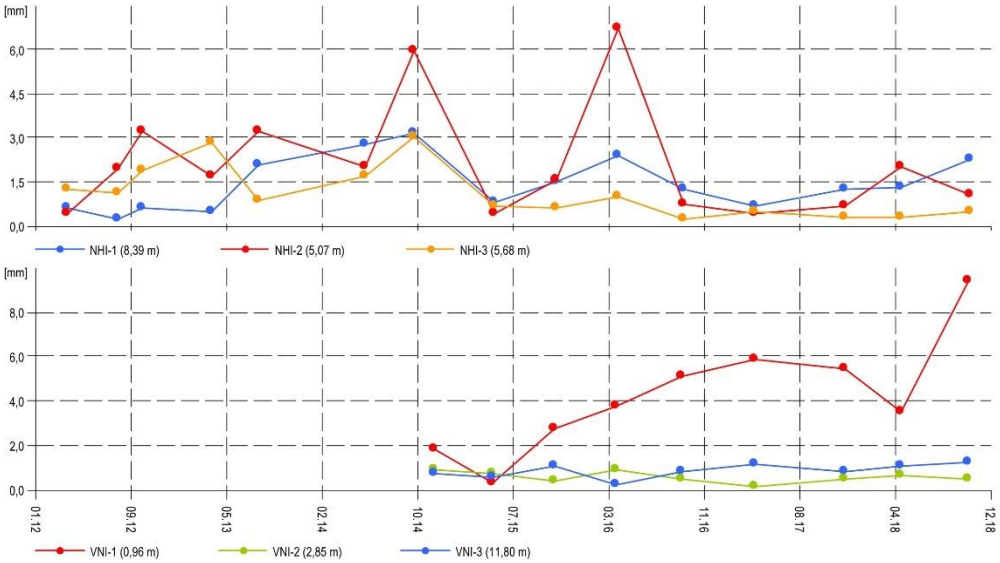
V roku 2018 boli zvýġené hodnoty pohybovej aktivity namerané vo vrte VNI-1. Poţas prvej jarnej etapy, ktorá trvala od 7. decembra 2017 do 4. mája 2018 bola relatívne plytko pod terénom (v hĎbke 0,96 m) nameraná deformácia 3,47 mm (8,56 mm.rok^{-1}) s azimutom 304°.

Následne, v prvej polovici novembra došlo v rovnakej hĺbke k deformácii 9,4 mm (18,54 mm.rok^{-1}) s azimutom 173°. Na úrovni hlbších šmykových plôch sa etapové prírastky deformácie pohybovali v intervale od 0,3 mm (vrt NHI-3; 0,74 mm.rok^{-1}) do 2,26 mm (NHI-1; 4,46 mm.rok^{-1} – etapová deformácia nameraná v období od 4. mája do 5. novembra na šmykovej ploche, ktorá sa nachádza v hĺbke 8,39 m pod terénom; azimut – 255°).



Obr. 4.24.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Nižná Hutka (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Z hodnotenia celkovej deformácii za monitorované obdobie vyplýva, že najvyššia pohybová aktivity je v oblasti vrtov NHI-1, NHI-2 a VNI-1. Vo vrte NHI-1 dosiahla výsledná deformácia (na šmykovej ploche v hĺbke 8,39 m pod terénom) v období od nultého (9. október 2014) do novembrového merania 2018 hodnotu 7,4 mm (1,81 mm.rok^{-1}). Vrt sa nachádza v severnej časti obce. Ešte vyššia hodnota celkovej deformácie je nameraná vo vrte NHI-2. Na šmykovej ploche v hĺbke 5,07 m pod terénom bola v rovnakom období nameraná hodnota 9,65 mm (2,37 mm.rok^{-1}). Vrt sa nachádza v juhovýchodnej časti obce.



Obr. 4.24.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Nižná Hutka v období rokov 2012 až 2018.

Pri posudzovaní nameraných etapových deformácií za dlhšie obdobie (obr. 4.24.3) je možné vo vybratých hĺbkach sledovať, že najvyššie hodnoty boli zaznamenané v rokoch 2014, 2016 a čiastočne i 2018. Dlhodobo sú najvyššie hodnoty sledované vo vrte NHI-2 a naopak, najnižšie prírastky deformácie sa prejavujú vo vrtoch VNI-2 a VNI-3. Vo vrte VNI-1, plytko pod terénom je od jarného merania 2015 pozorovateľný výrazný trend nárastu etapových prírastkov deformácií.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

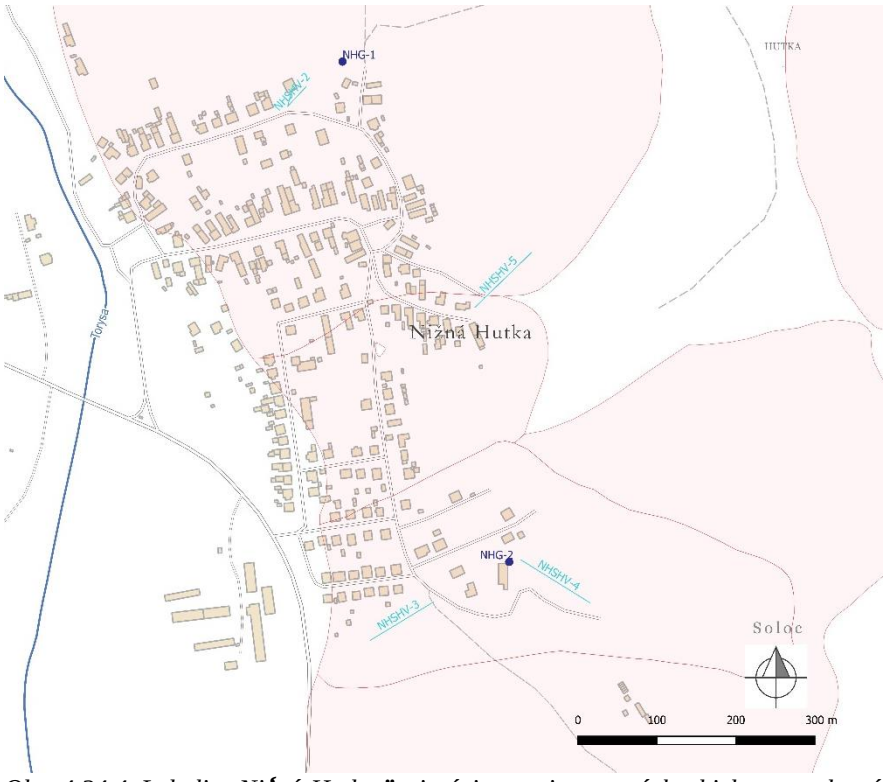
Na lokalite Nižná Hutka sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (tab. 4.24.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.24.3 a 4.24.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.24.4). Monitorovaná hladina podzemnej vody vo vrte NHG-2 je ovplyvnená čerpaním (podzemnú vodu využíva majiteľ pozemku, na ktorom je vrt situovaný; z dôvodu ovplyvňovania prirodzeného kolísania hĺbky hladiny podzemnej vody namerané výsledky nehodnotíme). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za roky 2017 a 2018, sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, znázornené na obr. 4.24.5. Vývoj zmien hĺbky hladiny podzemnej vody je znázornený na obr. 4.24.6.

V roku 2017 bolo zabezpečených desať kontrolných etáp (do 9. februára do 16. novembra). Podobne ako v predchádzajúcom období, i v roku 2017 bola hladiny podzemnej vody vo vrte NHG-1počas viacerých meraní pod úrovňou dna vrtu a vrt bol suchý. Tento stav bol opakovane zaznamenaný v zimnom a jesennom období. Najvyšší stav hladiny podzemnej vody bol nameraný v hĺbke 4,57 m pod terénom (215,55 m n. m) počas májového merania. Priemerná hladina podzemnej vody, odvodená z piatich meraní, dosiahla v roku 2017 hĺbku

4,96 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2016 vzostup o 0,59 m (reálna hodnota priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody je podstatne vo väčšej hĺbke).

Tab. 4.24.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Hutka v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
NHG-1	10	4,57	215,55	25. 5. 17	suchý					
NHG-2	10	HPV ovplyvnená čerpaním (majiteľom pozemku)								



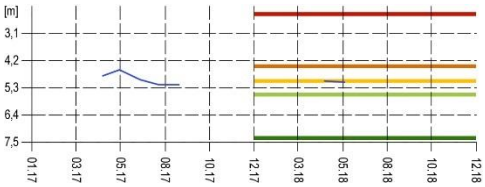
Obr. 4.24.4. Lokalita Nižná Hutka – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.24.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Hutka v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
NHG-1	10	5,06	215,06	25.04.18	suchý					
NHG-2	10	HPV ovplyvnená čerpaním (majiteľom pozemku)								

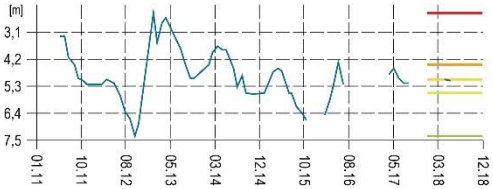
V aktuálne hodnotenom roku 2018 sa pokračovalo v meraní jediného dostupného pozorovacieho vrtu desiatimi kontrolnými etapami, ktoré boli realizované v období od 11. januára do 23. novembra. Podobne ako v roku 2017 bol vrt určité obdobie suchý (počas ôsmich meraní). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná v druhej polovici apríla v hĺbke 5,06 m pod terénom (215,06 m n. m). Na približne rovnakej úrovni sa udržala i počas nasledujúceho merania, avšak od júna až do novembra bol vrt suchý. Priemerná hladina podzemnej vody odvodená z dvoch meraní dosiahla v roku 2018 hĺbku 5,08 m pod terénom. V skutočnosti sa jej priemerná hĺbka nachádzala podstatne hlbšie. V tejto súvislosti treba poznamenať, že hladina podzemnej vody prvý krát klesla pod úroveň dna vrtu v roku 2016. V nasledujúcich rokoch 2017 a 2018 sa počet meraní, pri ktorý je vrt suchý postupne zvyšuje.

Z hľadiska hodnotenia stabilitných pomerov v priestore monitorovaného vrtu je možné danú skutoč nosť vnímať pozitívne.



Obr. 4.24.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody vo vrte NHG-1, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Nižná Hutka, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO: 31. 5. 11 – 16. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Z dlhodobého hľadiska vývoja zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte NHG-1 je významné zimné obdobie roku 2013. V tomto období bol zaznamenaný maximálny stav hladiny podzemnej vody. Od tohto termínu dochádza k postupnému poklesu hladiny podzemnej vody. Od roku 2016 až do 2018 je pozorovaný výrazný pokles, a to až v takej miere, že hladina podzemnej vody v oblasti monitorovacieho objektu klesá pod úroveň dna vrtu. Z priebehu dlhodobých zmien hladiny podzemnej vody je vidieť, že jej kolísanie do značnej miery súvisí so striedaním ročných období. Hladina pomerne pravidelne stúpa na konci zimného a začiatku jarného obdobia. Minimálne hladiny sú pozorované na konci jesenného a počas zimného obdobia (obr. 4.24.6).



Obr. 4.24.6. Dlhodobé (2011 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody vo vrte NHG-1 na lokalite Nižná Hutka, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO: 31. 5. 11 – 16. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

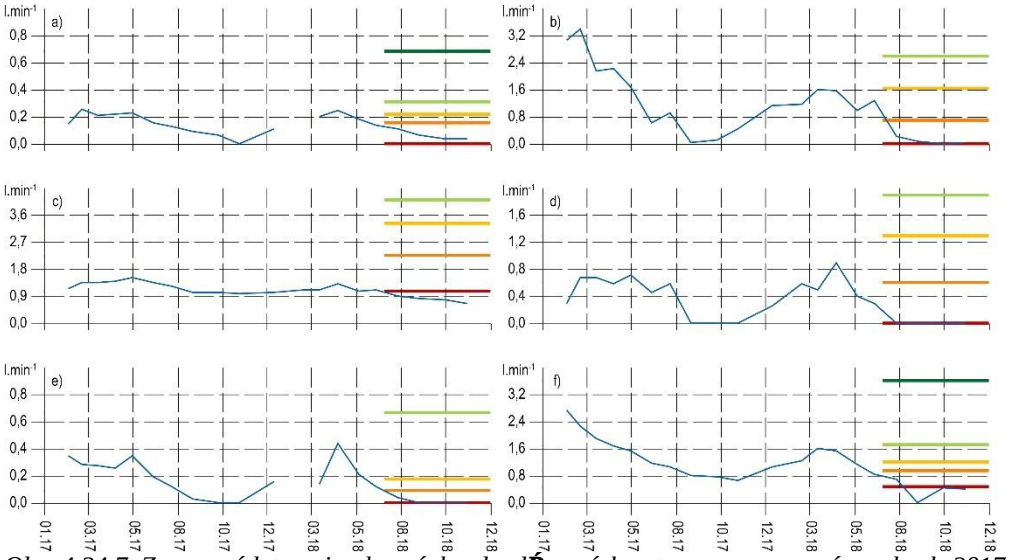
Merania výdatnosti sa realizujú na dvoch samostatných stanovištiach, ktoré sú od seba vzdialené približne 700 m. Na prvom stanovišti, v severnej časti obce, sú vybudované dva odvodňovacie vrty (NHSHV-1 a 2), ktoré odvádzajú podzemnú vodu zo severovýchodnej časti (z odlučnej oblasti) zosuvu (ktorý sa aktivizoval v roku 2010; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.24.5 a 4.24.6; situovanie monitorovaných odvodňovacích vrtov je na obr. 4.24.4). Zároveň boli sledované i odvodňovacie zariadenia, ktoré sa nachádzajú na hranici intravilánu obce, označujeme ich J-1 až J-5 a S-1 až S-6.

Tab. 4.24.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Hutka v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
NHSHV-1	10	1,54	25. 5. 17	1,00	16. 11. 17	1,24	0,54
NHSHV-2	10	0,72	25. 5. 17	0,00	31. 8. 17	0,40	0,72
NHSHV-3	10	1,78	9. 2. 17	0,32	28. 6. 17	0,84	1,46

V roku 2017 bolo vykonaných 10 kontrolných meraní na štyroch vrtoch, avšak z hodnotenia sme vylúčili vrt, ktorý bol dlhodobo suchý (NHSHV-5 – tab. 4.24.6), teda

pozornosť zameriavame na vrty, na ktorých je možné pozorovať prietoky. Merania sa vykonávali v období od 9. februára do 16. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 9. februára na odvodňovacom vrte NHSHV-3 (1,78 l.min^{-1}). V porovnaní s rokom 2016 došlo k výraznému poklesu v nameranej hodnote maximálneho prietoku (domnievame sa však, že je to výsledkom nízkej frekvencie meraní a že v skutočnosti v čase maximálnej hladiny podzemnej vody sú hodnoty výdatnosti vyššie). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná na konci júna s hodnotou 0,32 l.min^{-1}. Priemerná výdatnosť v tomto vrte v roku 2017 dosiahla 0,84 l.min^{-1} (priemerná hodnota prietoku, odvodená z predchádzajúcich meraní, dosiahla 3,02 l.min^{-1}; 1. kvartil – 0,48 l.min^{-1}, 2. kvartil – 1,28; 3. kvartil – 4,51 l.min^{-1}; obr. 4.24.7). Okrem spomenutého vrtu bola pomerne vysoká výdatnosť nameraná aj vo vrte NHSHV-1 (1,54 l.min^{-1}). Priemerné hodnoty výdatnosti vrtov sa pohybovali v intervale 0,40 až 1,24 l.min^{-1}. Sumárna priemerná výdatnosť hodnotených objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 2,48 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny pokles (o 1,27 l.min^{-1}). Maximálne kolísanie bolo namerané vo vrte NHSHV-3 a dosiahlo hodnotu 1,64 l.min^{-1}.



Obr. 4.24.7. Zmeny výdatnosti vybraných odvodňovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Nižná Hutka, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO: 30. 3. 11 – 27. 10. 16): a – J-2, b – J-3 (max. hodnota počas RO: 12,0 l.min^{-1}), c – NHSHV-1 (max. hodnota počas RO: 12,0 l.min^{-1}), d – NHSHV-2 (max. hodnota počas RO: 6,30 l.min^{-1}), e – S-2 (max. hodnota počas RO: 4,50 l.min^{-1}), f – S-3, červená – minimálna, tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO (v prípade, že údaj nie je uvedený v grafe, jeho hodnota je uvedená v zátvorke pri jednotlivých vrtoch), oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.

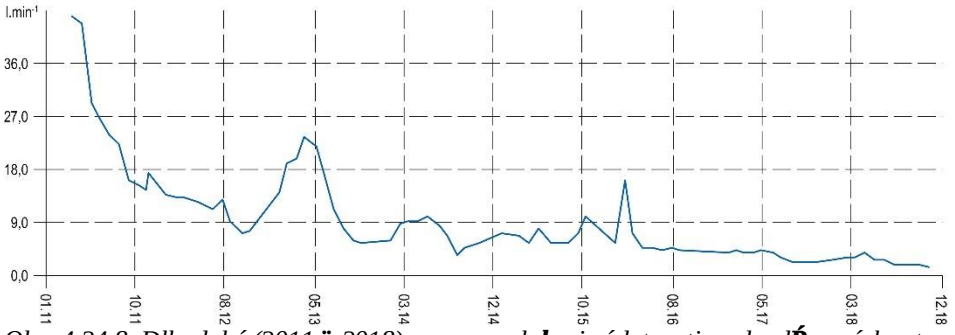
Počas roka 2018 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní na 16 vrtoch. Merania sa realizovali v období od 1. januára do 23. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. marca na odvodňovacích vrtoch S-3 (1,62 l.min^{-1}) a J-3 (1,6 l.min^{-1}). Vrt S-3 bol 6. septembra suchý (priemerná výdatnosť 0,9 l.min^{-1}) a vrt J-3 bol suchý 18. októbra s priemernou výdatnosťou 0,81 l.min^{-1}. Iba dva vrty vykázali prietok počas všetkých meraní, a to J-2 s priemernou výdatnosťou 0,13 l.min^{-1} a NHSHV-1 s priemernou výdatnosťou 0,99 l.min^{-1}. Ostatné vrty minimálne počas jedného merania zostali suché. Vrty J-1, J-4, J-5, S-1 a S-2 boli suché počas celého roka. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 3,31 l.min^{-1}. Kolísanie výdatnosti v trvale ťažných subhorizontálnych vrtoch J-2 a NHSHV-1 dosiahlo hodnoty 0,21, resp. 0,68 l.min^{-1}. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení spolu s väčšou prietoku v rokoch 2017

a 2018 je na obr. 4.24.7. Priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení je znázornený na obr. 4.24.8.

Tab. 4.24.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Hutka v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
J-1	10	suchý					
J-2	10	0,25	25. 4. 18	0,04	18. 10. 18	0,13	0,21
J-3	10	1,60	27. 3. 18	0,00	18. 10. 18	0,81	1,60
J-4	10	suché					
J-5	10						
NHSHV-1	10	1,32	25. 4. 18	0,64	23. 11. 18	0,99	0,68
NHSHV-2	10	0,90	25. 4. 18	0,00	2. 8. 18	0,30	0,90
NHSHV-3	10	zaliaty					
S-1	10	suchý					
S-2	10	0,44	25. 4. 18	0,00	6. 9. 18	0,12	0,44
S-3	10	1,62	27. 3. 18	0,00	6. 9. 18	0,90	1,62
S-4	10	0,56	6. 9. 18	0,00	11. 1. 18	0,06	0,56
S-5	10	0,08	27. 3. 18	0,00	11. 1. 18	0,01	0,08
S-6	10	suchý					

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať postupný pokles hodnôt výdatnosti. V novembri 2018 boli namerané najnižšie sumárne prietoky odvádzanej podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Zo štatistickej analýzy nameraných výdatností vyplýva, že na odvodňovacích zariadeniach výrazne prevládajú nízke hodnoty v rozsahu 0,0 až 0,76 l.min^{-1}. Maximálne prietoky boli dosiahnuté v mesiacoch apríl a marec.



Obr. 4.24.8. Dlhodobé (2011 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti z odvodňovacích vrtov na lokalite Nižná Hutka. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: NHSHV-1, 2, 3, 4 a 5 (vrty, ktoré sa nachádzajú v intraviláne obce Nižná Hutka).

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Vyšný Ľaj s indikatívom 60100 (obr. 4.1.13). Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.1 (lokalita Nižná Myšľa).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2018 bol na lokalite Nižná Hutka zabezpečený súbor inklinometrických a režimových pozorovaní. Zároveň boli v oblasti spracované a vyhodnotené klimatické faktory, ktoré sú prebraté zo stanice SHMÚ Vyšný Ľaj.

Inklinometrické merania, ktoré boli v roku 2018 zabezpečené počas dvoch etáp v šiestich vrtoch, potvrdili, že jednotlivých častiach obce majú odlišný stabilitný vývoj. Najaktívnejšia bola južná časť monitorovaného územia v oblasti vrtu VNI-1 (deformácia plytko pod terénom). Nameraný etapový prírastok predstavuje najvyššiu hodnotu počas monitorovaného obdobia v uvedenom vrte. V ostatných vrtoch prevládali etapové vektory do 0,64 mm; počas

jednotlivých etáp sa na sledovaných šmykových plochách vždy vyskytli i etapové deformácie v intervale od 1,03 do 3,47 mm (vo vrtoch NHI-1, NHI-2, NHI-3, VNI-1 a VNI-3).

Režimové pozorovania sa vykonávajú v jednom piezometrickom vrte. Priebeh hladiny podzemnej vody počas posledných dvoch rokov poukázal na priaznivý vývoj stabilitných pomerov. Hladina podzemnej vody viackrát klesla pod úroveň dna vrtu. Pokles hladiny podzemnej vody je pozorovaný už dlhšie obdobie. Tomuto vývoju zodpovedá i priebeh sumárnej výdatnosti z odvodňovacích vrtov.

Nedostatkom monitorovania na lokalite Nižná Hutka je najmä malý počet piezometrických vrtov a tiež nízka frekvencia meraní hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení. Riešením súčasnej situácie je inštalácia kontinuálnych automatických hladinomerov a prietokomerov s kontinuálnym záznamom.

Monitorovaný zosuv ohrozuje veľké množstvo stavebných objektov, infraštruktúru, ale najmä obyvateľov obce. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú ďalej monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s projektom ĎMS – GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom – on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.25. Lokalita Ruská Nová Ves

Stručná charakteristika lokality

Obec Ruská Nová Ves leží v severovýchodnej časti Košickej kotliny v doline Hradného potoka. Aktívny zosuv, ktorý sa nachádza SV od Ruskej Novej Vsi, vznikol po extrémnych zrážkach zaznamenaných v máji a júni roku 2010. Výsledkom pokračujúcej aktivity v roku 2011 bolo poškodenie vyše 20 chát, niekoľkých obytných budov, prístupových ciest, ihriska, inžinierskych sietí, studní, plotov, lesného porastu a pod. (Petro et al., 2012). Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (Ondrejka et al., 2015, ale aj Inžinierskogeologickej mapy 1 : 10 000 (Petro et al., 1984).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.25.1.

Tab. 4.25.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ruská Nová Ves v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	RS-3, RS-4	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	2	RVH-1, RVH-2	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Prešov-planetárium (59160)	*Denné úhrny zrážok*	

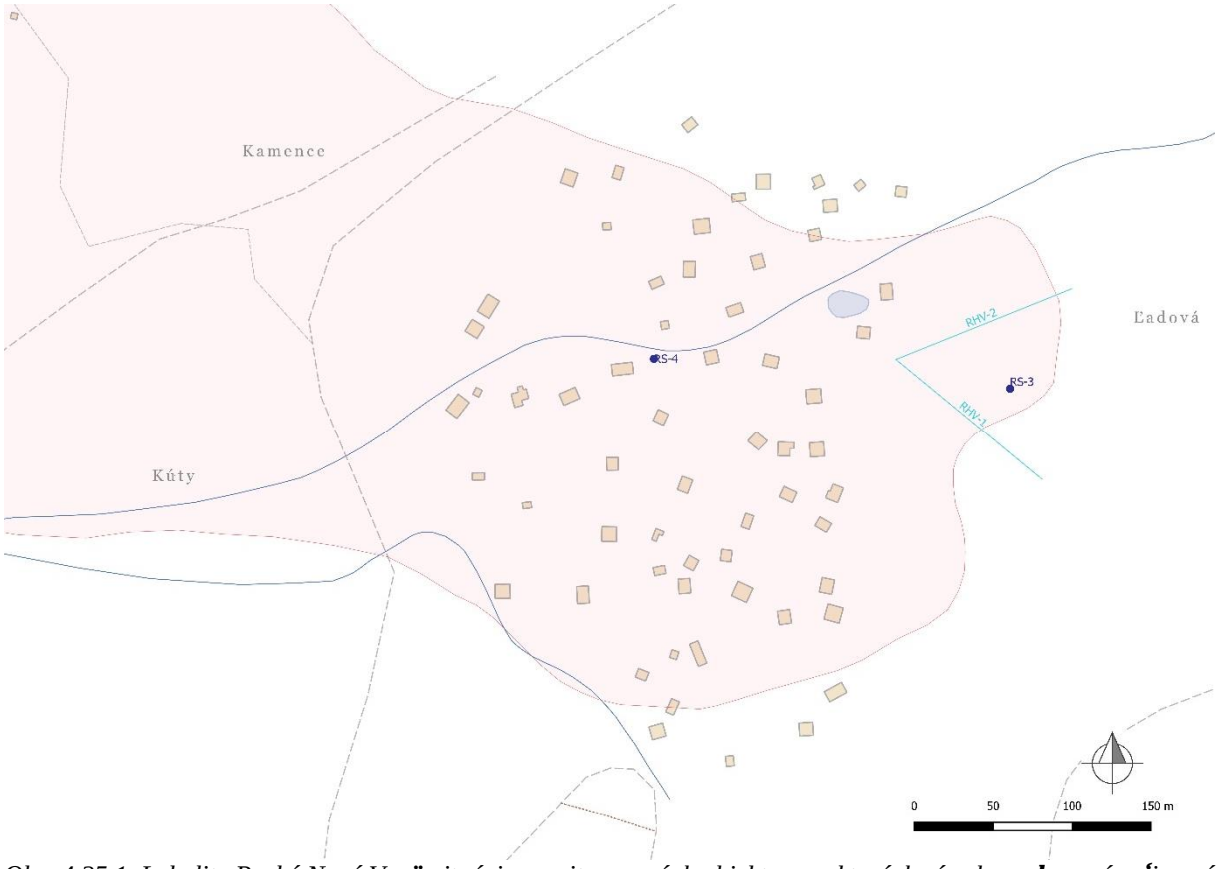
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Ruská Nová Ves sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (tab. 4.25.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.25.2 a 4.25.3; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.25.1; vrt RS-3 sa nachádza v odlučnej a vrt RS-4 v prechodovej oblasti). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2017 a 2018 sú spolu s vybratými štatistickými charakteristikami znázornené na obr. 4.25.2. Dlhodobé zmeny hladiny podzemnej vody sú vyjadrené na obr. 4.25.3.

V roku 2017 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (do 8. februára do 15. novembra). Najvyššia hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte RS-4 (0,70 m pod terénom ï 482,60 m n. m.) dňa 1. marca. Rovnako počas marca bol nameraný maximálny stav hladiny podzemnej vody aj v piezometrickom vrte RS-3 (1,13 m pod terénom; 507,47 m n. m.). Okrem uvedeného marcového vzostupu hladiny podzemnej vody boli v zvyšnej časti roka

pozorované už len malé pohyby. Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte RS-3 8. februára (5,04 m pod terénom; 503,56 m n. m.). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 2,73 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,22 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch pohybovali v rozsahu od 1,14 (RS-4) do 4,32 m pod terénom (RS-3). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte RS-3 (3,91 m). Pri porovnaní nameraných údajov z roku 2017 s údajmi získanými pri predchádzajúcom monitorovaní (roky 2012 až 2016) vyplýva, že vo vrte RS-3 bola dosiahnutá hodnota dlhodobého maxima.



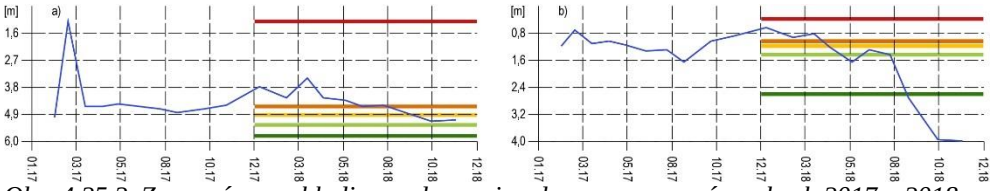
Obr. 4.25.1. Lokalita Ruská Nová Ves – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvu podľa Grecha (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.25.2. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
RS-3	10	1,13	507,47	01.03.17	5,04	503,56	08.02.17	4,32	504,28	3,91
RS-4	10	0,70	482,60	01.03.17	1,65	481,65	28.08.17	1,14	482,16	0,95

V aktuálne hodnotenom roku 2018 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní, ktoré boli uskutočnené v období do 10. januára do 26. novembra. Bližšie k terénu sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte RS-4 (0,64 m pod terénom – 482,66 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 10. januára. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte RS-3 bol zaznamenaný 28. marca (3,44 m pod terénom). Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte RS-3 17. októbra (5,19 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 3,15 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,42 m.

Priemerné hĎbky hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch pohybovali od 1,87 (RS-4) do 4,43 m pod terénom (RS-3). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte RS-4 (3,36 m). Pri porovnaní údajov nameraných v roku 2018 s údajmi, ktoré boli získané predchádzajúcim monitorovaním (roky 2012 až 2017) vyplýva, že hladina vo vrte RS-4 výrazne klesla pod dlhodobý minimálny stav.

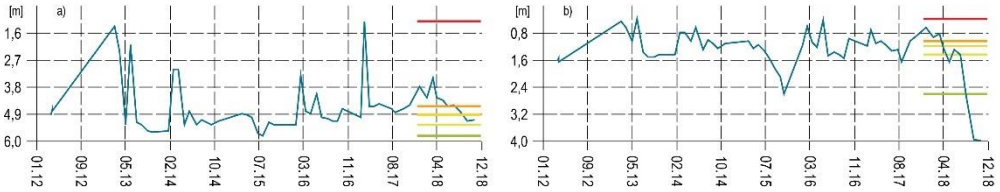


Obr. 4.25.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Ruská Nová Ves, vo vzŠahu k základným štatistickým ukazovateĎom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – RS-3, b – RS-4 (RO: 24. 3. 12 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĎbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

Tab. 4.25.3. Merania hĎbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
RS-3	10	3,44	505,16	28.03.18	5,19	503,41	17.10.18	4,43	504,17	1,75
RS-4	10	0,64	482,66	10.01.18	4,00	483,30	26.11.18	1,87	481,43	3,36

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (posledné štyri roky) je možné pozorovať, že na začiatku monitorovacích meraní sa hladiny podzemnej vody nachádzali v oboch vrtoch v blízkosti terénu. Na konci jarného obdobia 2013 však došlo vo vrte RS-3 k poklesu hladiny podzemnej vody. Jej výraznejší vzostup bol pozorovaný na začiatku v roka 2017. Naopak, vo vrte RS-3 došlo v druhej polovici roka 2018 k spomínanému výraznému poklesu hladiny podzemnej vody (obr. 4.25.3).



Obr. 4.25.3. Dlhodobé (2012 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na lokalite Ruská Nová Ves, vo vzŠahu k základným štatistickým ukazovateĎom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – RS-3, b – RS-4 (RO: 24. 3. 12 – 15. 11. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĎbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Ruská Nová Ves sú pozorované dve odvodňovacie zariadenia (tab. 4.25.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.25.4 a 4.25.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích vrtov je na obr. 4.25.1).

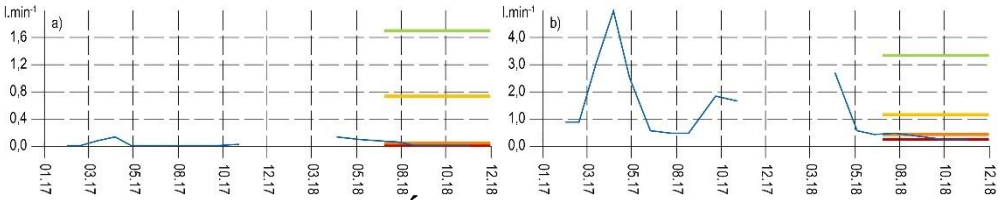
Tab. 4.25.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosŠ		Min. výdatnosŠ		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
RHV-1	10	0,13	26.04.17	0,00	08.02.17	0,02	0,13
RHV-2	10	4,95	26.04.17	0,44	28.08.17	1,71	4,51

V roku 2017 sa merania vykonávali od 8. februára do 15. novembra. Spolu bolo zabezpečených 10 meraní. Vyššia výdatnosť, rovnako ako v roku 2016, bola nameraná vo vrte RHV-2 (4,95 l.min^{-1}) v druhej polovici apríla. V rovnakom termíne bola nameraná maximálna výdatnosť aj vo vrte RHV-1 (0,13 l.min^{-1}). Vrt RHV-1 väčšiu časť hodnotného obdobia kvapkal (počas 7 meraní). Vo vrte RHV-2 bola najnižšia výdatnosť nameraná na konci augusta (0,44 l.min^{-1}). Ide o obdobie kedy došlo i poklesu hladín podzemnej vody v pozorovacích vrtoch. Sumárna priemerná výdatnosť oboch meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 1,72 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,51 l.min^{-1}. Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte RHV-2 (4,51 l.min^{-1}).

Počas roka 2018 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (10. január – 26. november). Počas prvých troch mesiacov roku boli ústia oboch vrtov zaliate vodou v zbernej šachte. V nasledujúcom období bola vyššia výdatnosť nameraná vo vrte RHV-2 (2,68 l.min^{-1}) počas merania 24. apríla. Najnižšia hodnota výdatnosti bola zaznamenaná 17. októbra (0,21 l.min^{-1}), priemerná výdatnosť dosiahla 0,7 l.min^{-1}. Vo vrte RHV-1 bola nameraná i najvyššia výdatnosť (0,13 l.min^{-1}) tiež 24. apríla. Tento vrt bol už pri meraniach od 30. augusta suchý alebo kvapkal, priemerná výdatnosť bola 0,05 l.min^{-1}. Sumárna priemerná výdatnosť oboch meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 0,76 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s rokom 2017 pokles o 0,96 l.min^{-1}. Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte RHV-2 (2,47 l.min^{-1}).

Priebehy množstva odvádzanej vody v roku 2017 spolu so štatistickým hodnotením vyjadruje obr. 4.25.4; spoločnú výdatnosť znázorňuje obr. 4.25.5.



Obr. 4.25.4. Zmeny výdatnosti odvodňovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Ruská Nová Ves, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO: 30.03.12 – 26.10.16): a – RHV-1 (max. hodnota počas RO: 9,60 l.min^{-1}), b – RHV-2 (max. hodnota počas RO: 12,48 l.min^{-1}), červená – minimálna výdatnosť nameraná počas RO (maximálna výdatnosť nameraná počas RO – hodnota je uvedená v zátvorke pri jednotlivých vrtoch), oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO

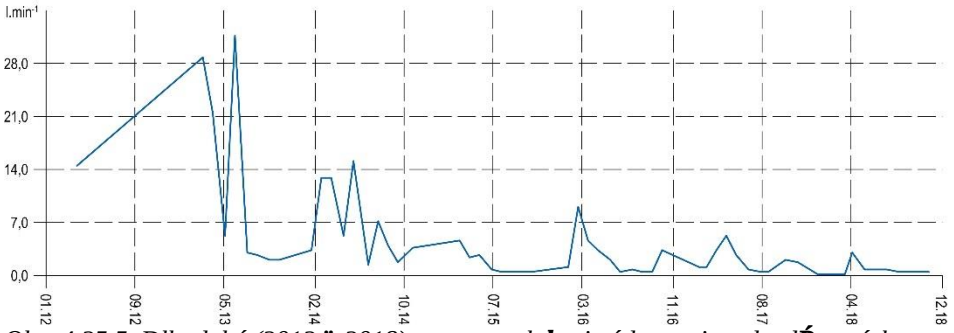
Tab. 4.25.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
RHV-1	10	0,13	24. 4. 18	0,00	17. 10. 18	0,05	0,13
RHV-2	10	2,68	24. 4. 18	0,21	17. 10. 18	0,71	2,47

Zo štatistického spracovania na obr. 4.25.4 je vidieť, že v oboch vrtoch prevládajú veľmi nízke hodnoty výdatnosti. V prípade vrtu RVH-2 je pozitívnou skutočnosťou, že zastúpenie majú aj výdatnosti väčšie ako 1 l.min^{-1}. V súvislosti so štatistickým hodnotením treba podotknúť, že vstupný súbor výsledkov meraní zachytáva krátke časové obdobie a naviac, pozorovania sú zabezpečované s nízkou frekvenciou, z tohto dôvodu má uvedené hodnotenie len orientačný charakter.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je pozorovateľný postupný pokles výdatnosti odvodňovacích vrtov. Maximálne výdatnosti boli pozorované v roku 2013. Dňa 26. júna 2013 bola zaznamenaná výdatnosť 22,08 l.min^{-1}. Pomerne vysoké hodnoty spoločnej výdatnosti boli pozorované i v zimnom a jarnom období roku 2012 (od 12,24 do 19,22 l.min^{-1}). Po roku 2013 došlo k pomerne výraznému poklesu sledovaných prietokov z odvodňovacích vrtov, pričom najnižšia hodnota bola nameraná 24. septembra 2015. Vysoké hodnoty prevládajú v mesiacoch

marec, apríl a máj. Naopak, nízke prietoky sa vyskytujú najmä v mesiaci október. Prevládajúce hodnoty výdatnosti, v rámci hodnotenej lokality, sa nachádzajú v intervale 0,0 až 0,6 $l.min^{-1}$.



Obr. 4.25.5. Dlhodobé (2012 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti z odvodňovacích vrtov na lokalite Ruská Nová Ves. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: RHV-1 a RHV-2.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160 (obr. 4.9.6). Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.9 (lokalita Fintice).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Od roku 2016 je na lokalite Ruská Nová Ves pozornosť venovaná výlučne režimovým ukazovateľom. Dlhodobo zabezpečované inklinometrické merania sa ukázali ako nespoľahlivé. V roku 2018 bolo zrealizovaných po 10 meraní v dvoch piezometrických a dvoch odvodňovacích vrtoch. Z režimových meraní vyplýva, že hladiny podzemnej vody v oboch vrtoch prakticky počas všetkých meraní mali klesajúci priebeh. Pokles hladiny sa prejavil hlavne vo vrte RS-4, v ktorom minimálna hladiny výrazne klesla pod dlhodobý minimálny stav.

Merania výdatnosti v roku 2018 potvrdili trend poklesu sumárnej výdatnosti. Najvýraznejšie sa to prejavuje vo vrte vo vrte RHV-1, ktorý bol počas roka viac krát suchý, resp. kvapkal. Porovnaním medzi nameranými hĺbkami hladiny podzemnej vody a veľkosťami výdatnosti sa ukázal určitý vzťah, avšak medzi dosiahnutými maximálnymi hladinami a výdatnosťami je určitá retardácia. Nedostatkom monitorovania na lokalite Ruská Nová Ves je nízka frekvencia režimových meraní.

Monitorovaný zosuv ohrozuje veľké množstvo stavebných objektov, infraštruktúru, ale najmä obyvateľov obce. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú ďalej monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií“. Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií“, v porovnaní s projektom ĽMS – GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom – on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.26. Lokalita Čenkvice

Stručná charakteristika lokality

Zosuv sa nachádza na severovýchodnom svahu na pravom brehu Stoličného potoka v miestnej časti Malé Čenkvice a postihuje značnú časť Ružovej ulice. Monitorovacie aktivity sú sústredené do najviac ohrozenej časti, kde zosuv priamo ohrozuje viaceré rodinné domy. Monitorovacie merania sú od roku 2016 výhradne založené na kontinuálnom sledovaní hladiny podzemnej vody v troch piezometrických vrtoch. Podrobnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Čabková et al., 2010), ako aj z monitorovania za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.26.1.

Tab. 4.26.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Čenkvice v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	PVZS-1, PVZS-2, PVZS-3 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Modra (indikatív 18060)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

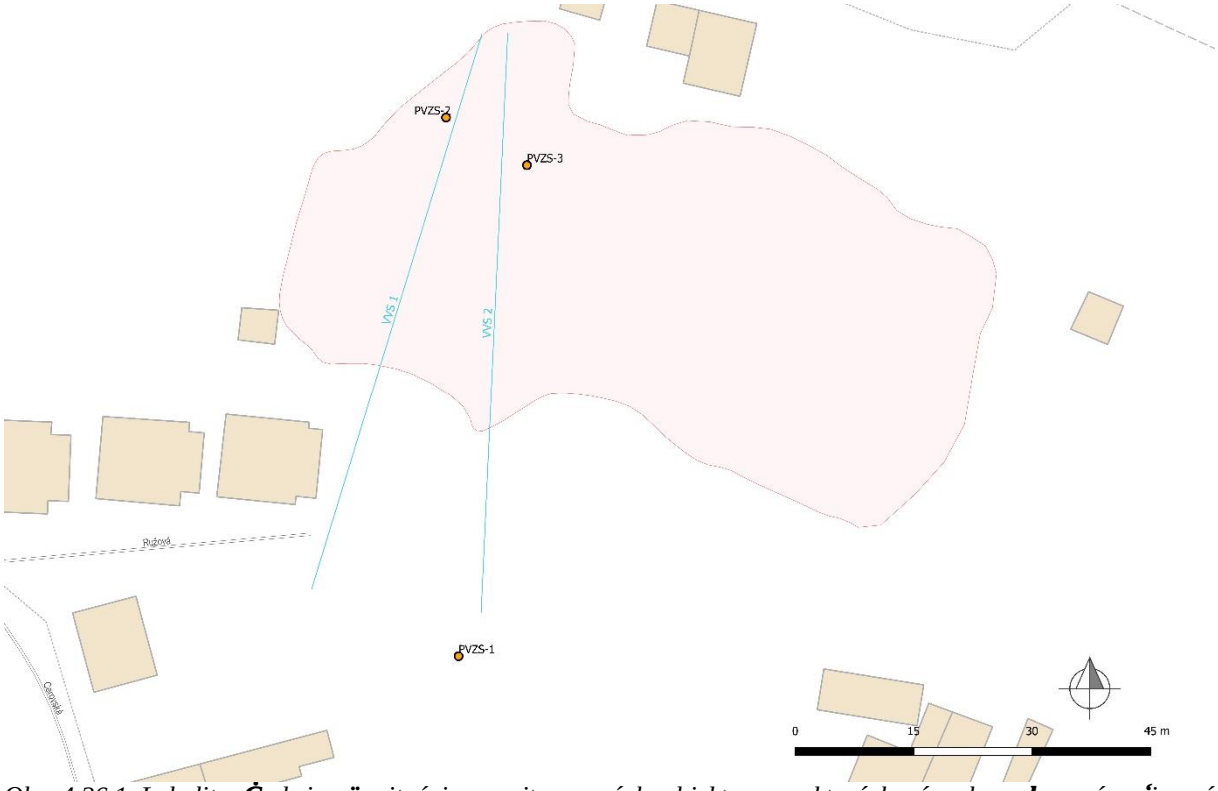
a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi

Od roku 2012 sa hladiny podzemnej vody monitorujú v troch vrtoch s automatickými hladinomermi. Vrt PVZS-1 sa nachádza v južnej časti zosuvného územia nad odlučnou oblasťou svahovej poruchy. Vrty PVZS-2 a 3 sa nachádzajú v prechodovej časti zosuvu, čím umožňujú sledovať zmeny hladiny podzemnej vody v dvoch odlišných zvodnených horizontoch. Vrt PVZS-2 zaznamenáva zmeny hladiny podzemnej vody v plytšom a vrt PVZS-3 v hlbšom zvodnenom horizonte (obr. 4.26.1). Počas hodnotených rokov 2017 a 2018 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke.

Vo vrte PVZS-1 bola v roku 2017 maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 11,16 m pod terénom (153,99 m n. m.; 28. február), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,58 m. Následne po tomto termíne začala hladina klesať a minimum s hĺbkou 12,0 m (153,15 m n. m.) dosiahla 15. septembra (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,56 m). Z obrázku 4.26.2b jednoznačne vyplýva, že prakticky počas celého roka sa hladina nachádzala pod úrovňou minimálnych stavov, odvodených z meraní v predchádzajúcom období. Zrážková činnosť sa na jej priebehu prejavovala už len minimálne – zimné a jarné zrážky. V tejto súvislosti treba uviesť, že daný stav je výsledkom hĺbkového odvodnenia, ktoré bolo na lokalite budované postupne od roku 2011. Najväčší úsek má jednoznačne stabilizačno-drenážne rebro, po vybudovaní ktorého dochádza každoročne k poklesu hladiny. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 11,62 m pod terénom (153,53 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 pokles o 0,62 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,84 m. V porovnaní s vlaňajším rokom sa táto

hodnota zmenila len nepatrne. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,03 m za deň, čím bola potvrdená nízka dynamika zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v sledovanom vrte. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,02 m (čo je len 2,38 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 11,86 m pod terénom, 2. kvartil 11,69 m pod terénom a 3. kvartil 11,34 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom obrobí, má len veľmi malé zmeny. Maximálna teplota bola nameraná s hodnotu 11,3 °C 19. mája, naopak, najnižšia teplota (11,2 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,26 °C.



Obr. 4.26.1. Lokalita Čenkvice – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty s automatickými hladinomermi, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.26.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Čenkvice v roku 2017

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PVZS-1	8760	11,16	153,99	28.02.17	12,00	153,15	15.09.17	11,62	153,53	0,84
PVZS-2	8760	6,34	147,06	28.02.17	7,28	146,12	08.09.17	6,89	146,51	0,94
PVZS-3	8760	7,36	145,40	28.02.17	8,14	144,62	14.09.17	7,80	144,96	0,78

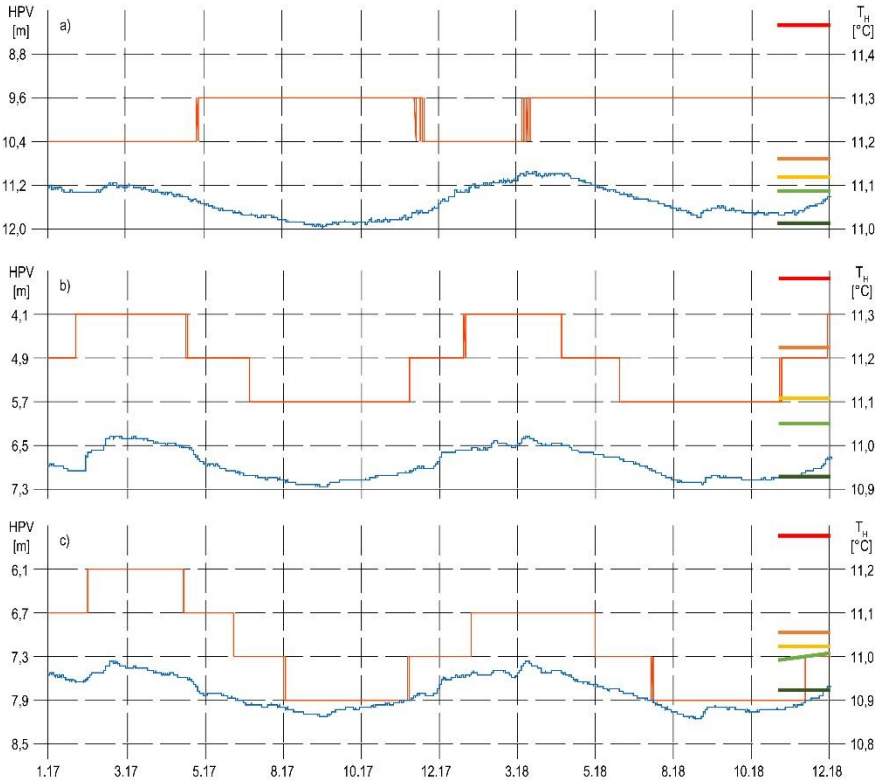
V roku 2018 (tab.4.26.3, obr. 4.26.2) maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 10,96 m pod terénom (154,19 m n. m.; 23. marec), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,20m. Následne po tomto termíne začala hladina klesať a minimum s hĺbkou 11,81 m (153,34 m n. m.) dosiahla 30. augusta (oproti predchádzajúcemu roku ide o vzostup o 0,19 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 11,42 m pod terénom (153,73 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2017 vzostup o 0,20 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,85 m. V porovnaní s vlaňajším rokom sa táto hodnota zmenila len nepatrne. Prvý kvartil z nameraných hĺbok

hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 11,18 m pod terénom, 2. kvartil 11,46 m pod terénom a 3. kvartil 11,67 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom období, má len veľmi malé zmeny. Maximálna teplota bola nameraná s hodnotu 11,3 °C 19. marca, naopak, najnižšia teplota (11,2 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,3°C.

Tab. 4.26.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Ženkvice v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PVZS-1	8760	10,96	154,19	23.03.18	11,81	153,34	30.08.18	11,42	153,73	0,85
PVZS-2	8760	6,35	147,05	23.03.18	7,25	146,15	02.09.18	6,83	146,57	0,90
PVZS-3	8760	7,37	145,39	23.03.18	8,16	144,60	01.09.18	7,80	144,96	0,79



Obr. 4.26.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi v rokoch 2017 a 2018, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Ženkvice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – PVZS-1, b – PVZS-2, c – PVZS-3. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznačené na ľavej strane grafu – štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od 4.mája 2011 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás – minimálna hĺbka HPV, zelený pás – 1. kvartil, žltý pás – 2. kvartil, oranžový pás – 3. kvartil, červený pás – maximálna HPV.

Vo vrte PVZS-2 v roku 2017 maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná, podobne ako vo vrte PVZS-1, 28. februára, po jej dvoch výraznejších vzostupoch (6,76 m pod terénom; 147,06 m n. m.). V porovnaní s rokom 2016 ide o pokles o 0,94 m. Po uvedenom termíne zaľala hladina mierne klesať. Tento trend pretrval do polovice mája, kedy sa pokles hladiny na krátke obdobie zintenzívnil. Minimálnu hodnotu s hĺbkou 7,28 m (146,12 m n. m.) dosiahla hladina 8. septembra. Oproti predchádzajúcemu roku 2016 je nameraná hodnota o 0,2 m hlbšie. Z obr. 4.2.7b vyplýva, podobne ako aj v prípade ostatných záznamov z automatických hladinomerov na tejto lokalite, že priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017 sa počas celého

roku nachádzal relatívne hlboko pod dlhodobými minimálnymi hodnotami, odvodenými z prechádzajúcich meraní. Táto skutoľnosŠ sa odrazila i na priemernej hĐbke hladiny podzemnej vody, ktorá v roku 2017 dosiahla 6,89 m pod terénom (146,51 m n. m.), ľo v porovnaní s rokom 2016 predstavuje pokles aģ 0,74 m. Amplitúda roľných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,94 m (v porovnaní s rokom 2016 ide o výrazné ustálenie jej kolísania). Priemerná denná hodnota kolísania dosiahla 0,03 m za deŔ. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,28 m (ľo je 29,79 % celkových roľných zmien hĐbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĐbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,11 m pod terénom, 2. kvartil 6,97 m pod terénom a 3. kvartil 6,61 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,3 °C 25. januára, naopak, najniģšia teplota (11,1 °C) bola zaznamenaná 7. júla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,19 °C.

V roku 2018 (tab.4.26.4, obr. 4.26.2) maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná 23. marca (6,75 m pod terénom; 147,05 m n. m.). V porovnaní s rokom 2017 ide o pokles o 0,01 m. Po uvedenom termíne zaľala hladina mierne klesaŠ. Tento trend pretrval do zaľiatku septembra. Minimálnu hodnotu s hĐbkou 7,25 m (146,15 m n. m.) dosiahla hladina 2. septembra. Oproti predchádzajúcemu roku 2017 je nameraná hodnota o 0,03 m vyšia. Priemerná hĐbka hladiny podzemnej vody dosiahla 6,83 m pod terénom (146,57 m n. m.), ľo v porovnaní s rokom 2017 predstavuje vzostup 0,06 m. Amplitúda roľných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,90 m. 1. kvartil z nameraných hĐbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,1 m pod terénom, 2. kvartil 6,81 m pod terénom a 3. kvartil 6,58 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,3 °C 23. januára, naopak, najniģšia teplota (11,1 °C) bola zaznamenaná 17. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,2 °C.

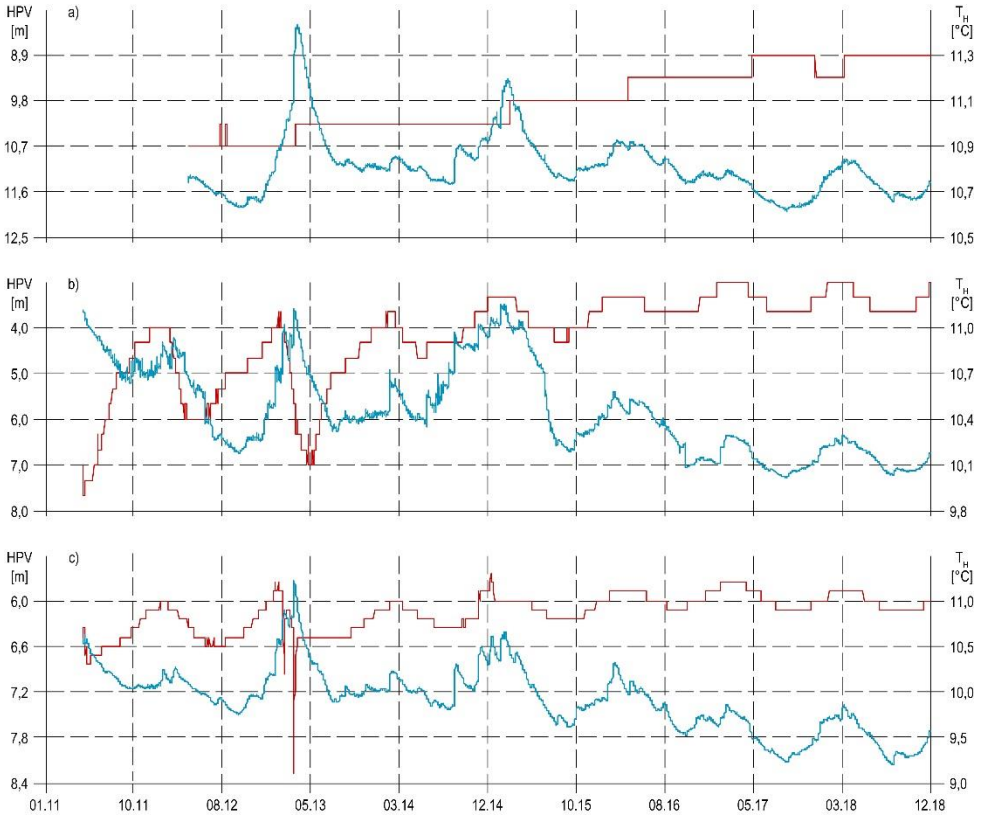
Vo vrte PVZS-3 bola maximálna hladina podzemnej vody v roku 2017 nameraná 28. februára (7,36 m pod terénom; 145,40 m n. m. ï ľo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,55 m). Po dosiahnutí maximálneho stavu zaľala hladina klesaŠ a jej najniģšia úroveŔ s hĐbkou 8,14 m (144,62 m n. m.) bola dosiahnutá 14. septembra (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,37 m). Priemerná hĐbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 7,80 m pod terénom (144,96 m n. m.), ľo je v porovnaní s rokom 2016 pokles o 0,43 m. Pozorované klesanie vģetkých hodnotených ukazovateČov (druhý rok po sebe) jednoznaľné dokumentuje efektívnosŠ realizovaného stabilizaľno-odvodŔovacieho prvku, situovaného v telese zosuvu. Amplitúda roľných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,78 m, ľo znamená, ģe v i prípade kolísania hladiny podzemnej vody doģlo k miernemu ustáleniu. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,03 m za deŔ. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,02 m (ľo je 2,56 % celkových roľných zmien hĐbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĐbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,99 m pod terénom, 2. kvartil 7,85 m pod terénom a 3. kvartil 7,57 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,20 °C 6. februára, naopak, najniģšia teplota (10,9 °C) bola zaznamenaná 8. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,04 °C.

V roku 2018 (tab.4.26.4, obr. 4.26.2) bola najvyšia hladina podzemnej vody nameraná 23. marca (7,37 m pod terénom; 145,39 m n. m. ï ľo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,01 m). Po dosiahnutí maximálneho stavu zaľala hladina klesaŠ a jej najniģšia úroveŔ s hĐbkou 8,16 m (144,62 m n. m.) bola dosiahnutá 1. septembra (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,02 m). Priemerná hĐbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 7,80 m pod terénom (144,96 m n. m.), ľo je rovnaká ako v roku 2017. Amplitúda roľných zmien sa

v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,79 m. Prvý kvartil z nameraných hĎbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 8,02 m pod terénom, 2. kvartil 7,82 m pod terénom a 3. kvartil 7,57 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,10 °C 29. januára, naopak, najnižšia teplota (10,9 °C) bola zaznamenaná 16. júla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,0 °C.



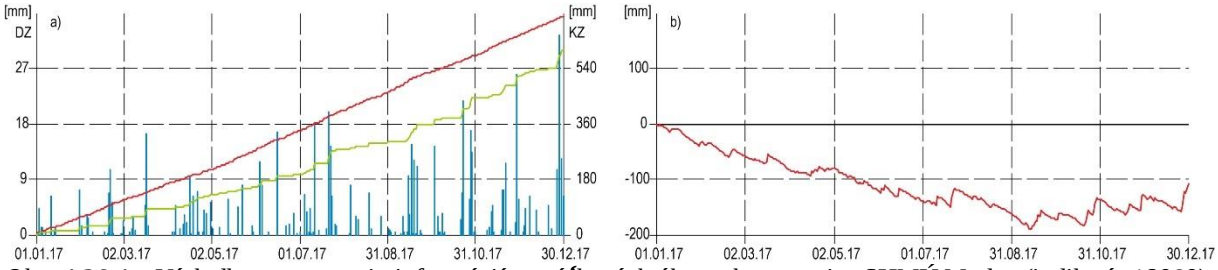
Obr. 4.26.3. Dlhodobé (2011 – 2018) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi na lokalite Čenkvice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – PVZS-1, b – PVZS-2, c – PVZS-3 Modrá línia – hĎbka hladiny podzemnej vody; červená línia – teplota podzemnej vody.

Z dlhodobého hľadiska (obr.4.26.3) je možné konštatovať, že na zmenách hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch sa výraznejšie prejavujú zimné a jarné zrážky (najmä v roku 2013). K výraznejším zmenám hladiny podzemnej vody dochádzalo najmä v roku 2013. Relatívne malé zmeny boli namerané v rokoch 2012 a 2014, ale štatisticky významne aj v 2016. Vo všetkých vrtoch je však zreteľný pozorovateľný zostupný trend hladiny podzemnej vody, a to najmä v rokoch 2016 a 2017. Pokles hladiny je spojený s realizáciou stabilizačno-drenážneho rebra v roku 2015. Vďaka vysokej efektívnosti sanačného opatrenia boli v roku 2017 i v roku 2018 zaznamenané najnižšie hodnoty úrovne hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Zásadne sa zmenil aj teplotný režim podzemnej vody. Pôvodná, pomerne výrazná amplitúda, sa v posledných rokoch mení len na mierne kolísanie, dosahujúce hodnoty niekoľkých desatín stupňa. Znamená to, že na doplňaní hladiny podzemnej vody sa podieľajú povrchové vody len minimálne.

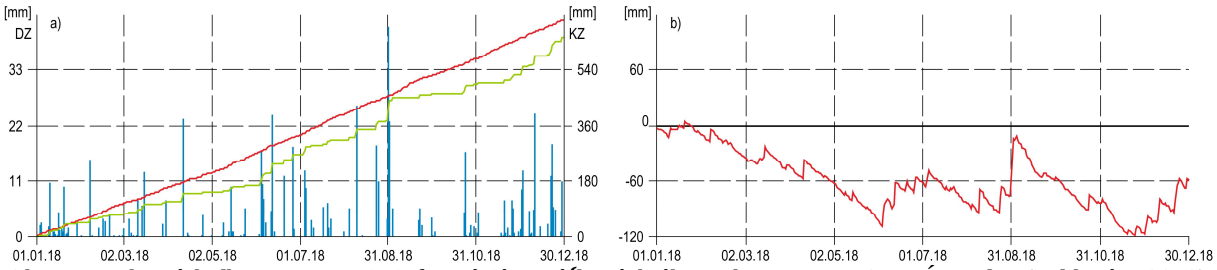
c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Modra s indikatívom 18060 (obr. 4.26.4a a 4.26.4b). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1990 do 31. decembra 2017 predstavuje

700,7 mm a maximálny roľný úhrn v tomto období dosiahol 1093,7 mm (rok 2010); priemerný mesaľný úhrn 58,9 mm a maximálny mesaľný úhrn 254,0 mm (máj 2010). Maximálny tridsaŠdŕový úhrn (zaznamenaný v období od 2. mája 2010 do 1. júna 2010) dosiahol 280,4 mm.



Obr. 4.26.4a. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1990 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.



Obr. 4.26.4b. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2018 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1990 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018.

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 600,0 mm. Najvyšší mesaľný úhrn bol nameraný počas októbra (89,3 mm) a najvyšší denný úhrn 28. decembra (32,4 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 22,2 mm zrážok. TridsaŠdŕové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 28. novembra do 28. decembra (96,2 mm).

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 643,4 mm, čo zodpovedá 91,83 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2018 bol najvyšší mesaľný úhrn nameraný počas decembra (119,2 mm) a najvyšší denný úhrn 1. septembra (41,5 mm). Najsuchším mesiacom bol máj s 22,3 mm zrážok. TridsaŠdŕové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 5. augusta do 4. septembra (128,9 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaŠdŕového obdobia (od 12. apríla do 12. mája), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 8,8 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Čenkvice sú monitorovacie aktivity zabezpečované formou kontinuálnych režimových pozorovaní v troch piezometrických vrtoch. Z pravidelných záznamov automatických hladinomerov v roku 2018 je možné pozorovaŠ pokračujúci trend zostupu hladiny podzemnej vody vo všetkých vrtoch. Maximálne stavy boli zaznamenané zhodne vo všetkých vrtoch 23. marca. Namerané hodnoty predovšetkým potvrdili efektívnosŠ vybudovanej drenáže (najmä stabilizačno-drenážneho rebra). HĎbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosahovala približne rovnaké hodnoty ako v roku 2017. V porovnaní s predchádzajúcimi rokmi došlo k poklesu priemerných ročných hladín, ale taktiež i ročnej

amplitúdy. I keď hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch odrážajú vývoj klimatických faktorov, pozorovaných na stanici SHMÚ Modra, ich prejavy sú v porovnaní so záznamami z predchádzajúceho obdobia podstatne menšie.

Žiaľ, ani v roku 2018 nebolo možné zabezpečiť meranie výdatnosti zo spomenutých odvodňovacích zariadení. Bráni tomu skutočnosť, že na zosuvnej lokalite nie je dodnes definitívne vyriešené hospodárenie so splaškovými vodami. Tieto vody nelegálne vytekajú do vybudovaného drenážneho potrubia a sú odvádzané do povrchového recipienta. Na túto skutočnosť boli upozornení i zástupcovia miestnej samosprávy.

V roku 2019 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach, zabezpečovaných automatickými hladinomermi.

1.4.27. Lokalita Petrovany

Stručná charakteristika lokality

Obec Petrovany leží v severnej časti Košickej kotliny, na východnom brehu Torysy. Zosuv sa aktivizoval v júni 2010 a ohrozuje niekoľko rodinných domov. Prevažná časť obce leží na kvartérnych (holocénnych) uloženinách rieky Torysy. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Tupý et al., 2011) a tiež z monitorovania (Ondrejka et al., 2014).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v roku 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.27.1.

Tab. 4.27.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Petrovany v rokoch 2017 a 2018

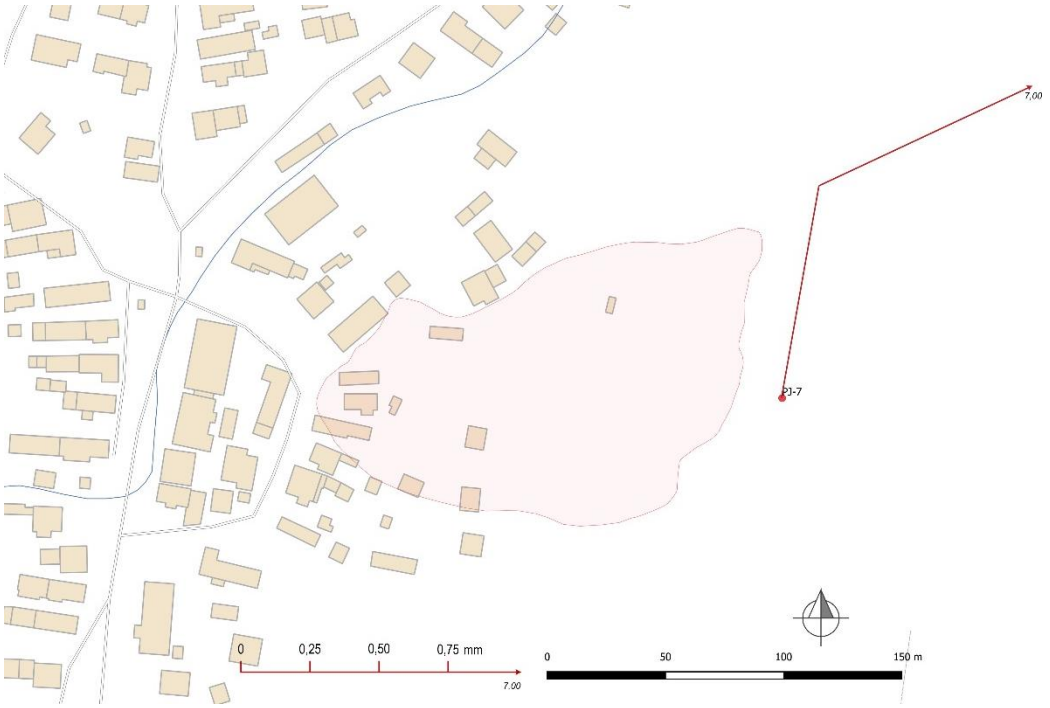
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	1	PJ-7	1 *(7. december)*	1 *(5. november)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	PJ-6	–	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	PHV-1, PHV-2, PHV-3	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*	10 *(10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prešov-planetárium (59160)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a dlhšie časové obdobie

a/ Inklinometrické merania

Monitorovacie aktivity sa vykonávajú na jednom inklinometrickom vrte, ktorý je situovaný nad odlučnou hranou aktívneho zosuvu (obr. 4.27.1). V roku 2017 dosiahla etapová deformácia v tomto vrte hodnotu 0,78 mm s azimutom na sever (10°). Nameraná deformácia predstavuje pohybovú aktivitu za obdobie november 2016 až december 2017, teda približne jeden rok. V roku 2018 bol za približne rovnaké obdobie (8. december 2017 až 5. november 2018) nameraný etapový vektor 0,82 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 0,9 mm.rok^{-1} (azimut ï 64°).

Namerané prírastky deformácie nedávajú skutočný obraz o veľkosti pohybovej aktivity v danej oblasti, pretože monitorovací objekt je situovaný mimo zosuvné teleso (aktivizované v roku 2010). I napriek tejto skutočnosti majú realizované merania kontrolný charakter a overujú stabilitu územia nad odlučnou hranou, na ktorom sa nachádzajú stožiare vysokého napätia.

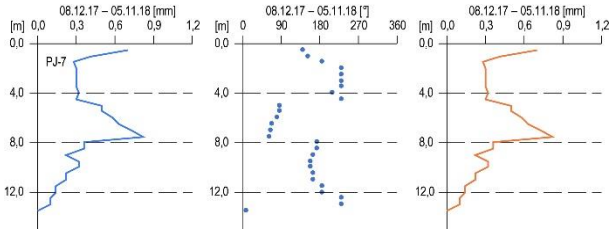


Obr. 4.27.1. Lokalita Petrovany – vektory deformácií namerané v rokoch 2017 a 2018 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.27.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

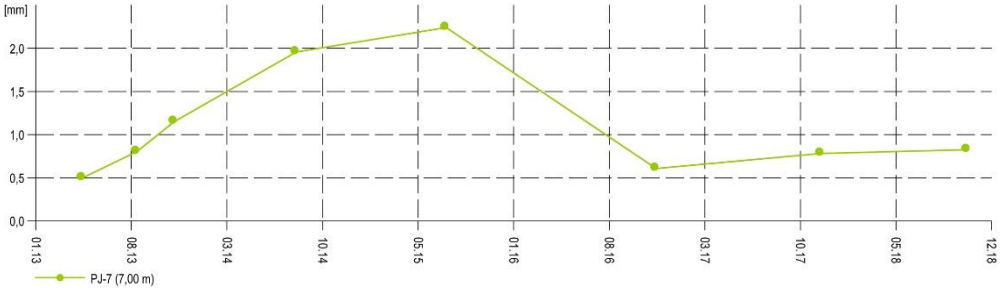
Tab. 4.27.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Petrovany v rokoch 2017 a 2018

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	21. 11. 16 – 7. 12. 17			8. 12. 17 – 5. 11. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
PJ-7	7,0	1,98	0,78	10	0,82	0,82	64

CD – celková deformácia od nultého merania (5. 12. 12 – do roku 2017; 8. 12. 17 – po roku 2017); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.27.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Petrovany (označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).



Obr. 4.27.3. Priebehy dlhodobých (2013 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Petrovany, sledované na predpokladaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

Vývoj deformácie, ktorý zachytáva celé obdobie monitoringu, prezentovaný na obr. 4.27.3, naznaľuje, ģe v období rokov 2013 aģ 2015 mali namerané hodnoty deformácie vzostupný charakter. V roku 2016 doģlo k poklesu pohybovej aktivity a v aktuálne analyzovanom roku sledujeme jej mierny nárast.

c/ Merania výdatnosti odvodŕovacích zariadení

Na lokalite Petrovany sú pozorované 3 odvodŕovacie vrty (tab. 4.27.1; ģtatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.27.3 a 4.27.4; výsledky spracovania monitorovacích meraní sú prezentované na obr. 4.27.4. a 4.27.5).

Tab. 4.27.3. Merania výdatnosti odvodŕovacích zariadení na lokalite Petrovany v roku 2017

Bod	Poľet meraní	Max. výdatnosŠ		Min. výdatnosŠ		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
PHV-1	10	0,06	26.04.17	0,00	08.02.17	0,01	0,06
PHV-2	10	2,20	01.03.17	0,22	15.11.17	0,53	1,98
PHV-3	10	4,30	01.03.17	0,25	28.08.17	0,83	4,05

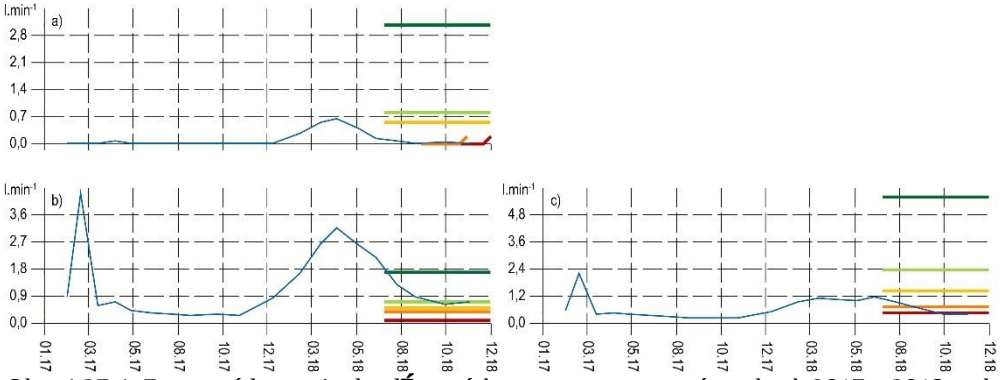
V roku 2017 bolo zabezpeľených 10 kontrolných meraní od 8. februára do 15. novembra. Najvyģģia výdatnosŠ bola nameraná vo vrte PHV-3 (4,30 l.min^{-1} ï najvyģģia nameraná hodnota v uvedenom objekte v období monitoringu; v rovnakom termíne bola prekroľená doteraz nameraná maximálna hladina podzemnej vody vo vrte RS-3 na lokalite Ruská Nová Ves) na zaľiatku marca. Poľas tohto termínu bola maximálna výdatnosŠ nameraná aj vo vrte PHV-2 (2,20 l.min^{-1}). Celkovo najniģģie výdatnosti boli namerané vo vrte PHV-1. Maximálna hodnota sa pohybovala len na úrovni 0,06 l.min^{-1} (26. apríl). Poľas ostatných meraní bol tento vrt suchý, príp. z neho kvapkala voda. Vo vrtoch HHV-2 a 3 sa minimálne hodnoty nachádzali v intervale od 0,22 do 0,25 l.min^{-1}. Namerané boli v druhej polovici roka. Postupný pokles výdatnosti, ktorý vo vrte PHV-3 trval aģ do novembra, bol v období od apríla do augusta sprevádzaný i zostupom hladiny podzemnej vody v piezometrických vrtoch. Táto situácia bola odrazom klimatických ukazovateĽov obdobia od januára do júna, kedy bol na stanici SHMÚ Preģov-planetárium dosiahnutý výrazný zráģkový deficit (obr. 4.9.12), ktorý sa podpísal pod pokles sledovaných reģimových ukazovateĽov.

Sumárna priemerná výdatnosŠ meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 1,36 l.min^{-1}, ľo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zanedbateĽný rozdiel (vzostup o 0,09 l.min^{-1}). Najväľģie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte PHV-3 (4,05 l.min^{-1}).

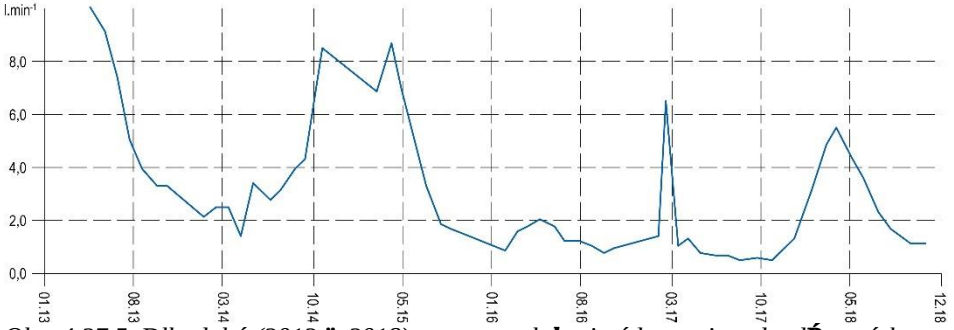
V roku 2018 bolo zabezpeľených 10 kontrolných meraní (10. január ï 26. november). Najvyģģia výdatnosŠ bola nameraná vo vrte PHV-3 (3,16 l.min^{-1}) poľas merania 24. apríla. Vo vrte PHV-1 bola najvyģģia výdatnosŠ zaznamenaná tieģ v apríli, a to 0,64 l.min^{-1}.Vo vrte PHV-2 bola maximálna výdatnosŠ nameraná 26. júna. Minimálne výdatnosti na vrtoch PHV-2 a PHV-3 boli namerané 17. októbra. Vo vrte PHV-2 to bolo 0,41 l.min^{-1} a vo vrte PHV-3 0,63 l.min^{-1}. Vo vrte PHV-1 bolo poľas troch meraní zistené len kvapkanie. Sumárna priemerná výdatnosŠ meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 2,67 l.min^{-1}, ľo je v porovnaní s rokom 2017 nárast o 1,3 l.min^{-1}. Výraznejģie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte PHV-2 (2,53 l.min^{-1}).

Tab. 4.27.4. Merania výdatnosti odvodŕovacích zariadení na lokalite Petrovany v roku 2018

Bod	Poľet meraní	Max. výdatnosŠ		Min. výdatnosŠ		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
PHV-1	10	0,64	24. 4. 18	0,00	10. 1. 18	0,21	0,64
PHV-2	10	1,13	27. 6. 18	0,41	17. 10. 18	0,82	0,72
PHV-3	10	3,16	24. 4. 18	0,63	17. 10. 18	1,65	2,53



Obr. 4.27.4. Zmeny výdatnosti odvodňovacích vrtov zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Petrovany, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO: 25. 4. 13 – 26. 10. 16): a – PHV-1, b – PHV-3, c – PHV-2, červená – minimálna, tmavozelená – maximálna výdatnosť nameraná počas RO, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO.



Obr. 4.27.5. Dlhodobé (2013 – 2018) zmeny spoločnej výdatnosti z odvodňovacích vrtov na lokalite Petrovany. Sumárna výdatnosť je stanovaná z údajov, nameraných na odvodňovacích vrtoch: PHV-1, PHV-2, PHV-3.

Pri hodnotení dlhšieho obdobia (od roku 2013) bolo možné maximálne výdatnosti pozorovať v rokoch 2013 (25. apríla bola nameraná spoločná výdatnosť 6,93 l.min^{-1}), 2014 (13. novembra; 7,37 l.min^{-1}) a nakoniec 2015 (28. apríla; 7,56 l.min^{-1}). Pomerne vysoké hodnoty boli zaznamenané však i v aktuálne hodnotnom roku 2018. Od roku 2015 do roku 2017 mala nameraná výdatnosť klesajúcu tendenciu (obr. 4.27.7). Z trojice vrtov možno za najefektívnejší považovať PHV-2, na ktorom prevládajú výdatnosti v intervale 0,25 – 0,75 l.min^{-1}, ojedinele sa však vyskytujú i prietoky nad 5 l.min^{-1}. Podobne ako i pri mnohých iných monitorovaných lokalitách, i tu sa ako väčší nedostatok prejavuje nízka frekvencia meraní. Pre objektívne posúdenia efektívnosti drenážnych objektov by bolo vhodné využívať kontinuálne záznamy prietokov.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160 (obr. 4.9.11 a 4.9.12). Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.9 (lokalita Fintice).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2018 bol na lokalite Petrovany zabezpečený súbor režimových pozorovaní na odvodňovacích zariadeniach, ktoré boli doplnené o inklinometrické merania v jedinom inklinometrickom vrte (ďalej situovanom mimo zosuvné územie, za odlučnú hranu zosuvu). Z výsledkov realizovaných inklinometrických meraní vyplýva, že stabilitná situácia v oblasti nad zosuvným územím je relatívne priaznivá. V roku 2018 bol v sledovanej hĺbke nameraná

vektor 0,82 mm. Znamená to, že zosuvné teleso sa ani v roku 2018 retrográdne nerozšírilo do oblasti, v ktorej by mohlo dôjsť o ohrozeniu el. stožiara vysokého napätia.

V roku 2018 boli vo vrtoch PHV-2 a PHV-3, a to i napriek nižším hodnotám maximálnych výdatností ako v roku 2017, namerané vyššie hodnoty minimálnej výdatnosti. Zároveň mierne stúpla i hodnota sumárna priemerná výdatnosť. Maximálna spoľahlivá výdatnosť bola nameraná v jarnom období. Kladne je možné hodnotiť skutočnosť, že vrty PHV-2 a PHV-3 ani počas jedného merania neboli suché. Vrt PHV-1 bol približne polovicu hodnoteného roka suchý.

Nedostatkom monitorovania, vzhľadom na situovanie inklinometrického vrtu, je nízka reprezentatívnosť výsledkov inklinometrických meraní. Pre získanie spoľahlivých informácií o pohybovej aktivite zosuvného územia je potrebné doplniť pozorovaciu sieť o nové inklinometrické vrty, ktoré by boli situované priamo v telese zosuvu. V súčasnej situácii sa nevieme vyjadriť k skutočnej pohybovej aktivite zosuvného telesa. Ďalším nedostatkom monitorovania je nízka frekvencia meraní režimových ukazovateľov.

Monitorovaný zosuv ohrozuje veľké množstvo stavebných objektov, infraštruktúru, ale najmä obyvateľov obce. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú ďalej monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformácií". Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformácií", v porovnaní s projektom ĽMS či GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom či on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.28. Lokalita KraČovany

Stručná charakteristika lokality

Monitorovaný zosuv sa nachádza v katastri obce KraČovany, miestnej časti KraČovany-Rieka, v priestore kameňolomu (KraČovany II). Skalný zosuv sa výrazne aktivizoval v marci 2013 a ohrozuje územie, v ktorom je plánovaná realizácia údolného variantu diaľnice D1 (úsek Turany – Hubová).

Monitorovacie aktivity v roku 2016 boli zabezpečované v sieti inklinometrických vrtov a geodetických bodov, ktoré boli vybudované počas doplnkového prieskumu pre Národnú diaľničnú spoločnosť a. s. (V-2/INK, V-3/INK, V-4/INK a V-5/INK) a tiež počas protihavarijných opatrení (V-6/INK – Liščiak et al., 2014). V území zároveň zabezpečujeme režimové pozorovania pomocou automatického hladinomera. Viac informácií o zosuvnej lokalite je súčasťou správy z prieskumu (Liščiak et al., 2013) a tiež aj monitorovania (Ondrejka et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v roku 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.28.1.

Tab. 4.28.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite KraČovany v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Inklinometrické	3	V-3/INK, V-4/INK, V-6/INK	1 – 3 *(31. marec, 5. október, 11. december)*	2 – 3 *(2. máj, 13. august, 6. december)*
Terestrické geodetické meranie a fotogrametrické snímkovanie	9 pozorovaných 3 vzťažné meračské bodov	640, 686, 687, R1, R3, P1 až P4 550, 638, 5002	1 *(11. júl)*	1 *(18. november)*
Meranie výšky hladiny podzemnej vody	1	V-2/HG	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: KraČovany (indikatív 24120)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Terestrické geodetické meranie a fotogrametrické snímkovanie

a/ Terestrické geodetické meranie a fotogrametrické snímkovanie

Monitorovanie pohybovej aktivity prebieha na existujúcich geodetických bodoch Národnej diaľničnej spoločnosti, a. s. (NDS) a pozorovacích bodoch vybudovaných v rámci riešenia úlohy Monitoring pohybovej aktivity skalného zosuvu v KraČovanoch (Čimeková et al., 2014).

Cieľom monitorovacích meraní je určiť etapové diskrétne a plošné vodorovné a výškové posuny na zosuve KraČovany. Bodové diskrétne merania boli realizované technológiami terestrickej geodézie, plošné merania terénnych plôch boli realizované metódami fotogrametrie. Výsledky meraní za posledné dva roky sú súčasťou technických správ (Fraštia, 2017 a 2018).



Obr. 4.28.1. Lokalita Kraľovany – situácia monitorovaných objektov – geodetické body.

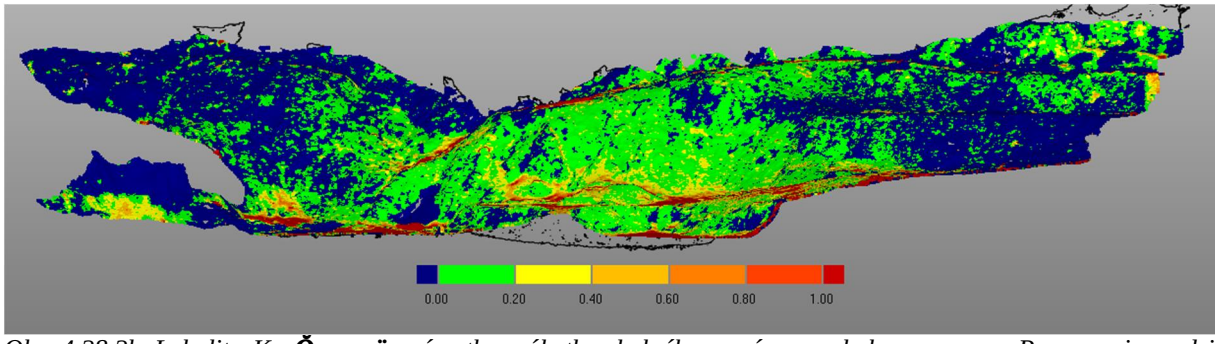
V roku 2017 (etapa E12_G) boli veľké priestorové zmeny v území lomu na sieti geodetických bodov zaznamenané nad západnou lomovou stenou. V bode R3 bol nameraný posun 1649 mm oproti etape E8_G; 10/2014. Za zmienku stojí i posun nameraný počas celého monitorovaného obdobia na geodetickom bode (P4), kde v období 10/2014 a 11/2018 dosiahol horizontálny posun hodnotu 3,1 cm. V období 6/2017 a 11/2018 hodnota posunu však bola 0 cm, t. j. mimo hodnovernej hodnoty posunu. Tento bod sa nachádza v blízkosti (cca na úrovni) vodnej plochy „Veľkého jazera". Namerané posuny poukazujú na mohutný pohyb po hlbších šmykových (deformačných) zónach, ale zároveň na postupné vyznievanie pohybu. Pravda, toto tvrdenie si vyžaduje ešte dlhšie obdobie monitoringu.

V roku 2018 sa meraniami nadviazalo na predchádzajúce obdobie. Aktuálna etapa zachytáva posuny v približne ročnom období (od júna 2017 do novembra 2018). Polohové zmeny v bode R3, ktorý sa nachádza priamo v oblasti odlučnej hrany západnej časti zosuvu, nameraný vektor za približne 17-mesačné obdobie dosiahol 27 mm (19,05 mm.rok^{-1}). Pomerne vysoká hodnota pohybovej aktivity bola zaznamenaná aj v bode NDS s označením 640. Bod sa nachádza na hrane druhej etáže v strednej časti lomu. V smere x bol v tomto bode nameraný vektor, ktorý dosiahol necelých 123 mm (86,82 mm.rok^{-1}). V tejto súvislosti však treba poznamenať, že priemerná rýchlosť monitorovaného bodu v minulosti dosahovala rádovo desiatky centimetrov za rok. Nameraný pohyb v roku 2018, poukazuje na upokojenie pôvodne mimoriadne vysokej pohybovej aktivity v tejto časti územia. Túto skutočnosť potvrdzujú aj posuny v bodoch 686, 6877, R1, P1, P2, P3, ktoré nepresiahli ani 10 mm za sledované 17-mesačné obdobie 6/2017 a 11/2018.

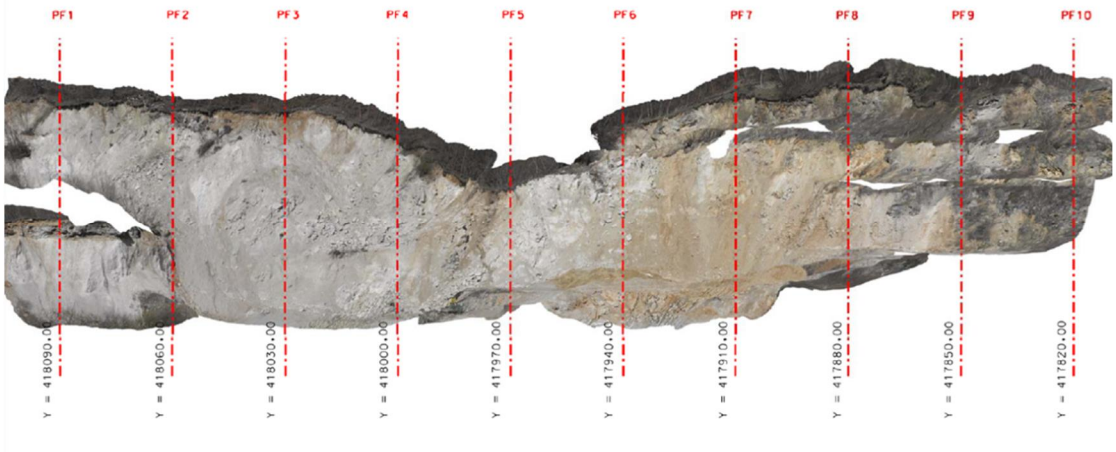
Vo vertikálnom smere mali hodnoty posunov prevažne poklesový charakter. Najvýraznejšia z nich bola zaznamenaná v bode 640 (26 mm) a v bode R3 (20 mm). 10 mm zvislý posun bol nameraný v bode 686, v ostatných bodoch kolísala hodnota v rozmedzí ±6 mm.



Obr. 4.28.2a. Lokalita KraÖovany ï Celkový ortofotopohÖad na skalný zosuv KraÖovany v novembri 2018 (Fraġtia, 2018).



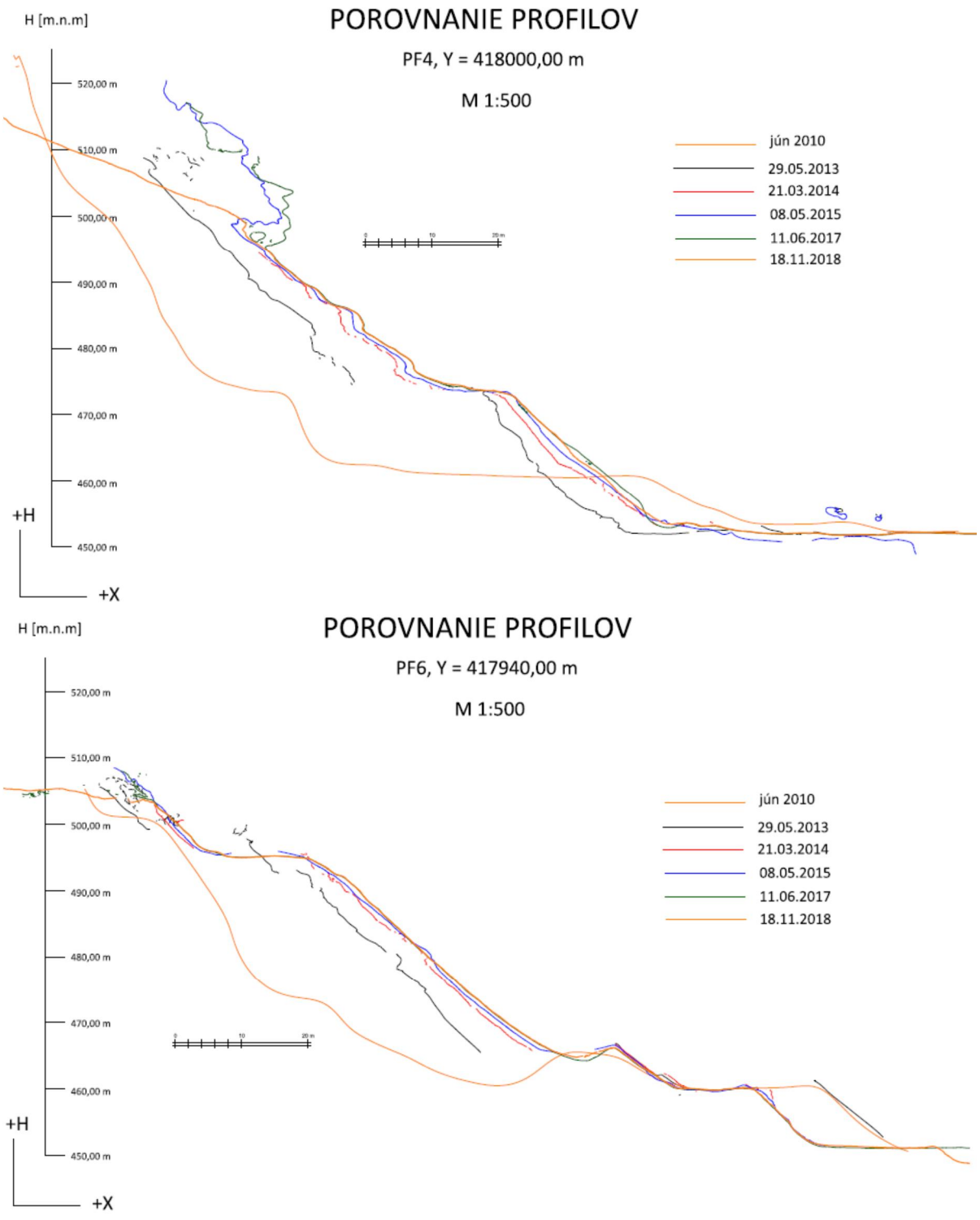
Obr. 4.28.2b. Lokalita KraÖovany ï prírastky a úbytky skalného masívu na skalnom zosuve. Porovnanie medzi júnom 2017 ï novembrom 2018 (Fraġtia, 2018).



Obr. 4.28.3. Lokalita KraÖovany ï umiestnenie rezových rovín (pohÖad z juhu) na skalnom zosuve (Fraġtia, 2018).

Pri hodnotení dlhġieho ļasového obdobia je moģné sa zameraŠ na pohybovú aktivitu monitorovacieho bodu NDS 640. Jeho azimut je od zaļiatku monitorovacích aktivít v priestore skalného zosuvu výrazne orientovaný na ĂVeÖké jazeroñ, priļom horizontálna zloģka pohybu v smere osi Ăxñ, vyjadrená ako rozdiel medzi 13. a nultou etapou (rok 2010), dosiahla aģ 6521 mm (posuny v osi Ăyñ sú zanedbateÖné ï 0,161 mm). Poļas posledných etáp, ktoré trvali pribliģne jeden rok, posuny na tomto bode vģdy presahovali hranicu 500 mm. Napríklad od mája do augusta 2013 sa pohyb vyznaļoval rýchlosŠou aģ 1 cm.deŕ^{1}. V roku 2018 bol v danom bode v smere osi Ăxñ nameraný posun Ălenñ 123 mm, môģeme teda konģtatovaŠ spomalenie pohybu. Zároveŕvģak konģtatujeme veÖmi výrazné naklonenie geodetického piliera, ļo do istej

miery skresľuje interpretáciu pohybu. V roku 2019 plánujeme na uvedenom objekte umiestniť terčík na báze geodetického piliera, ím výrazne eliminujeme vplyv náklonu pagnice.



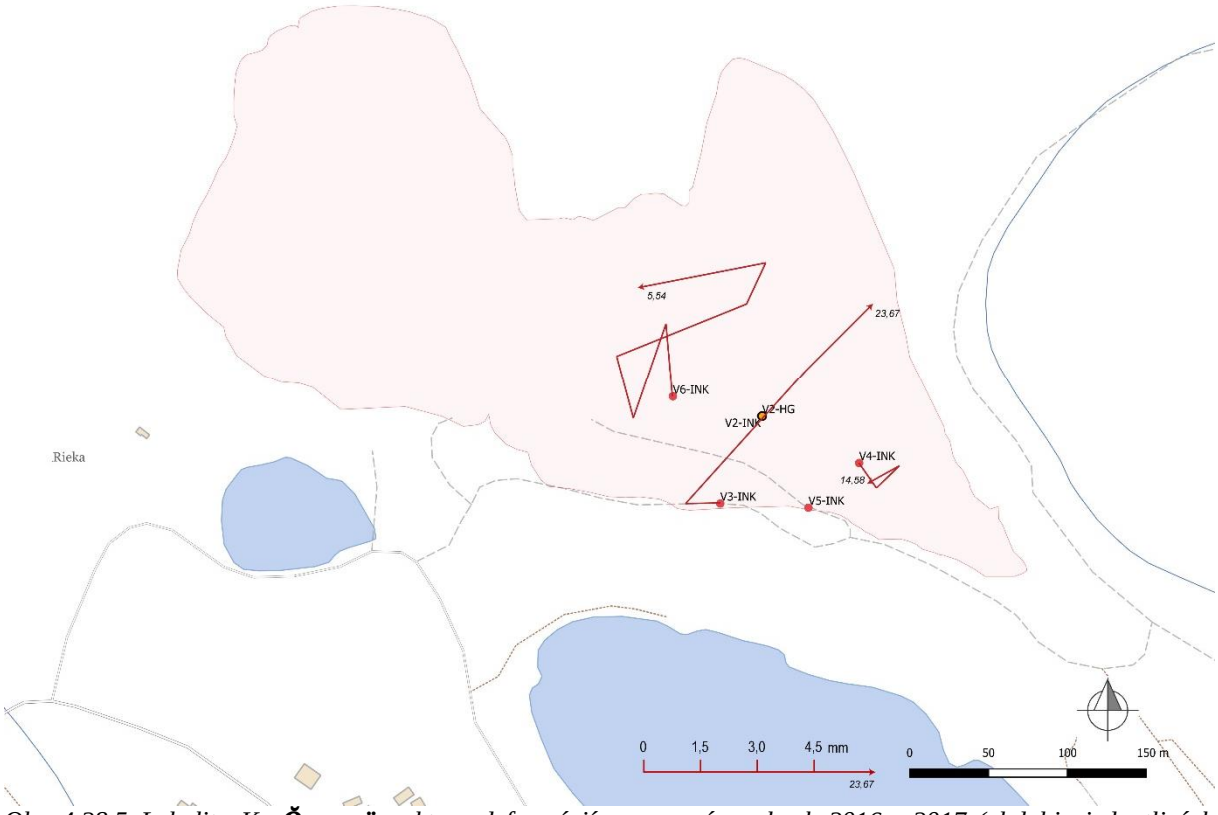
Obr. 4.28.4. Porovnanie vybratých profilov PF4 a PF6, vedených cez skalný zosuv Kraovany, v období od júna 2010 do novembra 2018. Umiestnenie rezových rovín je v súlade s obr. 4.28.3 (Fragtia, 2018)

V roku 2018 miernejgiu pohybovú aktivitu povrchu dosvedľuje aj rozdielová mapa generovaná z pozemnej fotogrametrie obr. 4.28.2b. Ako najaktívnejgia sa javí centrálna ľasť deformácie. Na ortofotosnímke bolo zostavených desať profilov PF-1 ag PF-10 (obr. 4.28.3; Fragtia, 2018). Pre ilustráciu uvádzame najvýpovednejgie profily (obr. 4.28.4), z ktorých je

zrejmé, že prakticky celá stena opusteného lomu, ktorá predstavuje ťelo zosuvu výšky 30 m, sa pomerne rovnomerne posúvala smerom na juh, teda k Ďalekému jazeru, pričom 17-mesačná amplitúda posunu je približne 10 cm.

b/ Inklinometrické merania

V roku 2017 po kritickej deformácii vo vrte V-2/INK (zaznamenanej v roku 2016) sa množina monitorovacích objektov zúžila na 3 inklinometrické vrty. Pozície jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj veľkosti nameraných vektorov, zobrazuje situačný obr. 4.28.5.



Obr. 4.28.5. Lokalita Kráľovany – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.28.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m; oranžový bod – monitorovaný piezometrický vrt s automatickým hladinomerom); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2017 boli vykonané 3 etapy meraní, pričom hlavná pozornosť bola sústredená na vrt V-6/INK, v ktorom boli v minulosti namerané zvýšené hodnoty etapových vektorov. Počas prvej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu od 4. októbra 2016 do 31. marca 2017, boli vo vrte V-6/INK na sledovaných šmykových plochách namerané etapové prírastky do 2 mm. Najväčší z nich 1,94 mm bol nameraný v hĺbke 5,54 m pod terénom. Počas nasledujúceho októbrového merania vzrástli etapové deformácie vo všetkých sledovaných hĺbkach, ale ich veľkosti sa pohybovali v intervale od 2,04 (v hĺbke 15,54 m pod terénom) do 2,65 mm (v hĺbke 5,54 m pod terénom). Najvyššie deformácie počas uvedeného termínu merania boli namerané vo vrte V-3/INK. V období od októbra 2016 do októbra 2017 bol v hĺbke 24,50 m pod terénom nameraný vektor 4,86 mm. Vo vrte V-4/INK bola počas rovnakého obdobia nameraná deformácia 1,17 mm.

Z výsledkov zaznamenaných počas decembrovej etapy vyplýva celkový pokles pohybovej aktivity na všetkých sledovaných šmykových plochách. Najvyššia hodnota etapového vektora

ï 1,7 mm (9,26 mm.rok^{-1}) bola zaznamenaná vo vrte V-6/INK v hĎbke 5,54 m pod terénom. V porovnaní s predchádzajúcim rokom vo viacerých prípadoch boli namerané aģ rádovo niģģie hodnoty etapových vektorov. Relatívne nízke etapové vektory, ale hlavne azimuty, ktoré majú poļas jednotlivých etáp zásadné rozdiely v orientácii, naznaļujú, ģe oblasŠ monitorovaná metódou presnej inklinometrie v roku 2017 stagnovala.

Tab. 4.28.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite KraĎovany v rokoch 2017 a 2018

Bod	HĎbka pod ter. [m]	4. 10. 16 ï 31. 3. 17			31. 3. 17 ï 5. 10. 17			5. 10. 17 ï 11. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
V3/INK	23,67							58,55	0,92	269
V4/INK	14,58							2,28	0,81	145
V6/INK	5,54	113,79	1,94	355	115,74	2,65	199	114,06	1,70	345
V6/INK	15,54	71,47	1,22	355	73,46	2,04	199	72,31	1,20	348
V6/INK	23,54	52,58	0,86	354	54,69	2,38	195	53,90	0,81	0

CD ï celková deformácia od nultého merania (17. 7. 14 ï vrty: V-3/INK, V-4/INK; 10. 10. 14 ï vrt V-6/INK); ED ï etapová deformácia; A ï azimut etapového vektora.

V roku 2018 sa pokraļovalo v monitorovacích meraniach v rovnakom poļte vrtov. Vo vrte V6/INK bola zachovaná frekvencia 3 merania za rok (jarné, letné a jesenné meranie) a vo vrtoch boli V3/INK a V4/INK boli zabezpeļené 2 etapy (jar a jeseŇ). Z nameraných výsledkov vyplýva, ģe najvyģģia pohybová aktivita v roku 2018 bola zaznamenaná vo vrtoch V3/INK a V6/INK. Vo vrte V3/INK, poļas obdobia od 11. decembra 2017 do 2. mája 2018 (v hĎbke 23,67 m pod terénom), bola nameraná deformácia 4,75 mm, ļo predstavuje priemernú rýchlosŠ 12,21 mm.rok^{-1}. Azimut nameraného etapového vektora mal orientáciu na severovýchod. V nasledujúcej etape doģlo v sledovanom horizonte k poklesu pohybovej aktivity (2,39 mm; 4 mm.rok^{-1}), avģak severovýchodný smer deformácie bol zachovaný.

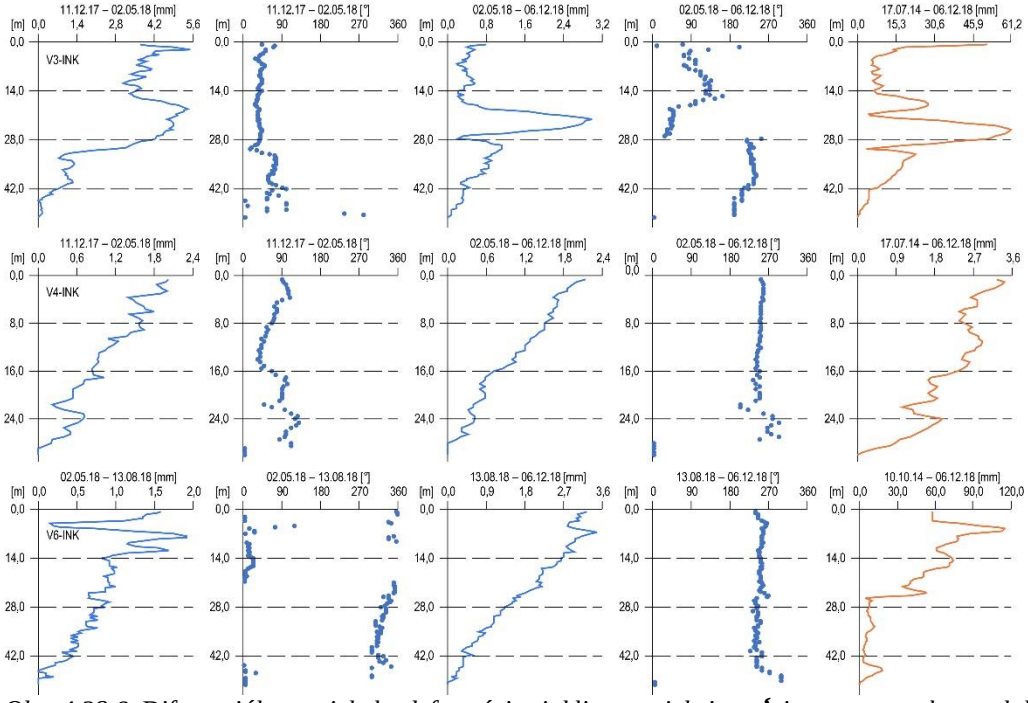
Vo vrte V6/INK bola mierne zvýģená pohybová aktivita zaznamenaná poļas jarnej (3,7 mm; 9,51 mm.rok^{-1}) a jesennej etapy (3,33 mm; 10,58 mm.rok^{-1}). Orientácia nameraných vektorov bola vģak výrazne rozdielna. Poļas jarnej etapy boli deformácie orientované na severovýchod aģ východ a poļas jesennej na juhozápad aģ západ (poļas letnej etapy bola orientácia na severo-severovýchod). Najniģģia pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte V4-INK. Poļas obidvoch meraní boli na sledovanej ģmykovej ploche namerané prírastky do 0,86 mm.

Najvyģģia výsledná deformácia, charakterizujúca pohybovú aktivitu na ģmykovej ploche poļas monitorovaného obdobia, bola nameraná vo vrte V6/INK. V období od októbra 2014 do mája 2018 bol v hĎbke 5,54 m pod terénom nameraný vektor 114,22 mm (priemerná rýchlosŠ ï 32,06 mm.rok^{-1}). Vo vrte V3/INK dosiahla celková deformácia, ktorá bola sledovaná v období do júla 2014 do decembra 2018, hodnotu 59,38 mm (v hĎbke 23,67 m pod terénom; 13,52 mm.rok^{-1}).

Pokraļovanie Tab. 4.28.2

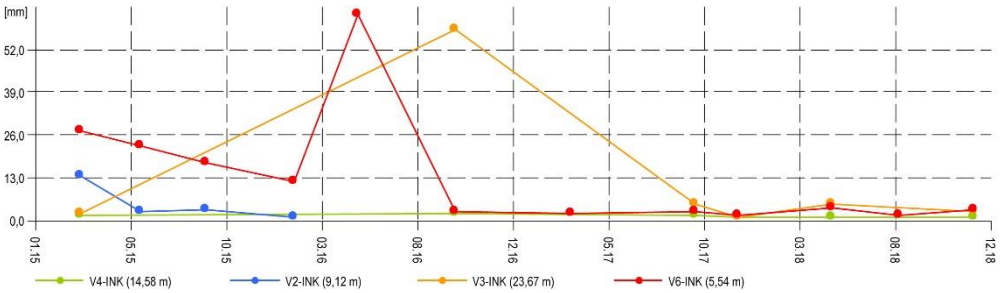
Bod	HĎbka pod ter. [m]	11. 12. 17 ï 2. 5. 18			2. 5. 18 ï 13. 8. 18			13. 8. 18 ï 6. 12. 18		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
V3/INK	23,67	59,08	4,75	42				59,38	2,39[1]	45[1]
V4/INK	14,58	2,96	0,85	46				2,46	0,86[1]	241[1]
V6/INK	5,54	114,22	3,70	68	113,45	1,20	25	112,69	3,33	259
V6/INK	15,54	70,94	2,47	62	70,09	0,91	24	71,01	2,48	253
V6/INK	23,54	53,60	2,48	70	52,97	0,64	351	52,80	1,78	262

CD ï celková deformácia od nultého merania (17. 7. 14 ï vrty: V-3/INK, V-4/INK; 10. 10. 14 ï vrt V-6/INK); ED ï etapová deformácia; A ï azimut etapového vektora; [1] ï nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 2. 5. 18 ï 6. 12. 18.



Obr. 4.28.6. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Kračovany (označenie vrtov je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Pri hodnotení výsledkov monitoringu metódou presnej inklinometrie na lokalite Kračovany možno na obr. 4.28.6 pozorovať, že počas prvej etapy boli namerané relatívne vysoké hodnoty deformácie. V nasledujúcom období mala pohybová aktivita mierne klesajúcu tendenciu. Zvrat v postupnej stabilizácii územia nastal v roku 2016, kedy okrem mimoriadne vysokých etapových vektorov bola zaznamenaná aj kritická deformácia vo vrte V-2/INK. Merania realizované v rokoch 2017 a 2018 potvrdzujú, že v monitorovaná oblasť sa nachádza v relatívne stabilnom stave (platí to len pre územie, na ktorom sa vykonávajú monitorovacie merania metódou presnej inklinometrie). Z výsledkov tiež vyplýva, že nárast pohybovej aktivity je v tomto prostredí možné len ťažko predpovedať a jej prejavy bývajú náhle a mimoriadne intenzívne.



Obr. 4.28.7. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Kračovany v období rokov 2012 až 2018.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

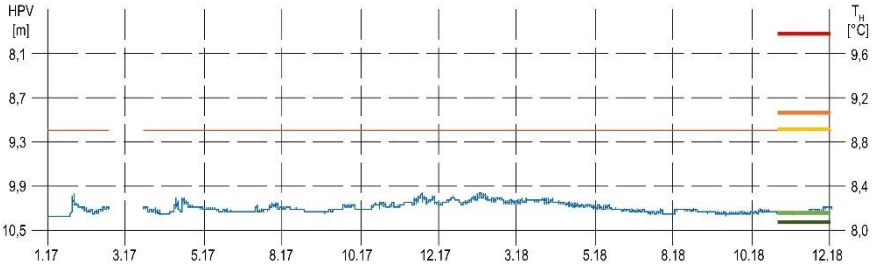
Na lokalite Kračovany bol v prvej polovici februára 2015 inštalovaný automatický hladinomer do vrtu V-2/HG. Počas hodnotených rokov 2017 a 2018 bolo zariadenie

v nepretrţitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

V roku 2017 sa pokraľovalo v rovnakom reţime meraní ako v predchádzajúcom roku 2016. Charakter zmien hladiny podzemnej vody sa v porovnaní s predchádzajúcimi obdobím ľiastoľne zmenil. Po výraznom zostupe hladiny v roku 2016 je celkový rozsah jej kolísania podstatne menţí. Medzi zmenami hladiny podzemnej vody a klimatickými faktormi, podmieŕujúcimi topenie snehovej pokrývky a zráţkovú ľinnosŠ, je síce relatívne úzky vzŠah, ale rozsah kolísania podzemnej vody dosahuje rádovo uţ len prvé desiatky centimetrov. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 10,02 m pod terénom (489,42 m n. m.; 25. január), ľo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles aţ o 2,19 m. Maximálnemu stavu predchádzalo obdobie s minimálnou hladinou v hĺbke 10,33 m (489,11 m n. m.), ktorá bola dosiahnutá 21. januára (v porovnaní s rokom 2016 ide o nepatrnú zmenu, stúpnutie o 0,07 m). Z obr. 4.2.7b vyplýva, ţe v nasledujúcom období bol priebeh hladiny podzemnej vody výrazne determinovaný výskytom zráţkových úhrnov. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla hodnotu 10,22 m pod terénom (489,22 m n. m.), ľo je v porovnaní s rokom 2016 pokles o 0,19 m. Amplitúda roľných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,31 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,04 m za deŕ. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,17 m (ľo je aţ 55,84 % celkových roľných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 10,25 m pod terénom, 2. kvartil 10,22 m pod terénom a 3. kvartil 10,19 m pod terénom.

Tab. 4.28.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kraĺovany v roku 2017

Bod	Poľet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
V2/HG	8015/8760	10,02	489,42	25.01.17	10,33	489,11	21.01.17	10,22	489,22	0,31



Obr. 4.28.8. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2017 a 2018, spolu so ţtatistickými ukazovateľmi na lokalite Kraĺovany. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte V2/HG. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), ľervená línia – teplota podzemnej vody (T_H), úrovne hladiny podzemnej vody vyznaľené na ľavej strane grafu – ţtatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané poľas referenľného obdobia – od 13. marca 2015 do 31. decembra 2018: tmavozelený pás – minimálna hĺbka HPV, zelený pás – 1. kvartil, ţltý pás – 2. kvartil, oranţový pás – 3. kvartil, ľervený pás – maximálna HPV.

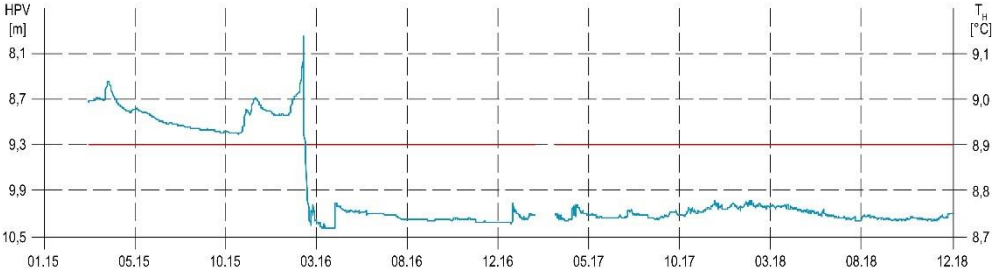
V roku 2018 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 10,01 m pod terénom (489,42 m n. m.; 8. február), ľo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup len o 0,01 m. Z grafu na obr. 4.28.8 vyplýva, ţe po dosiahnutí maximálneho stavu hladina klesala aţ do augusta a na pribliţne rovnakej úrovni sa udrţala aţ do konca roka. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 10,33 m (489,11 m n. m.), bola dosiahnutá 24. septembra (oproti predchádzajúcemu roku sa nezmenila). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 10,20 m pod terénom (489,24 m n. m.), ľo je v porovnaní s vlaŕajţím rokom vzostup len o 0,02 m. Amplitúda roľných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,32 m, ľo je podobné ako v predchádzajúcom roku. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej

vody sa nachádza na úrovni 10, 27 m pod terénom, 2. kvartil 10,23 m pod terénom a 3. kvartil 10,13 m pod terénom. Teplota podzemnej vody sa počas celého obdobia držala na úrovni 8,9 °C.

Tab. 4.28.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kračovany v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
V2/HG	8760	10,01	489,43	8. 2. 18	10,33	489,11	24. 9. 18	10,20	489,24	0,32

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,8 °C 12. januára, naopak, najnižšia teplota (9,5 °C) bola zaznamenaná 2. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,7 °C.



Obr. 4.28.9. Dlhodobé (2015 – 2018) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Kračovany. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte V2/HG. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; červená línia – teplota podzemnej vody.

Z hľadiska hodnotenia režimu hladiny podzemnej vody vo vrte V-2/HG v dlhšom časovom horizonte je najdôležitejšou udalosťou už viackrát spomenutý prudký prepad, ktorý sa začal 23. februára v roku 2016. Po tomto termíne sa úplne zmenila povaha zmien hladiny podzemnej vody v tomto vrte. Priebeh hladiny podzemnej vody zobrazený na obr. 4.28.9 a najmä extrémna zmena jej hĺbky, naznačujú rozdiely správania sa zosuvov vytvorených v skalných, relatívne krehkých, mezozoických karbonátoch a zosuvov, ktoré vznikli v poloskalných horninách až zeminách s eluviálno-deluviálnym charakterom. Predpokladáme, že v druhej polovici februára 2016 došlo k výraznej deformácii, v dôsledku ktorej mohli byť narušené hydrogeologické štruktúry v čiastočne skrasovatených karbonátoch.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané z rovnomennej stanice SHMÚ v Kračovany s indikatívom 24120. Zrážkový priemer nameraný za obdobie od 1. januára 2015 do 31. decembra 2017 predstavuje 1061,6 mm; priemerný mesačný úhrn 91,0 mm a maximálny mesačný úhrn 207,9 mm (november 2015). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 2. novembra 2015 do 2. decembra 2015) dosiahol 220,2 mm.

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1139,7 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas apríla (155,8 mm) a najvyšší denný úhrn 19. augusta (55,0 mm). Najsuchším mesiacom bol január so 44,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 15. apríla do 15. mája (185,1 mm).

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 757,7 mm, čo predstavuje 71,37 % voči odvodenému priemeru. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas decembra (123,6 mm) a najvyšší denný úhrn 23. októbra (37,2 mm). Najsuchším mesiacom bol november so 13,5 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 30. novembra do

30. decembra (122,7 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 7. februára do 9. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 13,3 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2018 bol na lokalite zabezpečený súbor geodetických meraní, ktoré boli doplnené inklinometrickými meraniami a v jednom vrte sa automatickým hladinomerom sledovali zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody. Z nameraných výsledkov vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita bola nameraná na bode R3, ktorý sa nachádza priamo v oblasti odlučnej hrany západnej časti zosuvu. Pomerne vysoká hodnota pohybovej aktivity bola zaznamenaná aj v bode NDS s označením 640. Bod sa nachádza na hrane druhej etáže v strednej časti lomu. V tomto bode však konštatujeme veľmi výrazné naklonenie geodetického piliera, čo do istej miery skresľuje interpretáciu pohybu. Výsledky fotogrametrického merania poukazujú na zmiernenie pohybovej aktivity povrchu. Výsledky získané metódou presnej inklinometrie poukazujú na približne rovnaký charakter pohybovej aktivity ako v predchádzajúcom roku. Najvyššia nameraná deformácia na šmykových plochách bola opätovne zaznamenaná vo vrte V3-INK počas májového merania. Relatívne priaznivé hodnotenie stabilitných pomerov je však čiastočne skreslené absenciou monitorovacích bodov v najaktívnejších oblastiach zosuvu. Napríklad v roku 2016 bol napr. v dôsledku extrémnej deformácie vyradený inklinometrický vrt V-2/INK, v súčasnosti túto oblasť nemonitorujeme.

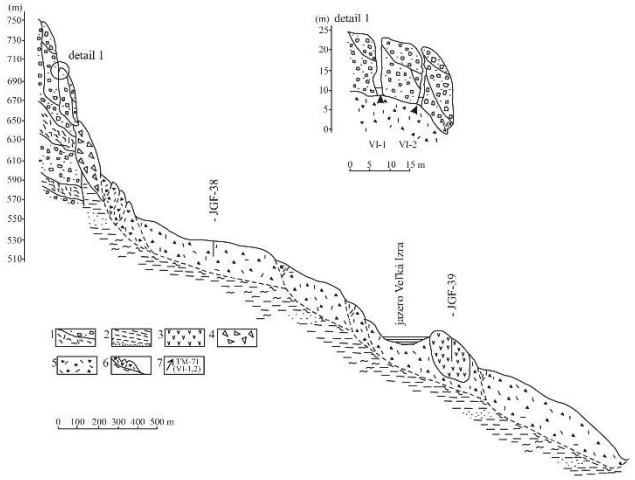
Meranie hladiny podzemnej vody je zabezpečované len v jednom vrte, ktorý sa nachádza na severnej lomovej stene. V roku 2016 došlo v tomto vrte k osobitej udalosti, ktorú zároveň spájame s deformáciou v inklinometrickom vrte V-2/INK a ktorá sa zároveň podpísala pod nasledujúci vývoj hladiny v tomto vrte. Táto výrazná zostupná zmena hladiny podzemnej vody v tomto vrte ukončila obdobie s výraznejšími kolísaním hladiny podzemnej vody. Po výraznom „prepadeníˮ hladiny podzemnej vody (o viac ako 2 m) sledujeme už len ustálený režim podzemnej vody.

Monitorovaný zosuv ohrozuje veľké množstvo stavebných objektov, infraštruktúru, ale najmä obyvateľov obce. Z tohto dôvodu bola zosuvná lokalita v roku 2018 zaradená medzi 20 socio-ekonomicky najvýznamnejších zosuvných lokalít, ktoré budú ďalej monitorované v rámci geologickej úlohy „Monitoring zosuvných deformáciíˮ. Geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy. Geologická úloha „Monitoring zosuvných deformáciíˮ, v porovnaní s projektom ĽMS – GF, predstavuje významný progres z hľadiska využitia najmodernejších metód monitoringu zosuvných území, vrátane satelitných technológií. Tento posun spočíva predovšetkým v kontinuálnom – on-line zbere údajov o aktivite zosuvných deformácií a ich prenose do centra monitoringu prostredníctvom technológie Internetu vecí (IoT).

1.4.29. Lokalita Veľká Izra

Stručná charakteristika lokality

Lokalita je situovaná na okraji stratovulkánu Veľký Milič (južná časť Slanských vrchov) na J od obce Slanská Huta. Do dvoch paralelných trhlín medzi okrajovými blokmi, tvorenými striedajúcimi sa andezitmi a brekciami lávových prúdov s autochtónnymi pyroklastikami, ležiacimi na plastických ílovitých sedimentoch (obr. 4.29.1), boli v lete roku 1992 situované dva dilatometre typu TM-71 (VI-1 a VI-2). Horná trhlina (VI-1) reprezentuje styk bloku s kvázi neporušeným masívom, dolná (VI-2) styk okrajového bloku s predchádzajúcim blokom.



Obr. 4.29.1. Inžinierskogeologický rez svahovou deformáciou na lokalite Veľká Izra s vyznačením osadenia dilatometrov VI-1 a VI-2. 1 – striedanie andezitov a brekcií lávových prúdov s polohami autochtónnych pyroklastík, 2 – íl s polohami ílovitého piesku, 3 – ryolit (zosunutý blok), 4 – morfologicky nečlenené blokové pole, 5 – balvanité a úlomkovito-ílovité svahové sedimenty (sute), 6 – priebeh šmykovej plochy, 7 – lokalizácia dilatometrov TM-71 (VI-1 a VI-2)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 201 a 2018 a ich celkové zhodnotenie

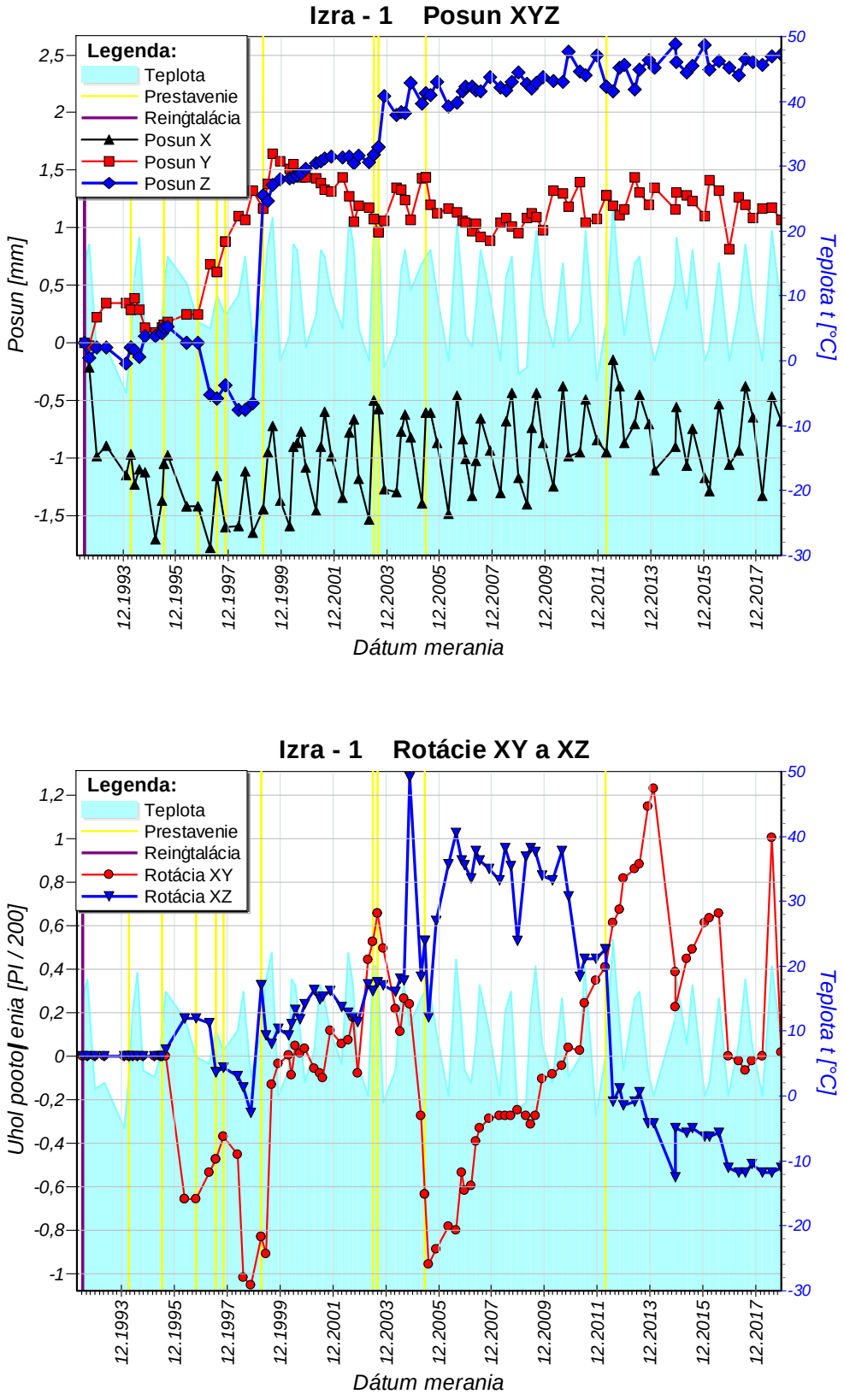
Na lokalite Veľká Izra sa v roku 2017 aj 2018 uskutočnili po tri odčítania hodnôt deformácií zaznamenaných prístrojmi TM-71 (tab. 4.29.1). Aj v roku 2018 pokračoval zber údajov o zrážkach zo stanice SHMÚ Slanská Huta.

Tab. 4.29.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Izra v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	VI-1 (horný)	2017 – 3x *(30. marec, 10. júl, 10. október)*
			2018 – 3x *(21. február, 4. júl, 13. november)*

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v roku 2017 (obr. 4.29.2) preukázali stagnáciu pohybu vo všetkých troch osiach (*x* – rozširovanie trhliny, *y* – šmykový posun pozdĺž trhliny, *z* – pokles bloku voči masívu). V roku 2018 boli posuny v smere osi *x* a *y* minimálne (< 0,035 mm) a možno ich hodnotiť ako stagnáciu (na úrovniach cca 0,0678 a 1,070 mm). Pokles bloku v danom roku narástol o 0,075 mm na celkových 2,510 mm. Priemerný ročný pokles bloku za 26,4 rokov monitorovania dosiahol 0,095 mm. Rotácie v rovinách XY a XZ nie sú významné.



Obr. 4.29.2. Výsledky dlhodobého merania posunov horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Veľká Izra (prístroj VI-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm); Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v π/200 grádov). Čiernymi zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Dlhodobý zrážkový priemer za obdobie od 1.1.2001 do 31.12.2005 na stanici SHMÚ v Slanskej Hute (indikatív 51160) je 725,7 mm. V roku 2017 bol zrážkový úhrn 724,7 mm (čo predstavuje 99,9 % dlhodobého úhrnu a charakterizuje normálny rok). V roku 2018 ročný zrážkový úhrn 639,6 mm, čo predstavuje 88,1 % (suchý rok).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

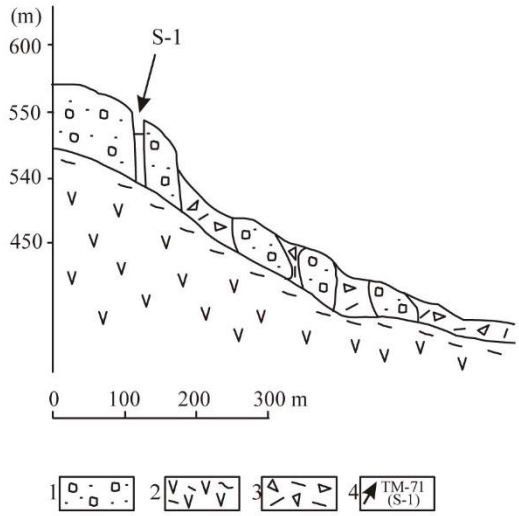
Výsledky doterajších meraní potvrdzujú pozvoľné poklesávanie vrchného monitorovaného bloku voči masívu (celkovo 2,510 mm), dlhodobú stagnáciu (od roku 2010) šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny v rozmedzí cca 0,4 – 1,4 mm.

Hlavným cieľom pokračujúcich meraní je prognóza potenciálnych náhlych pohybov, predovšetkým deštrukcie okrajového bloku, ktorý tvorí súčasť prírodnej pamiatky Miličeská skala. Na zistenie ďalšieho vývoja plazivého pohybu je potrebné pokračovať v odčítavaní hodnôt na dilatometri s frekvenciou 3 až 4-krát ročne.

1.4.30. Lokalita Sokol

Stručná charakteristika lokality

Na lokalite Sokol, ktorá sa nachádza na okraji centrálnej vulkanickej zóny stratovulkánu Strechový vrch v doline Baľkovského potoka (východný okraj Slanských vrchov na S od obce Dargov), boli koncom roku 1990 inštalované dva dilatometre TM-71 (S-1 a S-2). Prístroje boli osadené v trhlinách medzi okrajovými blokmi (bloková rozpadlina) budovanými andezitmi lávového prúdu, striedajúcimi sa s autochtónnymi pyroklastikami. Podložie uvedených hornín tvoria propylitizované a silno brekciovité andezity (obr. 4.30.1).



Obr. 4.30.1. Inžinierskogeologický rez svahovou deformáciou na lokalite Sokol s vyznačením osadenia dilatometra S-1. 1 – striedanie andezitov lávových prúdov a autochtónnych pyroklastík, 2 – andezit propylitizovaný a silno zbrekciovatený, 3 – balvanité a úlomkovito-ílovité svahové sedimenty (sute), 4 – lokalizácia dilatometra TM-71 (S-1)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018 a ich celkové zhodnotenie

Hodnoty posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 sa v roku 2017 odčítali trikrát (1x prestavenie), v roku 2018 tiež trikrát (tab. 4.30.1). V oboch rokoch pokračoval aj zber údajov zo zrážkomernej stanice SHMÚ Dargov.

Tab. 4.30.1 Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Sokol v rokoch 2017 a 2018

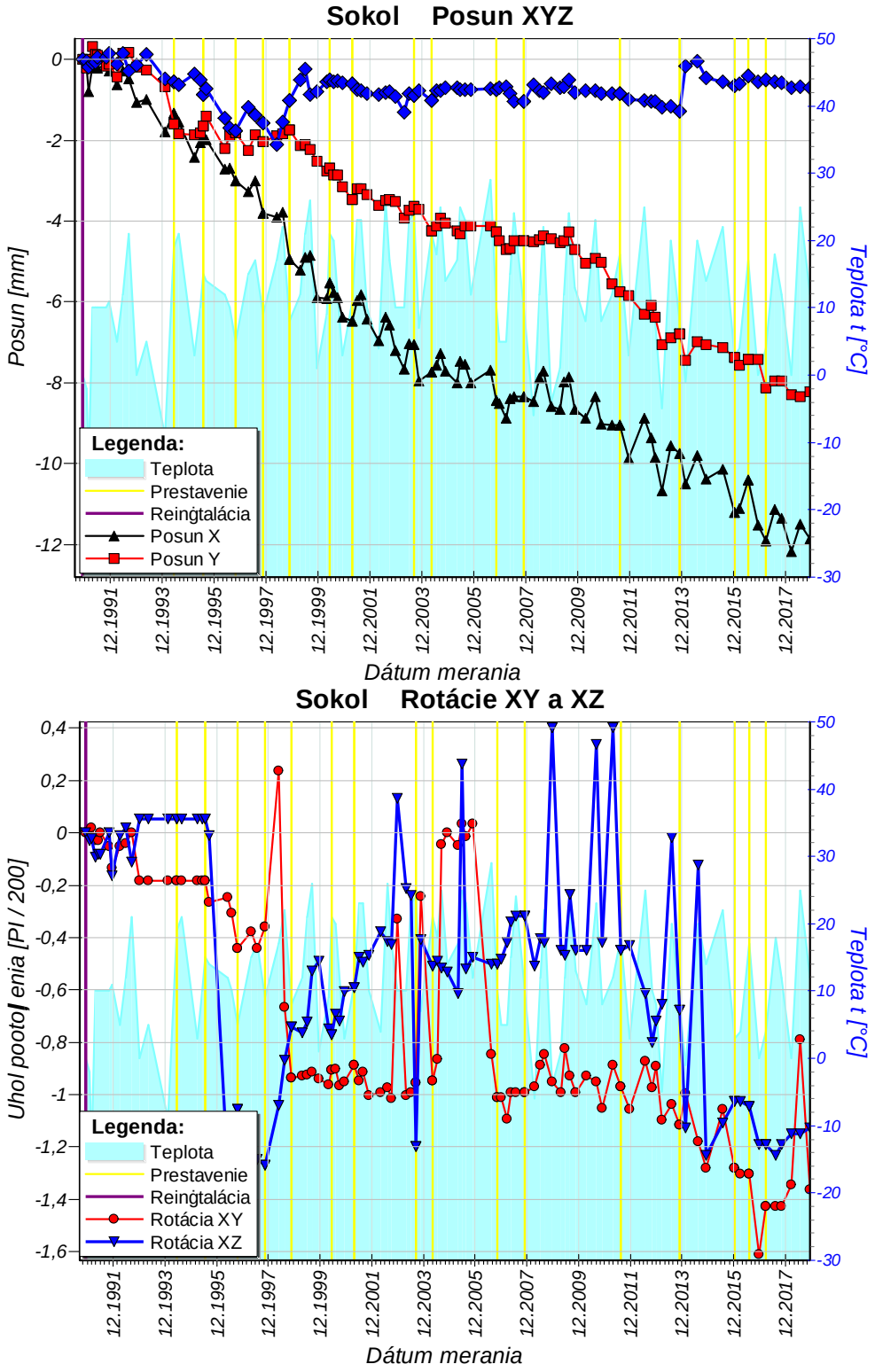
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	S-1	2017 – 3x *(24. február*, 10. júl, 10. október)*
			2018 – 3x *(21. február, 4. júl, 13. november)*

* – *prestavenie prístroja*

a/ Meranie deformácií dilatometrom

Trend narastania pohybu sa v rokoch 2017 a 2018 (obr. 4.30.2) preukázal vo všetkých troch meraných smeroch (*x*, *y*, *z*), ale najviac v smere osi *x* (otváranie trhliny) a *y* (šmykový posun pozdĺž trhliny). V smere osi z bola zaznamenaná stagnácia pohybu. Kým pokles bloku v roku 2017 dosiahol iba 0,032 mm, v roku 2018 narástol o 0,126 mm na celkových 0,708 mm. Otváranie trhliny (os *x*) sa v roku 2017 zväčšilo o 0,051 mm, v roku 2018 až o 0,512 mm.

Celkové otvorenie pukliny dosahuje 11,870 mm. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny (os *y*) v roku 2017 narástol o 0,580 mm, ale v roku 2018 iba o 0,266 mm na celkových 8,210 mm. Rotácie bloku v oboch rovinách, vodorovnej *XY* a vertikálnej *XZ* nepresahuje 2 gr.



Obr. 4.30.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Sokol (prístroj S-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v ´ /200 grádov). Čiernymi zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Dargov v roku 2017 dosiahol 624,9 mm a v roku 2018 klesol na úroveň 413,8 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

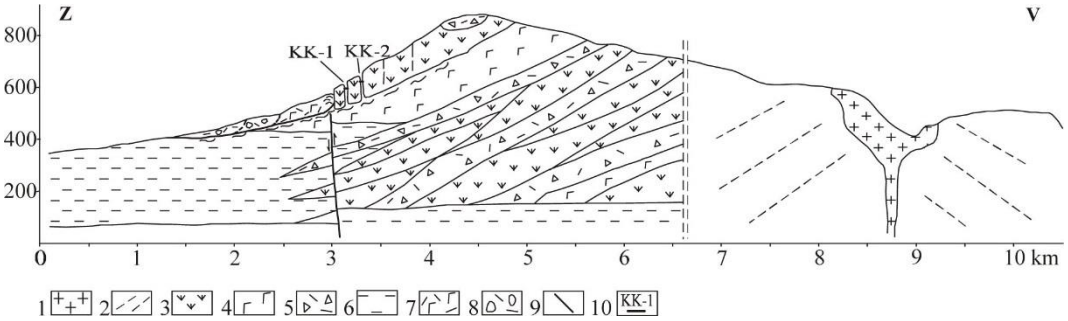
V rokoch 2017 a 2018 pokračoval pomalý pokles bloku voči masívu, ktorý sa ustálil na hodnote 0,708 mm. Dlhodobý trend šmykového posunu bloku pozdĺž trhliny, ako aj jej otváranie pokračovalo aj v rokoch 2017 a 2018. Celkový šmykový posun dosiahol ku koncu roka 2017 už 8,210 mm a celkové otvorenie trhliny 11,870 mm.

Posuny zistené vo všetkých troch smeroch sú pomerne významné, takže hrozba odtrhnutia bloku od masívu je stále reálna. Keďže lokalita je súčasťou národnej prírodnej rezervácie (Baťkovská dolina) a na skale nad monitorovaným blokom hniezdi vzácny sokol sťahovavý, je potrebné zachovať jej monitorovanie i v budúcnosti v rovnakom rozsahu, to znamená odčítavanie posunov na dilatometri aspoň 3 až 4-krát ročne.

1.4.31. Lokalita Kojatický Kľačenov

Stručná charakteristika lokality

Na lokalite Kojatický Kľačenov, ktorá sa nachádza v okrajovej časti stratovulkánu Strechový vrch (západný okraj Slanských vrchov na S od obce Kojatický Kľačenov), boli v roku 1990 a 1995 inštalované dva dilatometre TM-71. Prvý z nich bol označený KK-1, druhý KK-2. Prístroje sú situované v hlbokých trhlinách na okraji andezitového lávového prúdu, presnejšie v hornej časti rozsiahlej svahovej deformácie, ktorá má charakter blokovej rozpadliny (obr. 4.31.1).



Obr. 4.31.1. Inžinierskogeologický rez stratovulkánom Strechový vrch so svahovou deformáciou a vyznačením osadenia dilatometrov TM-71 na lokalite Kojatický Kľačenov (prístroje KK-1 a KK-2). 1 – itrúzia dioritového porfyritu, 2 – striedanie lávových prúdov a pyroklastík, 3 – andezitový lávový prúd, 4 – pyroklastiká (nečlenené), 5 – redeponované andezitové pyroklastiká, 6 – neogénne íly, 7 – redeponované andezitové tufy, 8 – ílovito-úlomkovitá suť, 9 – aktívny zlom, 10 – lokalizácia dilatometrov KK-1 a KK-2

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018 a ich celkové zhodnotenie

V uvedených rokoch sa na lokalite vykonalo pomerné odčítaní deformácií na oboch dilatometroch (KK-1 3x v roku 2017 a 3x v r. 2018; KK-2 3x v roku 2017 s jedným prestavením a 3x v roku 2018 tiež s jedným prestavením – tab. 4.31.1). V rokoch 2017 a 2018 pokračoval zber údajov zo zrážkomernej stanice Herľany.

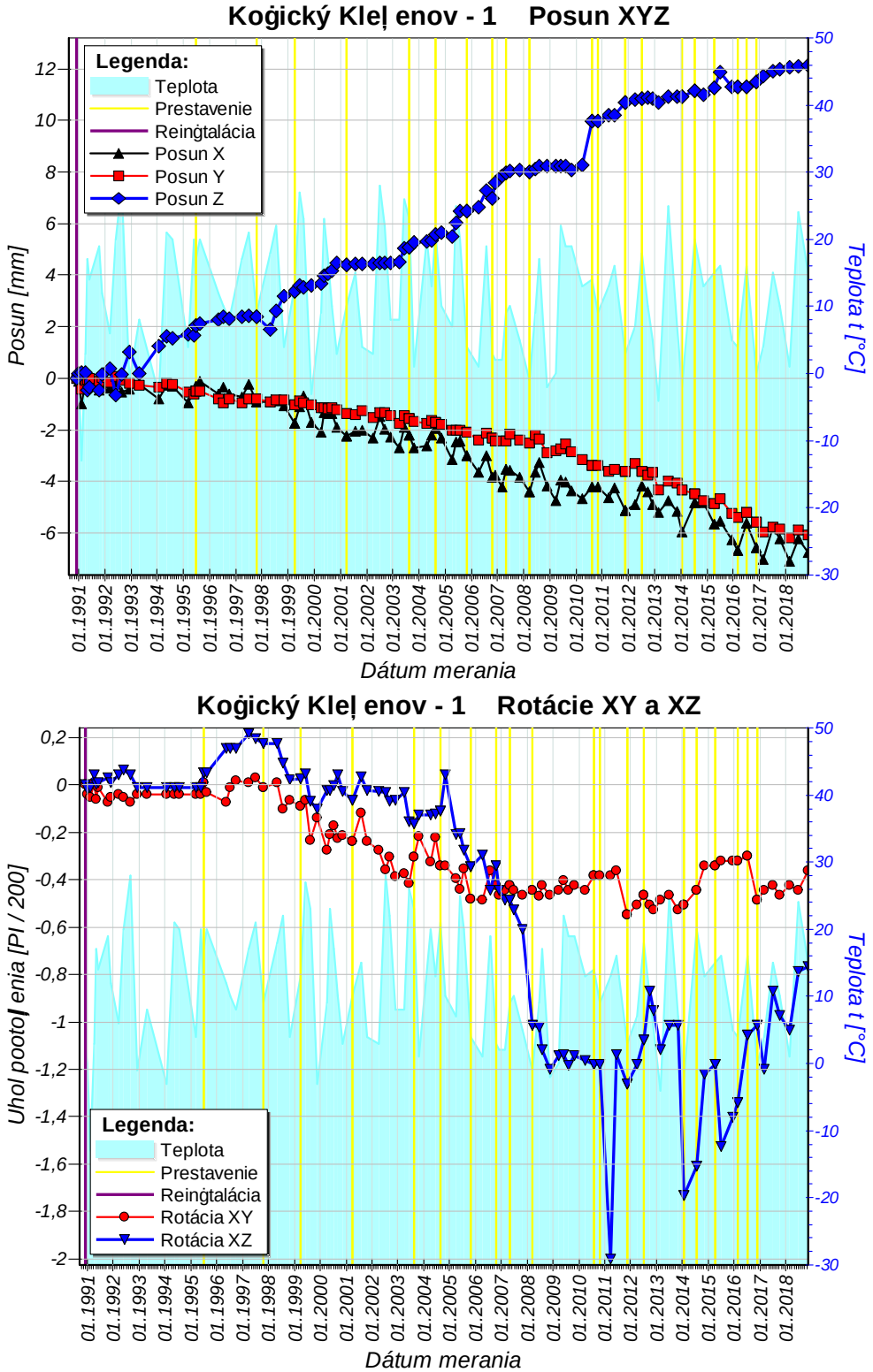
Tab. 4.31.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Kojatický Kľačenov v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	2	KK-1 (dolný)	2017 – 3x *(24. február, 10. júl, 10. október)*
			2018 – 3x *(21. február, 4. júl, 13. november)*
		KK-2 (horný)	2017 – 3x *(24. február*, 10. júl, 10. október)*
			2018 – 3x *(21. február, 4. júl, 13. november*)*

* – *prestavenie prístroja*

a/ Meranie deformácií dilatometrami

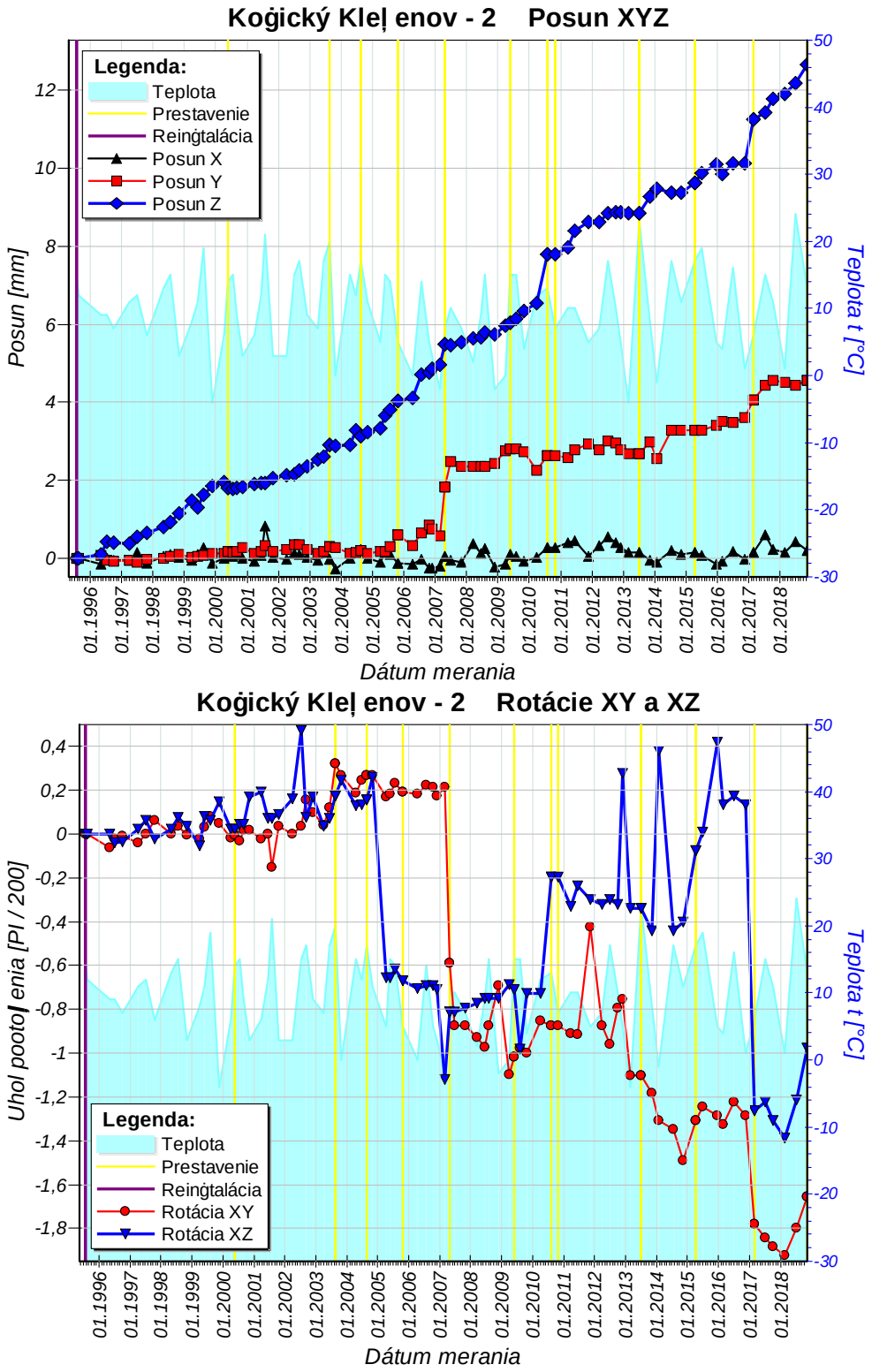
V rokoch 2017 a 2018 prístroj KK-1 (dolný) preukázal pokračujúci trend pohybu spodného (okrajového) bloku v smere všetkých troch osí, avšak s rozdielnou intenzitou (obr. 4.31.2). Najvýraznejším v roku 2017 bol pokles bloku (os *z*), ktorý dosiahol 0,487 mm, v roku 2018 narástol o 0,148 mm na celkových 12,141 mm. Šmykový pohyb pozdĺž trhliny (os *y*) bol v posledných dvoch rokoch rovnomerný (nárast o 0,283 a 0,228 mm) a celkovo dosiahol hodnotu 6,092 mm. Otváranie trhliny (os *x*) narástlo v roku 2017 o 0,162 mm ale v roku 2018 až bol šmykový posun pozdĺž spodnej trhliny, ktorý narástol v r. 2016 o 0,336 mm a v r. 2017 0,283 mm. Celkové otvorenie trhliny dosiahlo 6,751 mm.



Obr. 4.31.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Kočický Kľaňenov (prístroj KK-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v π/200 grádov). Čiernymi zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja

Merania prístrojom KK-2 v roku 2017 preukázali posuny vo všetkých troch smeroch (*x*, *y*, *z*) s nárastom o 0,143 mm, 0,957 mm a 1,664 mm. V roku 2018 otváranie trhliny (os *x*) a šmykový posun pozdĺž trhliny (os y) v skutočnosti stagnovali. Celkové posuny v uvedených smeroch dosiahli 0,199 mm a 4,552 mm. Pokles bloku v tomto roku naproti tomu narástol

o 0,876 mm na celkových 12,663 mm. Priemerná rýchlosŠ poklesu bloku od roku 1995 je 0,543 mm.rok^{-1}. V porovnaní so spodným blokom (0,434 mm.rok^{-1}) je to o nieľo rýchlejgí pokles.



Obr. 4.31.3. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Koģický Kleľenov (prístroj KK-2). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v π/200 grádov). Čiernymi zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja

Z dlhodobého hľadiska obidva prístroje TM-71 (KK-1 a KK-2) preukazujú kontinuálny vertikálny pohyb voči sebe i voči masívu (obr. 4.31.2 a 4.31.3). V absolútnom ponímaní obidva bloky klesajú, vyššie blok vždy o niečo rýchlejšie. Pri vzájomnom porovnaní sa preto vertikálny pohyb okrajového bloku voči susednému (vyššiemu) javí ako zdvih. Vyššie blok voči masívu celkovo vykazuje stály pokles.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Hurbanovo v roku 2017 predstavoval hodnotu 719,9 mm a v roku 2018 klesol na 483,3 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Celkový šmykový posun spodného bloku (KK-1) od roku 1990 narástol koncom roka 2018 na 6,092 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti 0,218 mm.rok^{-1}. Rozšírenie trhliny atakuje 7 mm. Výraznejší pokles spodného bloku (v smere osi z) bol zaznamenaný v roku 2017 (o 0,487 mm). Celkový pokles bloku koncom roku 2018 dosiahol hodnotu 12,141 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti 0,434 mm.rok^{-1}.

Prístroj KK-2 monitoruje pohyb horného bloku voči horninovému masívu. V rámci jednotlivých smerov výrazne prevláda pokles, ktorý v roku 2017 narástol o 1,664 mm a v roku 2018 o 0,876 mm na celkových 12,663 mm. Blok klesá priemernou rýchlosťou 0,543 mm.rok^{-1}, t. j. rýchlejšie, než blok spodný. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny narástol za posledné dva roky na celkových 4,552 mm, otváranie trhliny stagnovalo, resp. sa trhlina trochu zúžila.

Rotácie oboch blokov neprekročili 2 gr. za celé obdobie monitorovania, t. j. za 27 (KK-1), resp. 22,3 rokov (KK-2). Spodný blok vykazuje veľmi slabú rotáciu vo vertikálnej rovine (v smere S-J), horný blok v horizontálnej rovine.

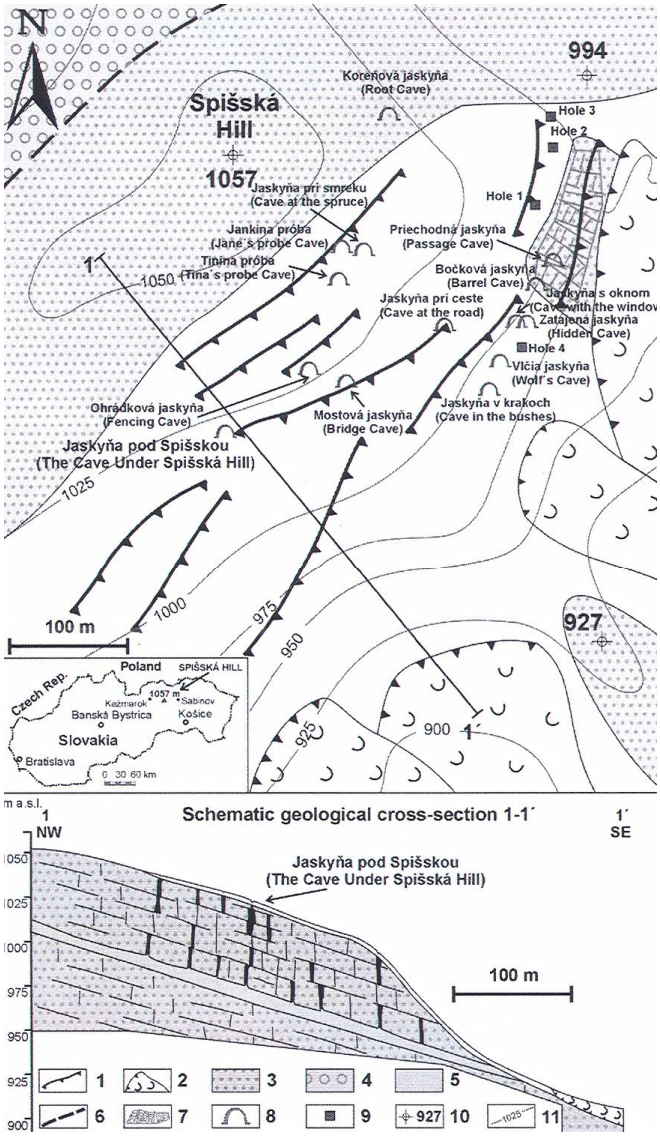
Najpravdepodobnejším vysvetlením recentnej aktivity oboch blokov je kombinovaný vplyv tektoniky (zdvih masívu pozdĺž S či J okrajového zlomu) a plazivého pohybu blokov, ktorý sa prejavuje ich nerovnomerným zabáraním, resp. vytláčaním. Merania v nasledujúcom období (vykonávané aspoň 4-krát ročne) môžu prispieť spolu s ďalšími poznatkami, získanými štúdiom neotektonickej aktivity širšieho okolia lokality a niektorými geodetickými meraniami k objasneniu recentného vývoja územia a dotvárania jeho reliéfu.

1.4.32. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou

Stručná charakteristika lokality

Lokalita je situovaná na severovýchodnom okraji Levočských vrchov, severo-severovýchodne od obce Brutovce, asi 300 m juhne od kóty Spišská (1056,5 m n. m.) v nadmorskej výške 1022 m n. m.

Jaskyňa vznikla v paleogénnych pieskovcoch bielopotockého súvrstvia. Hrubé polohy pieskovcov sa tu striedajú s tenkými (cm až dm) polohami ílovcov, miestami zvetraných na íl. Pomalým plazením blokov po vrstevných plochách sa vytvorila jaskynná sieť chodieb (obr. 4.32.1). V hlavnej chodbe severovýchodnej (spišskej) časti jaskyne bol v apríli 2007 inštalovaný jeden dilatometer TM-71.



Obr. 4.32.1. Geologická mapa blízkeho okolia Jaskyne pod Spišskou s vyznačením ďalších jaskýň a priečny rez 1´ jaskyňou (podľa Gross a kol., 1999, resp. Antonická a Fussgänger, 1998, upravili Imrich a kol., 2007). Kvartér: 1 – morfologicky výrazné prejavy rozpadávania blokov (terénne stupne, pozdĺžne trhliny a depresie vyplnené ílovito-úlomkovitými sutinami), 2 – zosuv; Paleogén: 3 – hrubolavicovitý flyš (pieskovce s tenkými polohami ílovcov), 4 – hrubolavicovitý flyš s konglomerátmi, 5 – predpokladaná poloha tenkolavicovitého flyšu, 6 – predpokladaný zlom, 7 – skalný odkryv, 8 – jaskyňa, 9 – povrchový otvor (prieduch), 10 – bod s udaním nadmorskej výšky, 11 – vrstevnica

Hlavným dôvodom pri výbere tejto lokality bola skutoľnosŠ, ģe zosuvná ģtruktúra je obdobná, ako na lokalite Tichý potok (dolina Torysy na S od kóty Spiģská), v ktorej sa uvaģuje s výstavbou vodného diela. Poznanie mechanizmu a charakteru pohybu blokov môģe poskytnúŠ cenné informácie pri návrhu protizosuvných opatrení v prípade realizácie vodnej nádrģe.

PrehĎad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite JaskyŕŇa pod Spiģskou sa v roku 2017 uskutoľnili dve a v roku 2018 tri odľítania hodnôt posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 (tab. 4.32.1). V roku 2018 pokraľovalo preberanie údajov o mesaľných úhrnoch zráģok zo stanice SHMÚ Brezovica nad Torysou.

Tab. 4.32.1. PrehĎad monitorovacích aktivít uskutoľnených na lokalite JaskyŕŇa pod Spiģskou v r. 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Poľet uskutoľnených meraní *(dátum merania)*
	Poľet	Oznaľenie	
Dilatometer TM-71	1	JS-1	2017 - 2x *(13. apríl, 26. október)*
			2018 - 3x *(17. máj, 18. september, 21. november*)*

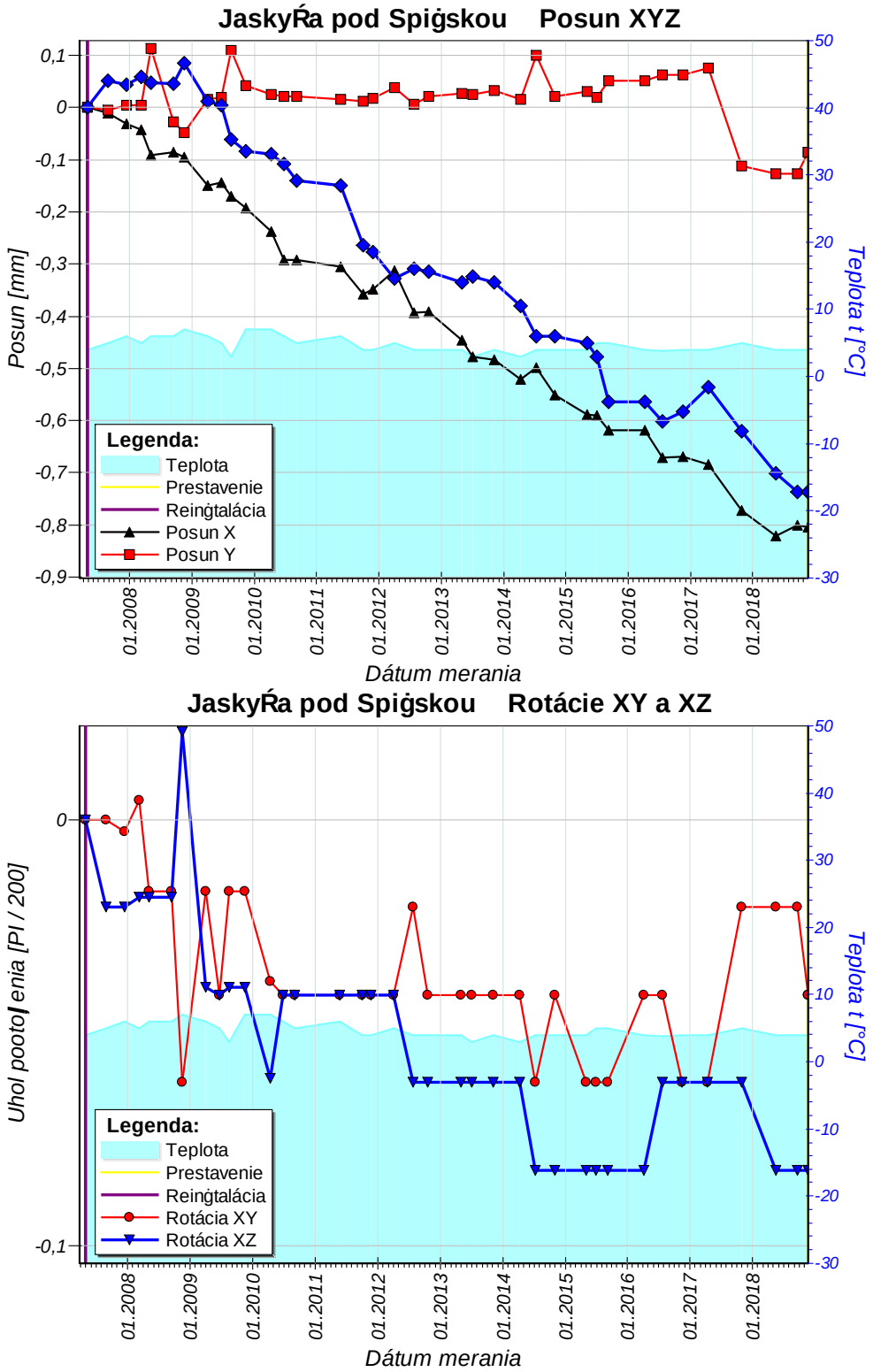
** ï prestavenie prístroja*

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2017 aj 2018 preukázali doterajģí výrazný trend pohybu v smere osi x (otváranie trhliny) aj v smere osi z (pokles bloku). Otvorenie v roku 2017 narástlo o 0,096 mm, v roku 2018 o 0,390 mm na celkových 0,804 mm. Trhlina sa rozģiruje priemernou rýchlosŠou 0,069 mm.rok^{-1}. Pokles v roku 2017 o 0,036 mm sa v roku 2018 zvýģil na 0,116 mm a celkovo dosahuje 0,736 mm. Poklesávanie pokraľuje rýchlosŠou priemerne 0,063 mm.rok^{-1}. Doterajģí ģmykový pohyb (os y) dlhodobo (od roku 2010) stagnoval do júla 2015 na úrovni od 0,01 ï 0,05 mm, neskôr pomaly narastal na 0,078 mm. V apríli 2017 doģlo pravdepodobne vplyvom uvoĎnenia napätí v horninovom masíve k zmene smeru posunu o hodnotu 0,295 mm. Celkový pokles na konci roku 2018 dosiahol hodnotu 0,085 mm. Rotácie bloku nie sú zatiaĎvýznamné (obr. 4.32.2).

b/ Meranie zráģkových úhrnov

Roľný zráģkový úhrn na stanici SHMÚ Brezovica nad Torysou (indikatív 59040) dosiahol v roku 2017 hodnotu 736,1 mm, v roku 2018 klesol na 593,9 mm.



Obr. 4.32.2. Výsledky merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Jaskyňa pod Spišskou. Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm); Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v π/200 grádov).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Napriek pomerne krátkej dobe monitorovania (11,6 rokov) bol meraniami potvrdený trend pomalého poklesávania monitorovaného bloku a rozširovania trhliny. Podrobnejšie vysvetlenie zmeny trendu (smeru) šmykového posunu pozdĺž trhliny bude možné až po získaní ďalších meraní, t. j. v roku 2019.

Vzh¾adom na podobnosŠ tejto lokality a zosuvnej ¾truktúry na lokalite Tichý Potok (Ç¡idova jaskyÝa), kde sa uva¾uje s výstavbou vodného diela, majú merania posunu blokov v Jaskyni pod Spi¾skou aj praktický význam. Analýza vývoja plazivých pohybov v Ň alší ch rokoch môže preto prinies Š nielen viacero nových teoretických, ale i praktických poznatkov. Na ich získanie bude potrebný pravidelný zber údajov z in¾talovaného dilatometra, a to 4-krát roļne. Predbe¾né výsledky monitorovania lokality (do polovice roku 2011) boli publikované formou ļlánku v ļasopise Mineralia Slovaca (Petro et al., 2011), výsledky meraní do konca roku 2012 formou prednáš ky (Petro et al., 2013).

1.4.33. Lokalita Handlová-Baňa

Stručná charakteristika lokality

Celé údolie Handlovky na južnom okraji mesta je postihnuté svahovými pohybmi, ktoré sa iniciovali na obidvoch svahoch rieky. Vzhľadom na to, že jednou z príčin vzniku a aktivizácie pohybov je tlak nadložných vulkanických hornín, ku komplexnej informácii o stave prostredia patrí i poznanie vývoja zvetrávania a porušovania nadložných skalných a poloskalných hornín. Z uvedených dôvodov sa vybudovalo pozorovacie stanovište pre monitorovanie rýchlosti zvetrávania na svahu oproti svahu katastrofálneho handlovského zosuvu, asi 800 m východne od Bane Handlová v odkrytej skalnej stene.

Sledovaná lokalita má pravidelný priamkový tvar (obr. 4.33.1), výška steny dosahuje okolo 25 m. Na geologickej stavbe okolia lokality sa podieľajú epiklastické vulkanické pieskovce s polohami brekcií a tufov kamenského súvrstvia (báden i Šimon et al., 1997). Monitorovacie aktivity na tejto lokalite boli zahájené v máji roku 2001.



Obr. 4.33.1. Situovanie meradla mikromorfologických zmien povrchu horniny na skalnej stene oproti katastrofálnemu handlovskému zosuvu (lokalita Handlová-Baňa)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Posledné realizované meranie mikromorfologických zmien na lokalite bolo v roku 2018. Prehľad termínov meraní za posledné dva roky je v tab. 4.33.1.

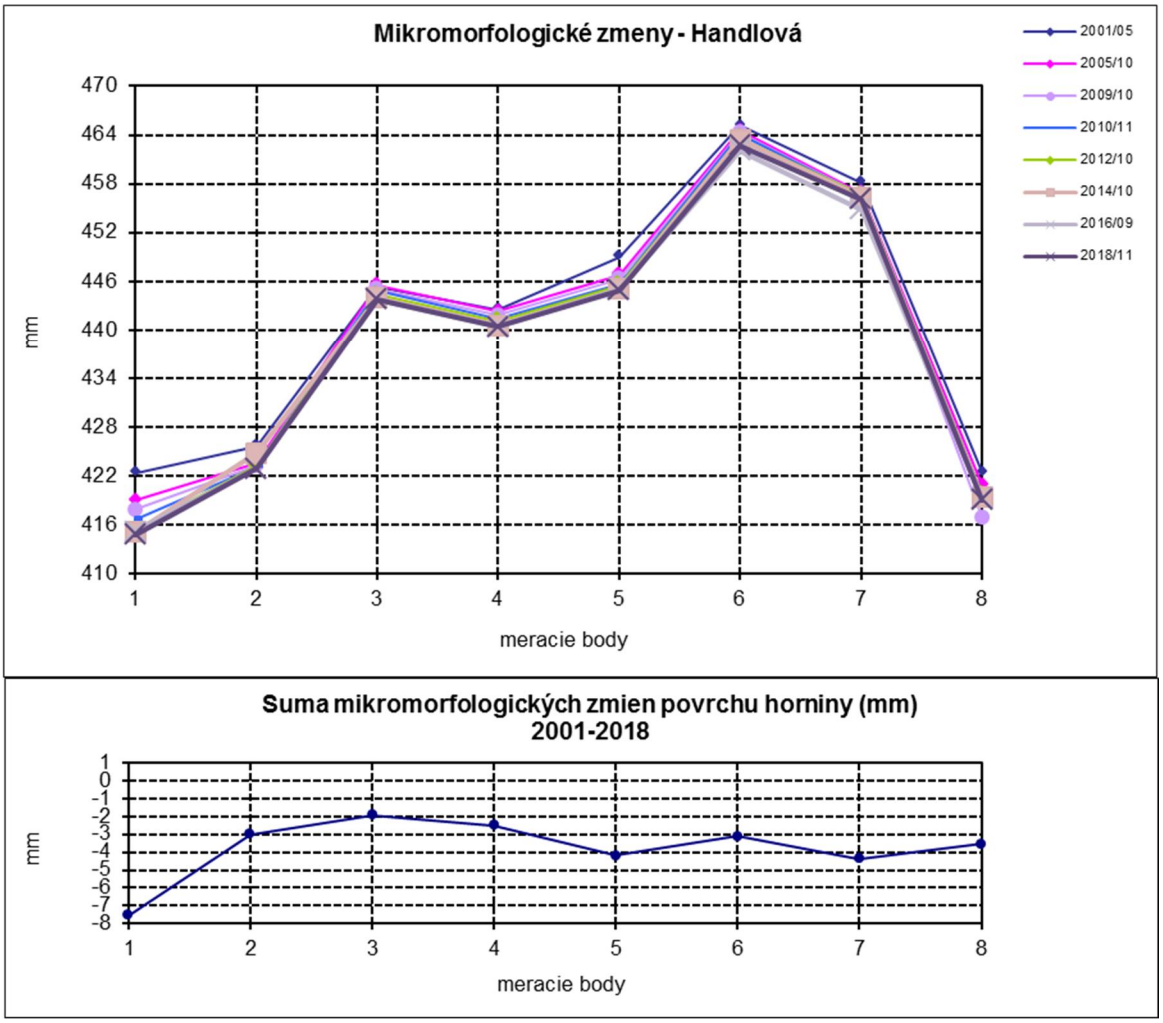
Tab. 4.33.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Baňa v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	8	1 Stanovište MZ	1 *(10. október)*	1 *(21. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Handlová (indikatív 30080)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania boli v roku 2017 realizované 10. októbra a v roku 2018 21. novembra. Vo všetkých bodoch boli zaznamenané porovnateľné ročné zmeny v konfigurácii meraného profilu (číslovanie bodov je vždy zľava od 1 do 8 pri orientácii čelom k masívu) – priemerne -0,36 mm za rok, s minimálnou hodnotou -0,06 mm a s maximálnou hodnotou -1,02 mm (obr. 4.33.2). Celkový priemerný ročný úbytok dosiahol -0,36 mm. Priemerný úbytok za celé monitorované obdobie (17 rokov) predstavuje -3,76 mm. Z obr. 4.33.2 vyplýva, že v rámci celého sledovaného profilu je ústup masívu relatívne rovnomerný, iba v bode 1 dosiahol ústup masívu hodnotu -7,52 mm.



Obr. 4.33.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2001 – 2018) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Handlová-Baňa (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 2001 – 2018).

b/ Merania zráţkových úhrnov

Informácie o zráţkových pomeroch na lokalite sú spracované pri opise lokalít Handlová-Morovnianske sídlisko a Handlová-Kunešovská cesta.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

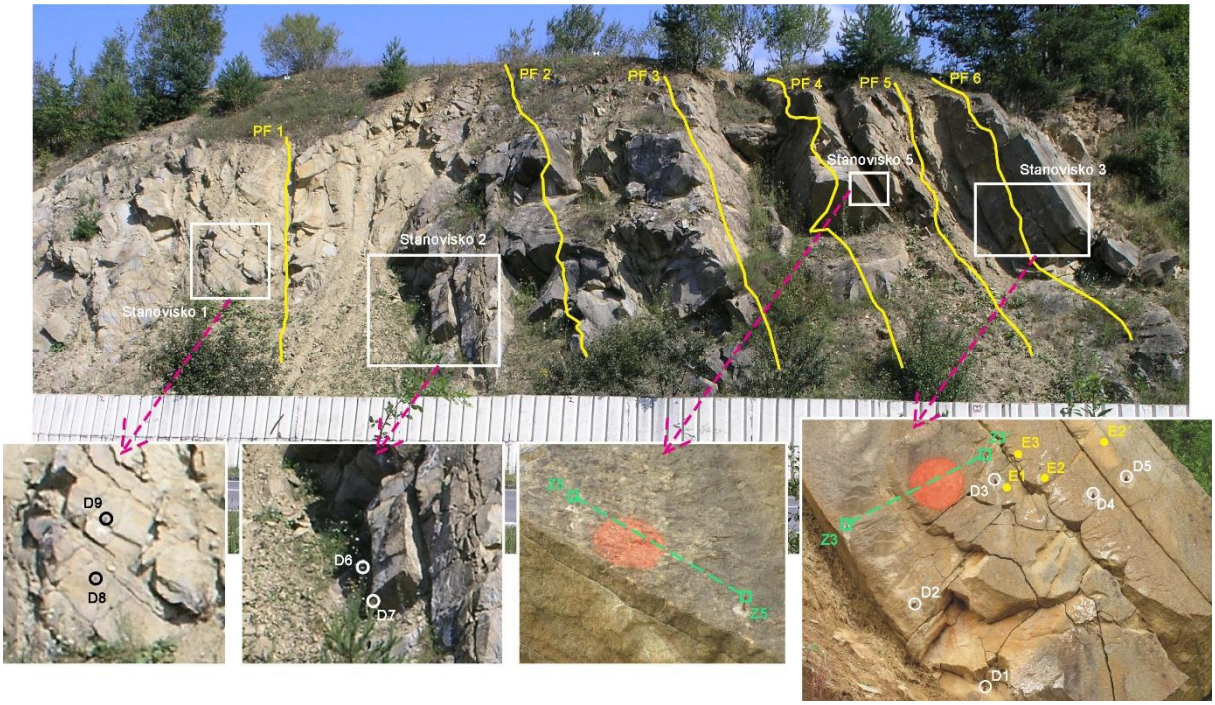
Úbytok materiálu v roku 2018 v porovnaní s rokom 2017 bol relatívne rovnomerný, priemerný ročný úbytok dosiahol hodnotu -0,36 mm. Aj keď uvedený odkryv bezprostredne neohrozuje žiadny objekt infraštruktúry, odporúčame pokračovať v hodnotení zvetrávania a rozvoľňovania, keďže ide o jedinú lokalitu tufov, pozorovanú v rámci monitoringu. Najbližšie meranie mikromorfologických zmien, na základe ktorého bude možné posúdiť ďalší vývoj procesu zvetrávania, bude realizované v roku 2019.

1.4.34. Lokalita Demjata

Stručná charakteristika lokality

Zárez cesty 1. triedy Prešov – Bardejov č. 5/15 sa nachádza cca 700 m severne od obce Demjata. Vytvorený bol začiatkom deväťdesiatych rokov v prostredí paleogénneho flyšového súvrstvia. Vzhľadom na intenzívne rozvoľňovanie vyšších partií zárezu dochádzalo k ohrozeniu premávky na ceste. Z tohto dôvodu bol vybudovaný záchytný múr s výškou cca 2 m. Priestor medzi múrom a svahom sa už vo viacerých miestach prakticky zaplnil úlomkami horniny a bloky väčších rozmerov, uvoľnené z vyšších častí svahu, sa môžu zrútiť priamo na cestnú komunikáciu.

Monitorovacie pozorovania, sústredené na južnú časť východnej steny zárezu, sa na lokalite vykonávali metódami fotogrametrie od roku 1995. Od roku 2000 sa rozsah meraní rozšíril o dilatometrické pozorovania vo vybraných úsekoch monitorovanej steny zárezu a obnovili sa i merania mikromorfologických zmien skalnej steny (obr. 4.34.1). V súčasnosti je aplikácia fotogrametrických metód monitorovania pozastavená. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Iglárová et al., 2011).



Obr. 4.34.1. Rozmiestnenie pozorovaných profilov a bodov na monitorovanom úseku zárezu cesty pri obci Demjata. PF1 až PF6 – profily pre stereofotogrametrické merania;
Stanovište 1: pozorovacie body D8 a D9 pre merania meradlom posuvov;
Stanovište 2: zrútené;
Stanovište 3: pozorovacie body E1, E2, E3 a E2´ pre merania dilatometrom Somet; pozorovacie body D1, D2, D3, D4 a D5 pre merania meradlom posuvov, body Z3 a Z3´ na upevnenie meradla mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny;
Stanovište 4 (pozorovacie body E4 a E5): nachádza sa na protiľahlej stene skalného zárezu;
Stanovište 5: body Z5 a Z5´ na upevnenie meradla mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.34.1.

Tab. 4.34.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Demjata v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Dilatometrické merania: – Dilatometer Somet	6	E1, E2, E3, E2´, E4, E5	1 *(11.október)*	1 *(13.december)*
– Meradlo posuvov	7	D1, D2, D3, D4, D5, D8, D9a	1 *(11.október)*	1 *(13.december)*
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	16	2 stanovištia MZ	1 *(11.október)*	1 *(13.december)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Kapušany (59220)	*Mesačné úhrny zrážok*	
Meranie počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ Bardejov (11962), Prešov-vojsko (11955)	*Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

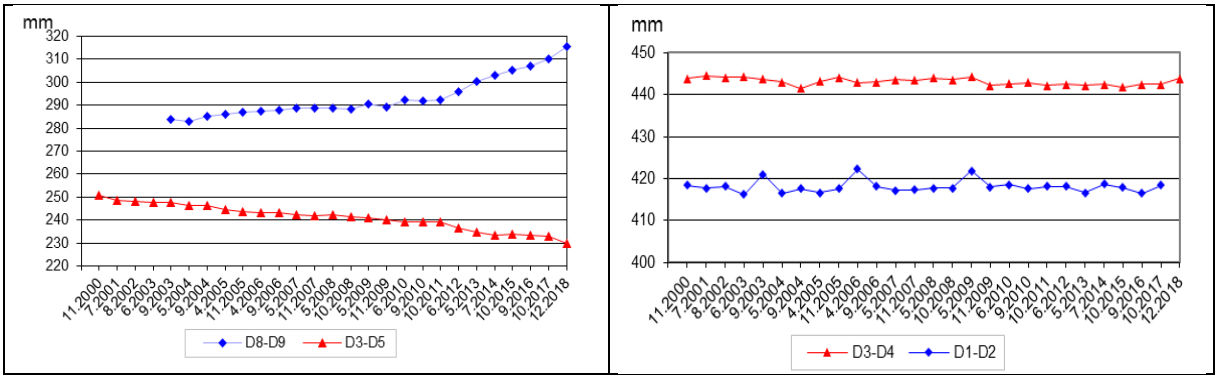
Merania sa vykonávajú na stanovišti č. 3 (obr. 4.34.1), kde sú na troch výrazných lavicovitých blokoch inštalované štyri meracie body – E1 (prvý blok), E2, E3 (druhý blok) a E2´ (tretí blok). Body E1, E2 a E3 sú inštalované pre meradlo dĺžky 25 cm a vzdialenosť bodov E1 – E2´ je pre meradlo dĺžky 70 cm. Stanovište č. 4 (body E4 a E5) sa nachádza na opačnej stene zárezu cesty.

Pohyb dvoch na sebe uložených skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu (stanovište 3) pokračoval aj v roku 2018, a to s rovnakou intenzitou ako v predchádzajúcich obdobiach. V ročnom monitorovacom cykle 2018 bol pozorovaný posun okrajová lavica (profil E1 – E2´) o 0,524 mm. Pohyb uvoľneného horninového bloku, ktorý sa nachádza v podloží tejto okrajovej lavice bol zaznamenaný na profile E1 – E2 o veľkosti 0,124 mm, na profile E1 – E3 pohyb stagnoval, meraná dĺžka tohto profilu sa zmenila o 0,004 mm.

V porovnaní s predchádzajúcimi monitorovacími cyklami sa posunula okrajová lavica (profil E1 – E2´) v roku 2017 o 0,474 mm, v roku 2016 o 0,55 mm. Lavica v jej podloží vykazuje menšie posuny (profil E1 – E2), a to v roku 2017 o 0,098 mm, v roku 2016 o 0,04 mm.

Merania realizované v protiľahlej strane zárezu na profile E4 – E5 (stanovište č. 4) v roku 2018 zaznamenali zmenu šírky diskontinuity o 0,70 mm, v predchádzajúcom roku 2017 o 0,183 mm a roku 2016, bol evidovaný posuv 0,01 mm; obr. 4.34.2).

A:



B:



Obr. 4.34.2. Výsledky dlhodobého merania posuvu blokov na lokalite Demjata; a ï meradlom posuvov, B ï dilatometrom Somet. Grafy s korekciou nameraných hodnôt zohľadňujú zmeny podmienok a techniky merania (označené príponou kor. ï údaje v nich sú upravované v závislosti od hodnoty nameranej vzdialenosti medzi bodmi E2-E3, situovanými na jednom samostatnom horninovom bloku).

a2/ Meradlo posuvov

Meracie body pre aplikáciu meraní meradlom posuvov sú inštalované na stanovišti č. 3 (zhodnom so stanovišťom pre dilatometer Somet), na ktorom sú inštalované body D1, D2, D3, D4, D5 a na stanovišti č. 1 (body D8 a D9 – obr. 4.34.2). Skalný blok, na ktorom bol umiestnený bod stanovišťa č. 2, sa zrútil. Na každom zo stanovíšť sú body nainštalované tak, aby zachytávali posuv blokov, oddelených výraznou diskontinuitou.

V roku 2018 bolo na stanovišti č. 3 pozorované zintenzívnenie pohybu uvoľnenej okrajovej lavice, sprevádzaný útlmom pohybov lavice v jej podloží. Medzi bodmi D3 – D5, ktoré kontrolujú posuvy okrajovej lavice stanovišťa 3 bolo pozorované rozvoľnenie o 3,04 mm, oproti roku 2017, kedy bol zaznamenaný posuv o 0,28 mm, v roku 2016 o 0,66 mm. Meranie profilu medzi bodmi D3 – D4, ktorý zaznamenáva pohyb horninového bloku v podloží okrajovej lavice, dokumentovalo v ročnom monitorovacom cykle 2018 posuv 1,48 mm, pričom v roku 2017 pohyb stagnoval (nepatrné rozšírenie o 0,08 mm), v roku 2016 o 0,66 mm.

Na stanovišti č. 1 pretrváva nezvratný trend uvoľňovania skalného bloku, ohrozenie cestnej premávky však nepredpokladáme. Rozvoľňovanie diskontinuity medzi bodmi D8 – D9 pokračovalo v roku 2018 s mierne zvýšenou intenzitou oproti meraniam v rokoch 2017 a 2016. Zaznamenané bolo rozšírenie diskontinuity o 5,74 mm, v predchádzajúcom roku sa puklina rozšírila o 3,02 mm a v roku 2016 o 1,88 mm (obr. 4.34.2).

c/ Merania mikromorfologických zmien

Monitorovanie mikromorfologických zmien sa začalo v roku 1995, avšak v dôsledku skalného zrútenia v roku 1999 došlo k zničeniu profilu. Merania sa obnovili až v roku 2007 na dvoch profiloch (stanovište 3 s bodmi Z3 a Z3´ a stanovište 5 s okrajovými bodmi Z5 a Z5´ – obr. 4.34.1.).

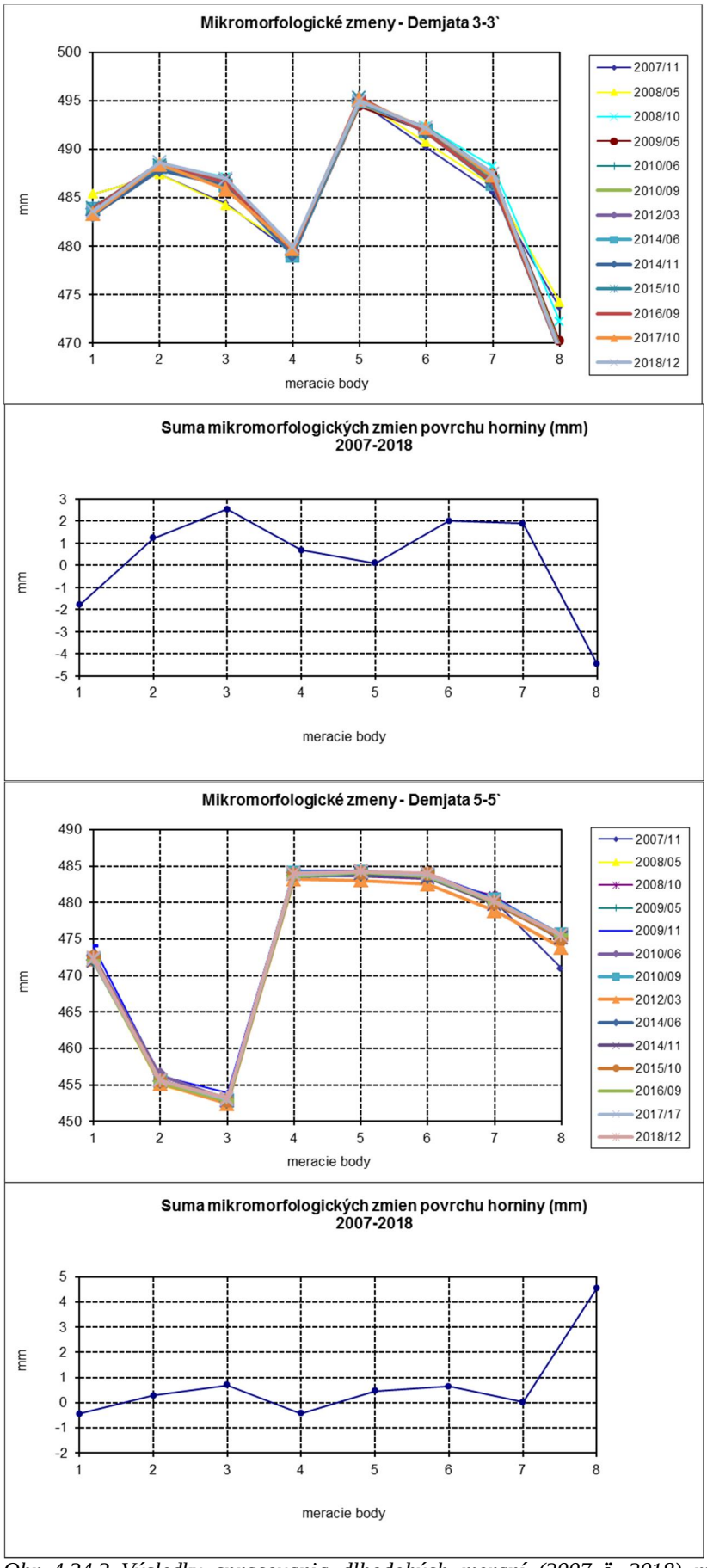
Meraniami bolo v profile 3 zaznamenané celkové priemerné „pribúdanie" materiálu (za 11 rokov monitoringu) v masíve +0,03 mm a v profile 5 +0,65 mm (obr. 4.34.3.). V porovnaní s meraním 2017 bolo v profile 3 zaznamenané priemerné „pribúdanie" materiálu 0,22 mm a v profile 5 „pribúdanie" materiálu +0,115 mm. V bodoch 6 a 7 profilu 3, kde dochádza k „pribúdaniu" materiálu (teda k vydúvaniu masívu), očakávame v blízkom období odlúpnutie väčšej úpiny. Najbližšie meranie je plánované na rok 2019.

d/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) v roku 2017 dosiahol hodnotu 670,2 mm. V roku 2018 úhrn zrážok dosiahol len 497,0 mm.

Priemerný počet mrazových dní za zimné obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008 je na stanici Bardejov (indikatív 11962) 113,5 a na stanici Prešov-vojsko (indikatív 11955) za rovnaké obdobie 120,13.

V zimnom období 2016/2017 bol počet mrazových dní 111, t. j. 97,80 % dlhodobého priemeru (stanica Bardejov) a počet mrazových dní na stanici Prešov-vojsko bol 115, t. j. 95,73 % dlhodobého priemeru. V zime 2017/2018 bol počet mrazových dní na stanici Bardejov 102 (89,87 % dlhodobého priemeru) a na stanici Prešov-vojsko 104 dní (86,57 % dlhodobého priemeru). Na obidvoch staniciach bol teda počet mrazových dní nižší v porovnaní s rokom 2017, avšak len mierne vzdialený od hodnoty dlhohodobého priemeru.



Obr. 4.34.3. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 ï 2018) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Selektívne zvetrávanie a rozvoľňovanie masívu pokračuje, o čom svedčia výsledky časového radu dilatometrických pozorovaní. Dilatometrické merania preukázali pokračujúci trend uvoľňovania okrajových skalných blokov v južnej časti pravostranného zárezu cesty z Demjaty do Raslavíc a pokračuje aj rozvoľňovanie menšieho pozorovaného bloku (stanovište č. 1) na rovnakej strane zárezu cesty. Zistená intenzita rozvoľňovania skalných blokov zatiaľ nevyžaduje opatrenia na zaistenie bezpečnosti premávky.

Na posúdenie aktuálneho stabilitného stavu skalného svahu je potrebné pokračovať v dilatometrických meraniach. Z vyššie uvedeného sa ako efektívna voľba javí zotrvať aj v roku 2019 pri relatívnom pozorovaní zmien v rámci masívu, a to predovšetkým dilatometriou, doplnenou o informácie meraní mikromorfologických zmien skalnej steny.

1.4.35. Lokalita Starina

Stručná charakteristika lokality

Lokalita sa nachádza severovýchodne od mesta Snina, východne od vodnej nádrže Starina v zárezе štátnej cesty Snina – Príslop. Leží na východnom okraji Nízkych Beskýd v celku Laborecká vrchovina. Predmetom monitoringu je hlboký zárez cesty. Na geologickej stavbe svahov zárezu a jeho okolia sa podieľajú horniny dukelskej jednotky vonkajšieho flyšového pásma.

Vzhľadom na priamy kontakt cesty s rozsiahlym odkryvom hornín (obr. 4.35.1), podliehajúcich intenzívnemu zvetrávaniu a potenciálne znižovanie stability skalnej steny, sa pravidelne pomocou meradla mikromorfologických zmien monitoruje rýchlosť zvetrávacích procesov.



Obr. 4.35.1. Umiestnenie stanovišťa na meranie mikromorfologických zmien povrchu odkrytého zárezu štátnej cesty – lokalita Starina (foto Š. Petro, 2009).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Mikromorfologické merania sa realizovali raz ročne. V rokoch 2017 a 2018 bol zabezpečený zber klimatických ukazovateľov (tab. 4.35.1).

Tab. 4.35.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Starina v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 *(10. október)*	1 *(13. december)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Starina (indikatív 43320)	*Denné úhrny zrážok*	
Meranie počtu mrazových dní	1	Stanica SHMÚ Kamenica nad Cirochou (indikatív 11993)	*Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V roku 2018 sa 13. decembra uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu pomocou meradla mikromorfologických zmien. V porovnaní s rokom 2017 bola v profile zaznamenaná veľmi výrazná zmena v bode 8 meraného profilu ï úbytok -57,16 mm, čo signalizuje vypadnutie veľkého úlomku z pieskovcovej lavice. V ílovcových polohách bol zaznamenaný výrazný prírastok masívu v bode 3 +0,8 mm, úbytok v bode 7 -5,12 mm. Priemerný úbytok za celé sledované obdobie (23 rokov) dosiahol -37,24 mm, pričom najväčšia hodnota úbytku bola pozorovaná v ílovcovej polohe v bode 7, t. j. -98,96 mm, v bode 6, t. j. -80,48 mm, v bode 3 -62,60 mm (obr. 4.35.2.). Táto skutočnosť indikuje akcelerované zvetrávanie cestného zárezu v ílovcových členoch. Pieskovcové polohy vykazujú za sledované obdobie 23 rokov úbytok materiálu približne -2,4 mm až -4,64 mm, pravda s výnimkou bodu 8 (-42,08 mm).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

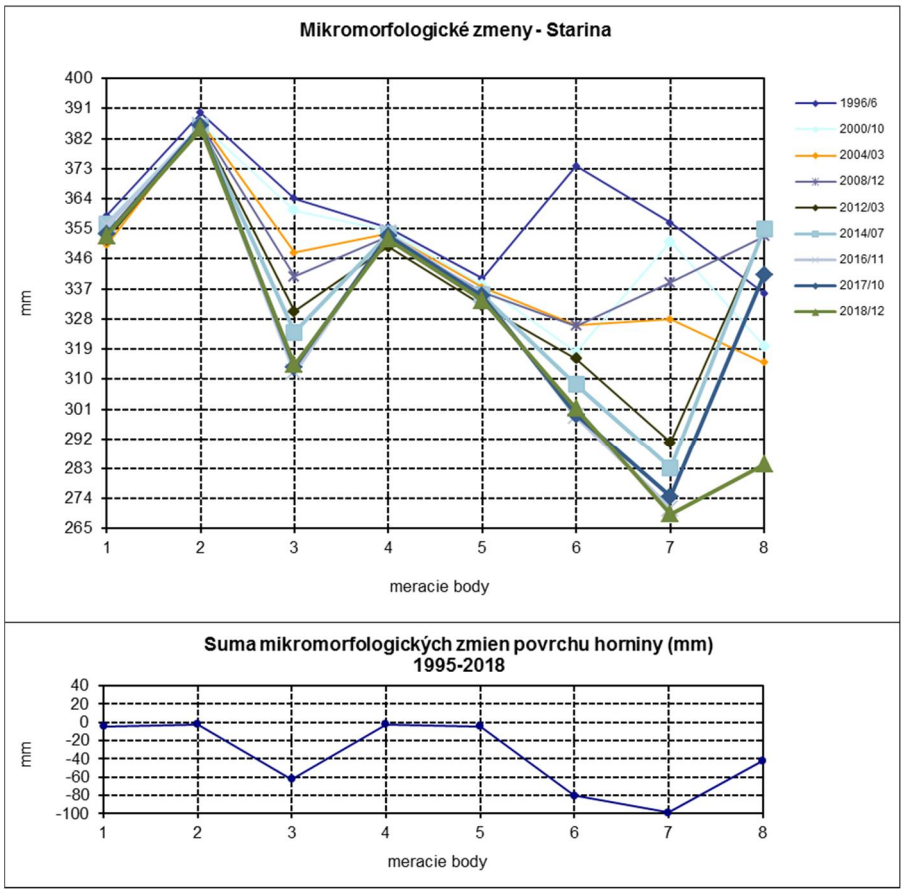
Podľa meraní na stanici SHMÚ Starina (indikatív 43320) zrážkový úhrn za rok 2017 predstavoval 930,2 mm a v roku 2018 hodnota zrážkového úhrnu dosiahla len 567,6 mm.

Merania počtu mrazových dní (s minimálnou teplotou nižšou ako 0 °C) na stanici Kamenica nad Cirochou (indikatív 11993) v zime 2016/2017 dosiahli hodnotu 111 mrazových dní. V zime 2017/2018 bolo zaregistrovaných celkovo 95 mrazových dní.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Nestabilné prostredie skalných a poloskalných hornín, vystupujúcich v cestnom záreze, podmieňuje potrebu monitorovania vývoja procesov zvetrávania s prognózou stabilitného stavu prostredia. Navyše, na danej lokalite ide o možnosť priameho porovnania selektívneho vývoja týchto procesov v rozdielnom prostredí pieskovcov a ílovcov. Zistené skutočnosti možno aplikovať v analogických prostrediach pri praktických návrhoch zabezpečenia odkrytých stien skalných a poloskalných hornín.

Najbližšie meranie, ktorým bude možné overiť úbytok materiálu na skalnej stene, je plánované na rok 2019.



Obr. 4.35.2. Výsledky dlhodobého merania (1995 ï 2018) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Starina (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 1995 ï 2018). Body 1,2,4,5,8 predstavujú pieskovec, body 3,6,7 predstavujú ílovec.

1.4.36. Lokalita Jakub

Stručná charakteristika lokality

Lokalita je situovaná v odreze železničnej trate Banská Bystrica – Harmanec pri severnom okraji obce Jakub. Odrez má oblúkovitý tvar, jeho výška je 18 m, šírka je 47 m (obr. 4.36.1). Úlomky hornín uvoľnené v dôsledku tektonického porušenia a mechanického zvetrávania, opadávajú do blízkosti železničnej trate a môžu negatívne ovplyvniť zariadenia zabezpečovacej techniky trate, ako aj samotnú trasu.

Na geologickej stavbe lokality sa podieľajú horniny titón-neokómu krížňanského príkrovu. Celý odkryv je prestúpený hustou sieťou puklín, prevažne uzavretých a bez výplne, pozdĺž ktorých sa nachádzajú hrdzavé povlaky oxidov železa.



Obr. 4.36.1. Umiestnenie stanoviska na meranie mikromorfologických zmien povrchu odkrytého zárezu železnice pri obci Jakub. Červenou líniou je zvýraznené stanovište umiestnenia meradla morfologických zmien.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

V roku 2017 sme realizovali jedno meranie, v roku 2018 tiež jedno meranie. Pokračoval zber údajov o zrážkových úhrnoch a teplote vzduchu či počet mrazových dní. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite v rokoch 2017 a 2018 je zhrnutý v tab. 4.36.1.

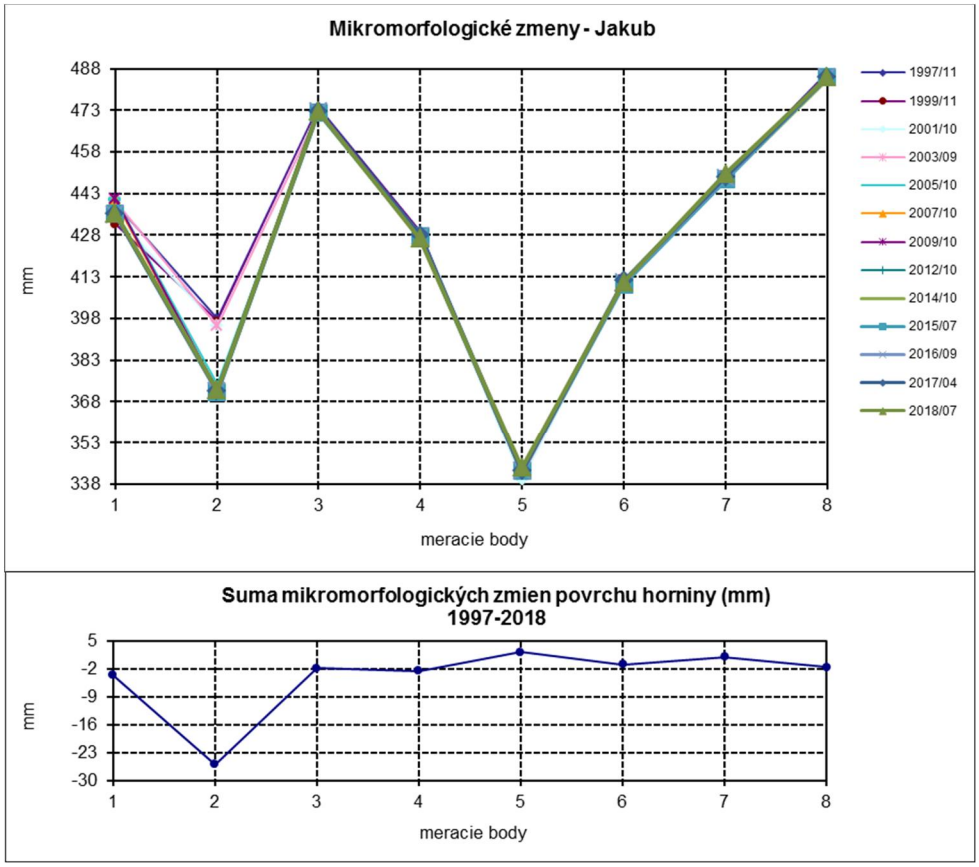
Tab. 4.36.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Jakub v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2018
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 *(10. apríla)*	1 *(26. júla)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300)	*Denné úhrny zrážok*	
Meranie počtu mrazových dní	1	Stanica SHMÚ Banská Bystrica-Zelená (indikatív 11898)	*Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania v roku 2017 boli uskutočnené 10. apríla a v roku 2018 26. júla. V roku 2018, v porovnaní s rokom 2017, bola nameraná znaľná nehomogenita v konfigurácii meraného profilu vo viacerých bodoch. V bodoch 4 (-1,34 mm) a 6 (-0,58 mm) došlo k úbytku materiálu, v bodoch 5 (+1,2 mm) a 7 (+1,14 mm) k prírastku materiálu. Priemerný úbytok za celé sledované obdobie (21 rokov) predstavoval v roku 2018 hodnotu -4,13 mm (obr. 4.36.2.). Tento výsledok je výrazne ovplyvnený úbytkom materiálu v bode 2 (-25,92 mm), keď v roku 2005 vypadol zo steny väčší fragment.



Obr. 4.36.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1997 – 2018) mikromorfologických zmien povrchu zárezu železnice na lokalite Jakub (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1997 – 2018).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300) v roku 2017 dosiahol hodnotu 859,6 mm (100,52 %, ťnormálny rok). V roku 2018 zrážkový úhrn na tejto stanici dosiahol 697,2 mm (81,54 % dlhodobého priemeru ťsuchý rok).

Počet mrazových dní na stanici SHMÚ v Banskej Bystrici na Zelenej ul. (indikatív 11898) v zime 2016/2017 bol 107 dní, čo pri dlhodobom priemere 105 dní (priemer odvodený z obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008) predstavuje 101,90 % a v zime 2017/2018 ich počet klesol na 101, čo predstavuje 96,19 % z dlhodobého priemeru.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite sa z dlhodobého hľadiska prejavuje relatívne rovnomerné zvetrávanie horninového masívu (priemerný ročný úbytok -0,016 mm), až na vypadnutie fragmentu v bode 2 (rok 2005). Vzhľadom na bezprostredný kontakt skalnej steny s trasou železnice je potrebné v roku 2019 pokračovať v meraniach so zameraním sa na prognózu možných uvoľnení nestabilných úlomkov a blokov horniny.

1.4.37. Lokalita Bratislava-Železná studnička

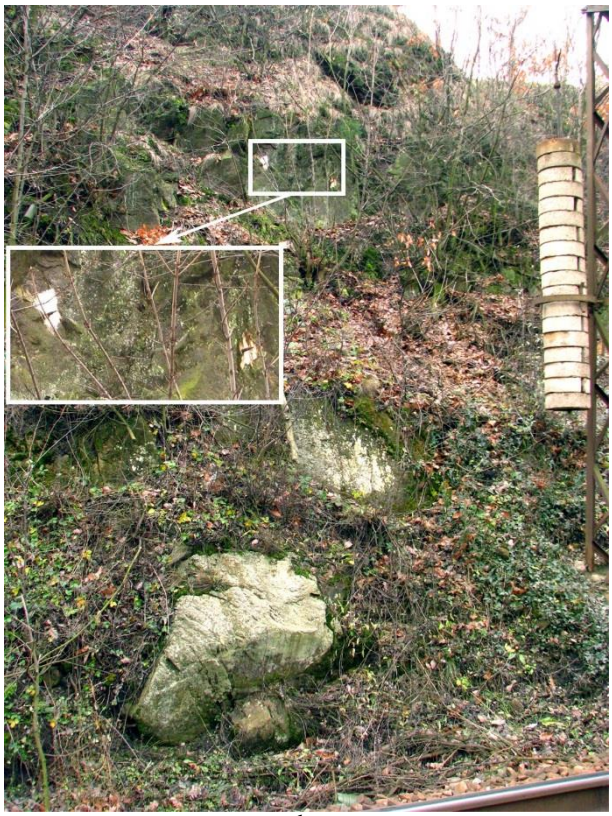
Stručná charakteristika lokality

Lokalita je situovaná v zárezе železnice približne 120 m západne od staničnej budovy železničnej zastávky Bratislava-Železná studnička.

Železničný zárez vybudovaný v granodioritoch bratislavského masívu (obr. 4.37.1) má dĺžku cca 150 m a tvar písmena V so svahmi orientovanými na sever a na juh. Sklon svahov sa pohybuje od 50 do 70°.

Na geologickej stavbe okolia lokality sa podieľajú neskoroorogénne jemno- až strednozrnné biotitické a dvojslúdne granodiority bratislavského masívu.

Vzhľadom na selektívne zvetrávanie heterogénnych granitoidných hornín a oslabovanie väzieb medzi skalnými blokmi môže dôjsť k ich uvoľňovaniu a ohrozeniu premávky na frekventovanej železničnej trati.



Obr. 4.37.1. Skalná stena železničného zárezu pri stanici Bratislava-Železná studnička, na ktorej sa vykonáva meranie mikromorfologických zmien povrchu (s detailom umiestnenia meradla morfologických zmien).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2018

V roku 2018 bol zabezpečený zber klimatologických faktorov – zrážkové úhrny, teploty vzduchu, a najmä počty mrazových dní. V roku 2017 sa nepodarilo identifikovať profil vzhľadom na skutočnosť, že na lokalite bol uskutočnený výrub náletových drevín (agátov) a konkrétne miesto profilu bolo neprístupné. V roku 2016 sa merania mikromorfologických zmien realizovali v novembri. Monitorovacie aktivity, realizované na lokalite v rokoch 2016 až 2018 sú zhrnuté v tab. 4.37.1.

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2016 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V roku 2018 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu so severnou orientáciou pomocou meradla mikromorfologických zmien. Celkový priemerný úbytok za 20 rokov sledovania dosiahol až 1,28 mm; priemerný ročný úbytok za sledované obdobie je -0,064 mm (obr. 4.37.2.), pričom výraznejší úbytok, presahujúci -1,4 mm, je charakteristický pre body 5 až 8.

Tab. 4.37.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bratislava-Železná studnička v rokoch 2016 až 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2018
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 *(24. november)*	1 *(16. august)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080)	*Denné úhrny zrážok (aj za rok 2017)*	
Meranie Počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ: Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) Bratislava-Koliba (indikatív 11813)	*Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C (aj za rok 2017)*	

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

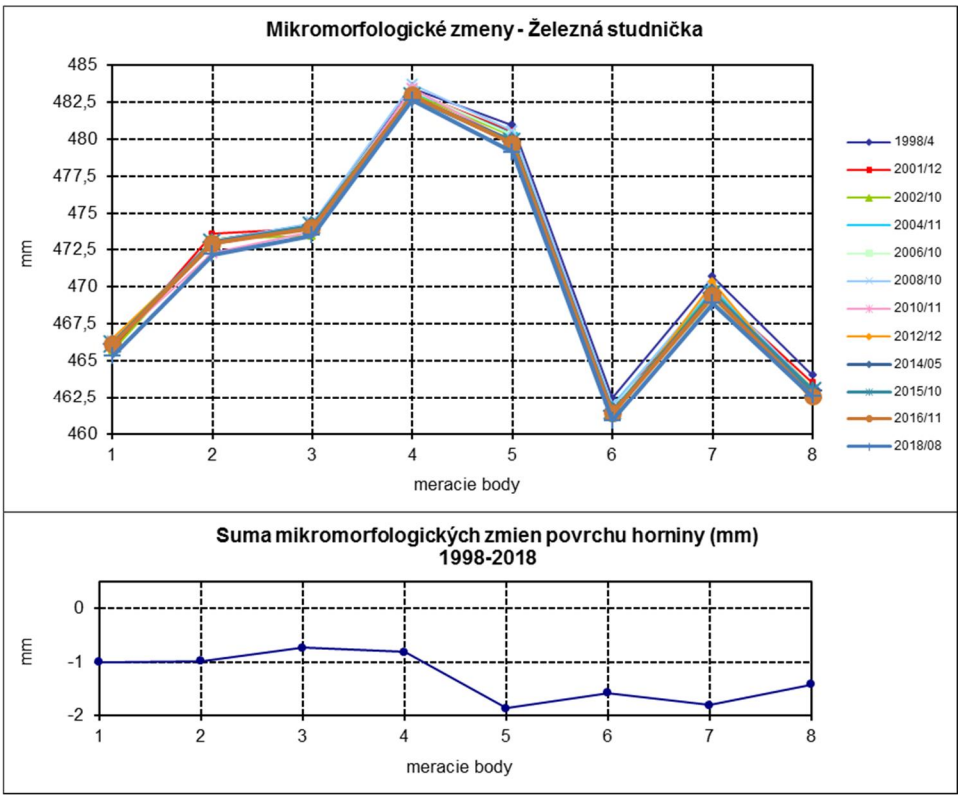
Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080) v roku 2016 dosiahol 772,7 mm, v roku 2017 ich úhrn klesol na 537,1 mm a v roku 2018 ich úhrn dosiahol 654,9 mm.

Počet mrazových dní zaznamenaných na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) v zime 2015/2016 bol 46 a v zime 2016/2017 ich počet výrazne stúpol, a to na 88. V zime 2017/2018 počet mrazových dní na tejto stanici dosiahol 75.

Na stanici SHMÚ Bratislava – Koliba (indikatív 11813) bolo počas zimy 2015/2016 zaznamenaných 50 mrazových dní a počas zimy 2016/2017 ich počet rovnako výrazne stúpol na 89 dní. V zime 2017/2018 počet mrazových dní aj na tejto stanici dosiahol 75.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Procesy zvetrávania a rozvoľňovania skalnej steny sa v prostredí granitoidných hornín prejavujú menej intenzívne (o čom svedčia i namerané hodnoty zmeny konfigurácie masívu), zato však pomerne rovnomerne, ako vyplýva z grafu na obr. 4.37.2. V roku 2019 budeme pokračovať v sledovaní rozvoja procesu zvetrávania s rovnakou frekvenciou.



Obr. 4.37.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1998 ï 2018) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Bratislava-Železná studnička (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1998 ï 2018).

1.4.38. Lokalita Pezinská Baba

Stručná charakteristika lokality

Lokalita sa nachádza vo svahu asi 1200 m západne od horského sedla Baba smerom na obec Pernek. Predmetom monitoringu je odrez cesty II. triedy č. 503 spájajúcej Pezinok so Záhorím. Sledovaný odrez má nepravidelný tvar, výška hrany svahu dosahuje miestami až 10 m.

Na geologickej stavbe okolia lokality sa podieľajú biotitické svorové ruly a pararuly v rozličnom stupni zvetrania – od slabo zvetraných hornín cez silno zvetrané až po regolit. Uvedené horniny vznikli v dôsledku kontaktnej metamorfózy pôvodných psamitických a pelitických sedimentov. Textúry sú výrazne bridličnaté, usmernené a páskované, čo podmieňuje výraznú anizotropiu inžinierskogeologických vlastností a takisto pomerne rýchle procesy zvetrávania a uvoľňovania skalných úlomkov až blokov (Polák et al., 2012).

Na lokalite sú v súčasnosti funkčné dve stanovištia na meranie mikromorfologických zmien – stanovište 2 a stanovište 3 (obr. 4.38.1).



Obr. 4.38.1. Situovanie stanovíšť 2 a 3 na lokalite Pezinská Baba na meranie mikromorfologických zmien povrchu horniny na svahu odrezu cesty

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Podobne ako i v prípade ostatných lokalít, na ktorých sú monitorovacie aktivity zamerané predovšetkým na merania mikromorfologických zmien, boli posledné merania realizované v roku 2017, ako aj v roku 2018 (dva termíny merania – jarný a jesenný v roku 2017, 1 termín merania v roku 2018). V oboch rokoch bola pozornosť venovaná zberu a analýze klimatologických ukazovateľov. Súhrnný prehľad monitorovacích aktivít, realizovaných v rokoch 2017 a 2018, je zhrnutý v tab. 4.38.1.

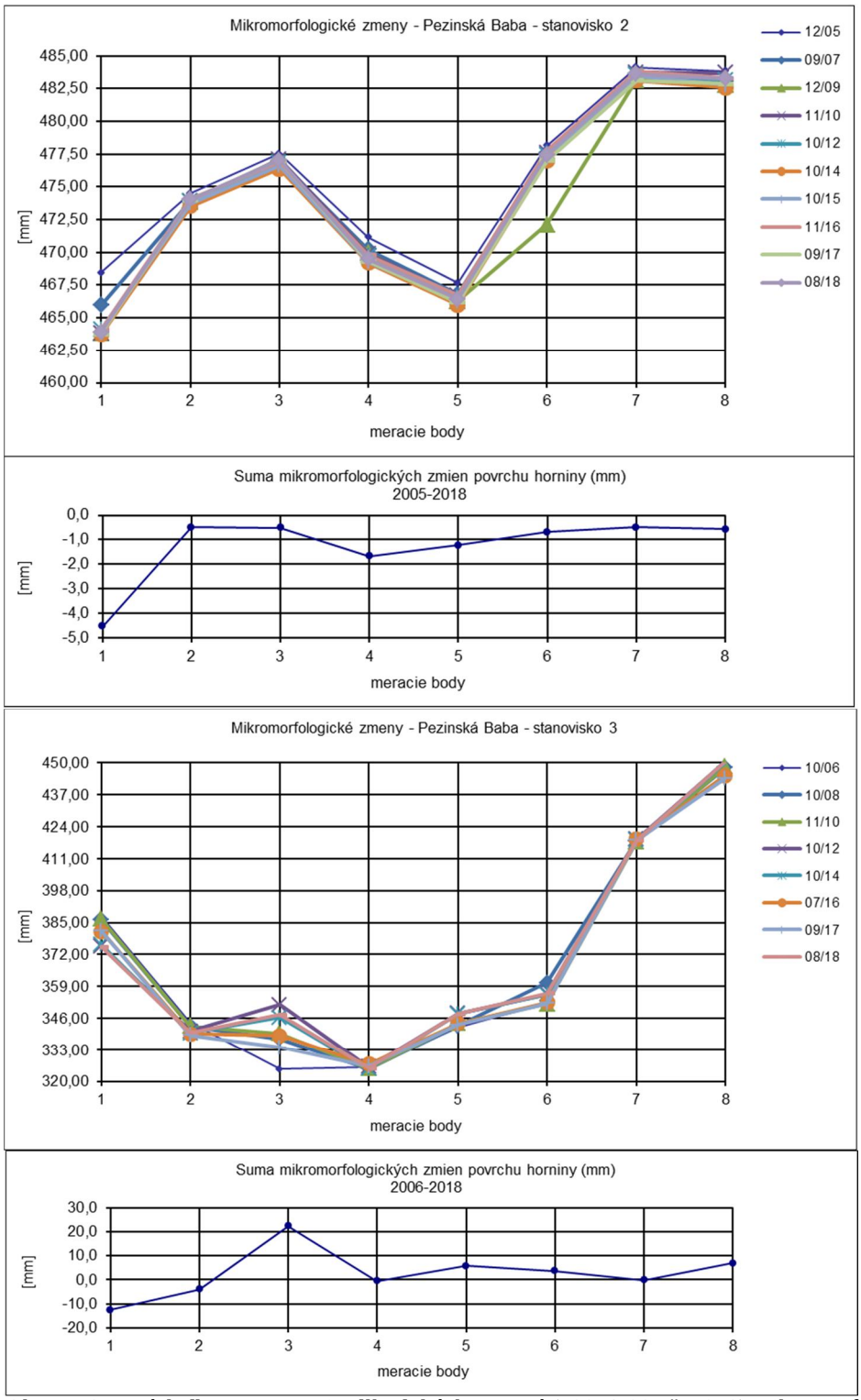
Tab. 4.38.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Pezinská Baba v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2017	Rok 2017
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	16	2 stanovištia MZ	2 *(12. apríla a 11. septembra)*	1 *(16. augusta)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Pernek (indikatív 16180)	*Denné úhrny zrážok*	
Meranie počtu mrazových dní	1	Stanica SHMÚ: Modra-Piesok (indikatív 11833)	*Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V rokoch 2017 a 2018 sa uskutočnili vždy 2, resp. 1 cyklus meraní zmien povrchu skalnej steny pomocou meradla mikromorfologických zmien na profiloch II a III.



Obr. 4.38.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2005/2006 – 2018) mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny na lokalite Pezinská Baba, profily II (stanovisko 2) a III (stanovisko 3). Spodné grafy: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 2005/2006 – 2018).

Na profile II (obr. 4.38.2.) bol v roku 2018 v porovnaní s rokom 2017 zaznamenaný prírastok horninového masívu (+0,24 mm; x_{min} = +0,0 mm, x_{max} = +0,50 mm). Tento vývoj signalizuje odlupovanie pozdĺž plôch bridlicovitosti. Priemerná hodnota ročného úbytku za celé sledované obdobie (13 rokov) predstavuje -0,1 mm. Celkový priemerný úbytok na profile II je -1,27 mm.

V porovnaní s rokom 2017 bola zaznamenaná výraznejšia zmena v konfigurácii profilu III. V bode 3 toho profilu došlo k výraznému prírastku +13,32 mm, v bode 8 +6,84 mm, čo signalizuje odlúpnutie väčších úlomkov v blízkej budúcnosti. V rámci celého profilu III tak priemerná hodnota prírastku masívu v porovnaní s rokom 2017 dosiahla +2,81 mm. Ročný priemerný prírastok na tomto stanovišti predstavuje hodnotu +0,22 mm a priemerný prírastok za celé monitorované obdobie (12 rokov) hodnotu +2,65 mm (obr. 4.38.2.). Vďaka uvedeným skutočnostiam je možné v blízkej dobe očakávať výraznejší úbytok v dôsledku vypadnutia väčšieho fragmentu či bloku horninového masívu.

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Do roku 2016 sme údaje o zrážkach získavali zo stanice SHMÚ Pernek (indikatív 16180); od roku 2017 údaje nie sú k dispozícii, preto uvádzame údaje zo stanice Modra-Piesok.

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050) v roku 2017 dosiahol 716 mm. V roku 2018 dosiahol zrážkový úhrn na uvedenej stanici 760,7 mm.

Počet mrazových dní v zime 2016/2017 bol 87 (stanica Modra-Piesok, indikatív 11833), v zimnom období 2017/2018 ich počet stúpol na 93.

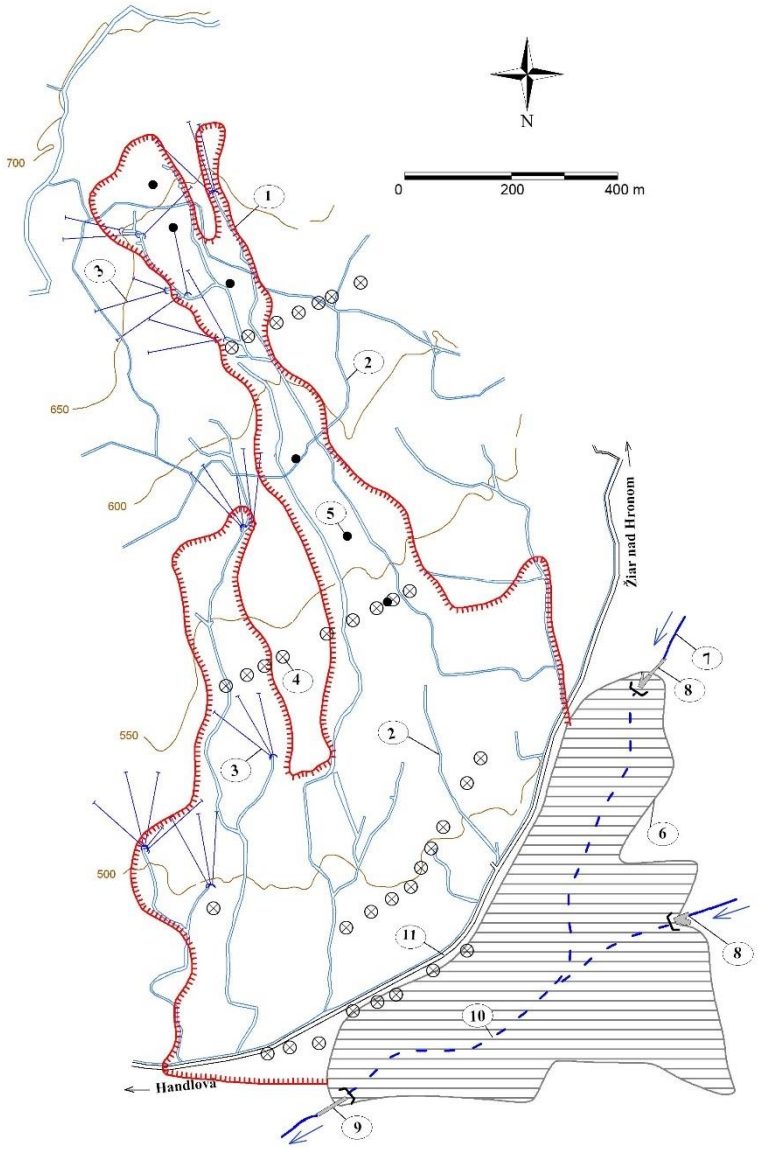
Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Vzhľadom na priamy kontakt skalnej steny odrezu s frekventovanou cestnou komunikáciou, ktorá je na viacerých úsekoch postihnutá aj zosúvaním, považujeme za potrebné v roku 2019 pokračovať v monitorovacích pozorovaniach. O oprávnenosti monitoringu svedčí aj skutočnosť, že výsledky monitorovania mikromorfologických zmien boli použité v rámci inžinierskogeologického prieskumu štátnej cesty II. triedy č. 503, ohrozenej svahovými deformáciami a opadávaním skál (Polák et al., 2012). V uvedenom úseku cesty správca cestnej komunikácie pravidelne v jarnom období odstraňuje úlomky a bloky, ktoré padajú na cestnú komunikáciu a ohrozujú dopravu.

1.4.39. Lokalita Handlová-Stabilizaľný násyp

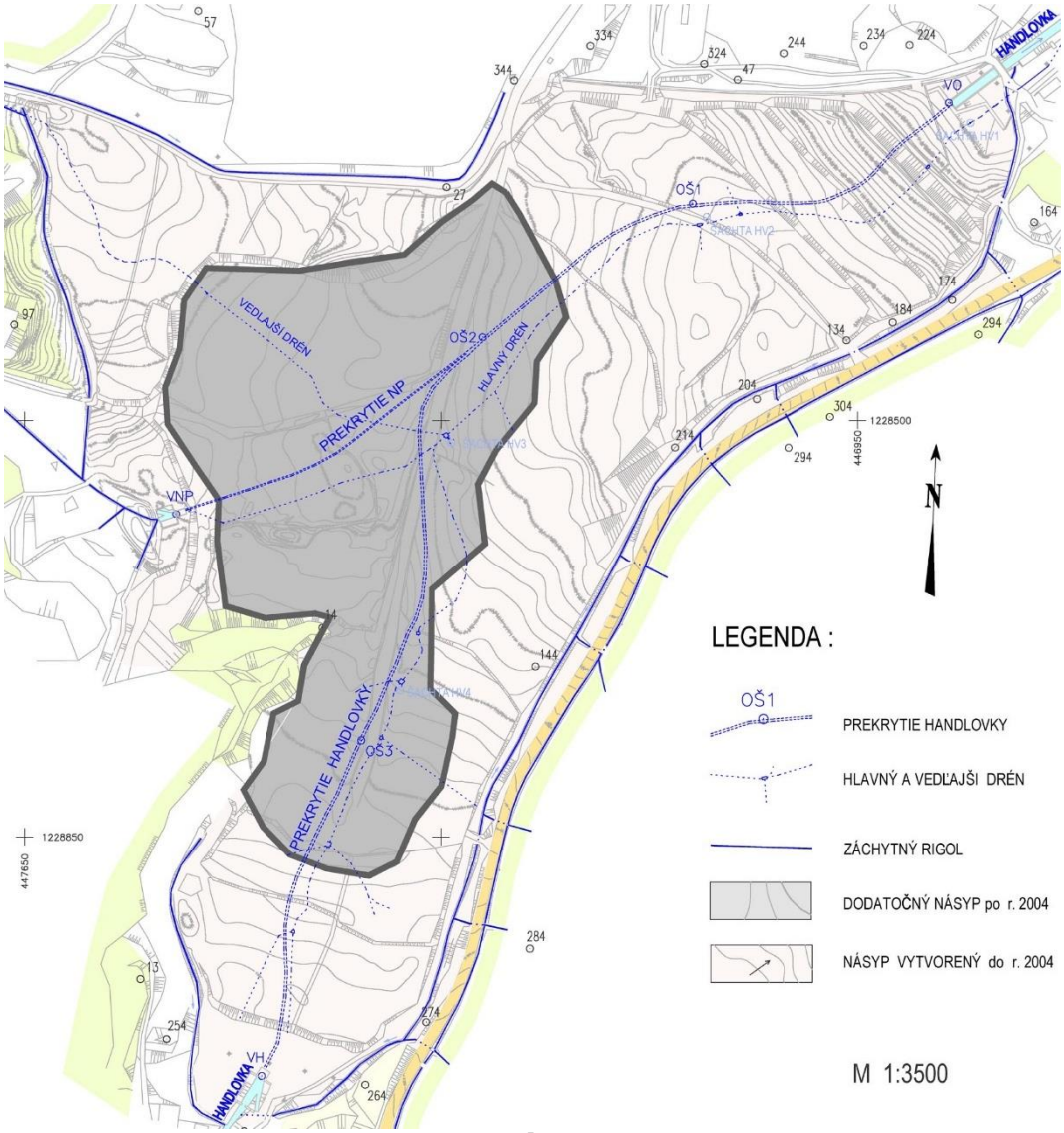
Struľná charakteristika lokality

Po katastrofálnom zosuve na východnom svahu rieky Handlovky, ktorý vznikol v decembri 1960 a viackrát sa aktivizoval, a po preukázaní nestability Ňalģích úsekov svahov na obidvoch brehoch Handlovky, vznikla nutnosŠ stabilizácie celého územia v priestore pod Svetlým vrchom. Ako najvhodnejģie opatrenie bola vybraná realizácia Stabilizaľného násypu, ktorý sa po preloģení vôd Handlovky a Nepomenovaného potoka do potrubia zaľal naváģaŠ z banskej hluģiny, vznikajúcej pri Šaģbe v bani Handlová. Stabilizaľný násyp (SN) rozopiera obidva zosuvné svahy a má stabilizaľný úľinok na prevádzku Európskej cesty E572 i bezpeľnosŠ obytnej zástavby v najbliģģom okolí (obr. 4.39.1).



Obr. 4.39.1. Lokalita Handlová ï situovanie Stabilizaľného násypu na úpätí svahu katastrofálneho zosuvu z roku 1960/1961. 1 ï morfologické ohraniľenie katastrofálneho zosuvu, 2 ï povrchové odvodĽovacie rigoly, 3 ï horizontálne odvodĽovacie vrty, 4 ï geodetické body, 5 ï inklinometrické vrty, 6 ï ohraniľenie telesa Stabilizaľného násypu, 7 ï tok rieky Handlovky, 8 ï vtokové objekty Handlovky a Nepomenovaného potoka (na juģnom a západnom okraji Stabilizaľného násypu), 9 ï výtokový objekt, 10 ï umiestnenie toku Handlovky a Nepomenovaného potoka do oceľového potrubia, prekrytého Stabilizaľným násypom, 11 ï ģtátna cesta z Handlovej do Žiaru nad Hronom.

Materiál vlastného stabilizaľného násypu pozostáva z nehomogénnych, veľmi rôznorodých navážok. Ide prevažne o íly s premenlivým obsahom pevných úlomkov vulkanických hornín, menej pieskovcov a zlepencov. Hrúbka navážok závisí od konfigurácie telesa násypu; maximálna je v mieste pôvodného koryta Handlovky a vzhľadom na pokraľujúce ukladanie materiálu sa postupne zväľšuje (obr. 4.39.2). Žiaľ, v poslednom období dochádza k nekoordinovanému ukladaniu rôznych nevhodných materiálov v rôznych ľastiach násypu (obr. 4.39.3).



Obr. 4.39.2. Aktuálny stav dosypávania Stabilizaľného násypu po roku 2004.

V podloží materiálu navážok sa sporadicky a okrajovo nachádzajú pôvodné deluviálne, fluviálne, prípadne proluviálne sedimenty a pozdĺž celého toku Handlovky a Nepomenovaného potoka sú to hlavne zosuvné delúviá rôzneho veku a litologického charakteru (Mokrá et al., 2004). Kvartérne sedimenty a zosuvné delúviá dosahujú v pozdĺžnom smere celého SN hrúbku 8 až 14 m. Podložné horniny paleogénneho veku majú charakter flyšoidných súvrství s striedajúcich sa ílovcov, prachovcov a sliežovcov. Nachádzajú sa priamo pod navážkami SN alebo pod kvartérnymi sedimentmi.



Obr. 4.39.3. Ukladanie nevhodných materiálov na západnom okraji násypu (neďaleko od vtokového objektu Nepomenovaného potoka) a vytváranie ťažiernych neznámych viskóznych látok (foto Z. Nagy, 2008).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2017 a 2018 na lokalite Stabilizačný násyp Handlová, sú zhrnuté v tab. 4.39.1.

Tab. 4.39.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	2017	2018
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	36 *(2017)* 25 *(2018)*	M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3, N-4, NV-105[1], NV-8[1], PV-107, PV-4, H-1, H-2, H-3, H-4[1)], H-5, H-6[1)], H-7, IN-1, IN-2[1)], IN-3A, IN-4, INV-4, MP-1[1)], NV-109[1)], NV-110, NV-111, NV-112, NV-14[1)], PV-109, PV-110 [2], PV-111, PV-112, PV-14, PV-19A[1)], PV-19B[1)]	47, resp. 52 *(1x za týždeň)*,	52 *(1x za týždeň)*
Obhliadky objektov SN	5	Vtokový objekt na Handlovke, Výtokový objekt Handlovky, Vtokový objekt Nepomenovaného potoka, Haldovanie materiálu na SN, Povrchové odvodňovacie rigoly Handlovského zosuvu	*12 (1x za mesiac)*	*12 (1x za mesiac)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	*Denné úhrny zrážok*	

[1] – objekty, na ktorých boli v priebehu roka 2017 prerušené režimové pozorovania, [2] – objekt bol vyradený z meraní z dôvodu nefunkčnosti

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2017 a 2018 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite je na sledovanie režimových ukazovateľov v súčasnosti využívaných 25 monitorovacích objektov (v roku 2017 sa na základe analýzy vhodnosti pre ďalšie vykonávanie režimových pozorovaní dočasne prerušilo monitorovanie objektov H-4, H-6, IN-2, MP-1, NV-105, NV-109, V-14, NV-7, NV-8, PV-19A, PV-19B; objekt PV-110 bol vyradený z meraní z dôvodu nefunkčnosti). Ich situovanie je znázornené na obr. 4.39.4. Objekty boli monitorované v týždennom režime a teda v danom období bolo zrealizovaných

52 meraní (tab. 4.39.2 a tab. 4.39.3). V roku 2015 bola na základe výsledkov dlhodobých meraní hladiny podzemnej vody vykonaná hĎbková analýza, vĎaka ktorej bolo moţné vykonaŠ kvalitatívnu klasifikáciu monitorovacích objektov. Výsledky analýzy boli prezentované v správe za rok 2015 (Jelínek a Ondrejka, 2016 in Ondrejka et al., 2016).

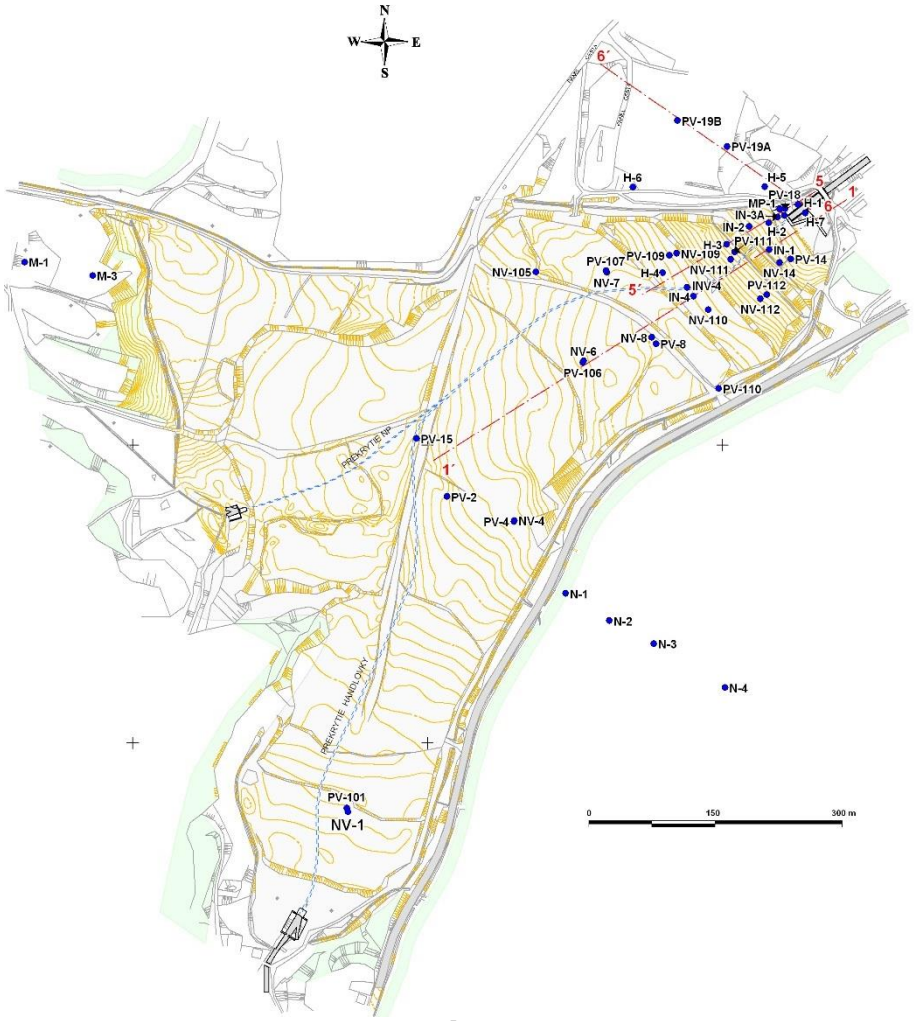
Tab. 4.39.2. Výsledky merania hĎbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-StabilizaţnÝ násyp v roku 2017

Bod	Poţet meraní	Max. úroveŇ hpv			Min. úroveŇ hpv			Priem. úroveŇ hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
H-1	52	2,98	451,91	30. 12. 17	5,26	449,63	7. 10. 17	4,68	450,21	2,28
H-2	52	9,11	452,36	18. 3. 17	9,76	451,71	15. 9. 17	9,48	451,99	0,65
H-3	52	5,83	463,97	29. 4. 17	8,91	460,89	15. 9. 17	6,96	462,84	3,08
H-4	6	14,19	463,86	7. 1. 17	14,20	463,85	28. 1. 17	14,19	463,86	0,01
H-5	52	2,59	458,25	11. 3. 17	8,05	452,79	21. 10. 17	6,42	454,42	5,46
H-6	6	17,84	456,48	7. 1. 17	17,87	456,45	4. 2. 17	17,86	456,46	0,03
H-7	52	2,86	451,12	30. 12. 17	4,57	449,41	9. 9. 17	4,01	449,97	1,71
IN-1	52	4,93	458,13	16. 12. 17	7,18	455,88	15. 9. 17	6,37	456,69	2,25
IN-2	6	2,37	460,76	11. 2. 17	2,46	460,67	4. 2. 17	2,41	460,72	0,09
IN-3A	52	8,17	452,43	18. 3. 17	9,12	451,48	9. 12. 17	8,52	452,08	0,95
IN-4	52	12,15	464,93	16. 12. 17	17,04	460,04	14. 10. 17	13,72	463,36	4,89
INV-4	52	12,11	465,00	30. 12. 17	13,24	463,87	30. 9. 17	12,77	464,34	1,13
M-1	47	0,08	516,65	25. 2. 17	5,18	511,55	14. 10. 17	3,53	513,20	5,10
M-2	47	0,06	539,79	25. 2. 17	2,91	536,94	21. 10. 17	1,43	538,42	2,85
M-3	47	1,44	506,45	25. 2. 17	3,91	503,98	21. 10. 17	2,46	505,43	2,47
MP-1	6	2,49	457,56	7. 1. 17	2,50	457,55	14. 1. 17	2,50	457,56	0,01
N-1	47	-0,36	489,61	25. 2. 17	1,06	488,19	9. 9. 17	0,31	488,94	1,42
N-2	47	0,83	494,72	11. 3. 17	2,69	492,86	15. 9. 17	1,75	493,80	1,86
N-3	47	0,21	498,55	25. 2. 17	2,50	496,26	9. 9. 17	1,34	497,42	2,29
N-4	47	0,26	506,90	25. 2. 17	4,42	502,74	30. 9. 17	1,88	505,28	4,16
NV-105	1	11,15	473,84	4. 2. 17	11,15	473,84	4. 2. 17	11,15	473,84	0,00
NV-109	6	8,24	468,94	7. 1. 17	8,25	468,93	28. 1. 17	8,25	468,94	0,01
NV-110	52	3,53	473,54	29. 4. 17	12,43	464,64	11. 11. 17	9,12	467,95	8,90
NV-111	52	8,65	461,73	16. 12. 17	9,08	461,30	15. 7. 17	8,91	461,47	0,43
NV-112	52	9,51	461,61	1. 4. 17	9,85	461,27	23. 12. 17	9,70	461,42	0,34
NV-14	6	6,84	456,15	7. 1. 17	6,84	456,15	7. 1. 17	6,84	456,15	0,00
NV-7	47	15,99	466,42	29. 4. 17	16,69	465,72	4. 2. 17	16,19	466,22	0,70
NV-8	1	11,79	471,48	4. 2. 17	11,79	471,48	4. 2. 17	11,79	471,48	0,00
PV-107	47	14,54	467,81	29. 4. 17	17,14	465,21	2. 12. 17	15,92	466,43	2,60
PV-109	52	8,31	468,73	11. 3. 17	8,87	468,17	9. 9. 17	8,55	468,49	0,56
PV-111	52	7,93	462,04	16. 12. 17	8,86	461,11	12. 8. 17	8,36	461,61	0,93
PV-112	52	9,27	461,00	18. 11. 17	12,61	457,66	30. 9. 17	11,09	459,18	3,34
PV-14	52	3,26	458,55	29. 4. 17	4,67	457,14	15. 9. 17	4,10	457,71	1,41
PV-19A	6	12,90	453,99	7. 1. 17	13,68	453,21	4. 2. 17	13,40	453,49	0,78
PV-19B	6	1,27	473,59	11. 2. 17	1,50	473,36	4. 2. 17	1,39	473,48	0,23
PV-4	47	5,76	485,22	29. 4. 17	9,58	481,40	15. 9. 17	9,11	481,87	3,82

V roku 2017 sa pokraţovalo v meraniach v 36 vrtoch (po prerušení meraní v 11 vrtoch sa Ňalej vykonávali merania v 25 vrtoch), a to v období od 7. januára do 30. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne, tak ako v predchádzajúcich rokoch 2015 a 2016, vo vrte N-1 (0,36 m nad terénom ï 489,61 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 25. februára. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody vo všetkých vrtoch sa nachádzali v intervale -0,36 (vrt N-1) aţ 17,84 m pod terénom (vrt H-6). Vyskytovali sa prevaţne v zimných mesiacoch, ale tieţ poţas jari, výrazne v termíne 29. apríla. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom roku, vyskytovala vo vrte H-6 (min. hladina podzemnej vody 17,87 m pod terénom bola nameraná dĺa 4. februára). Minimálne hladiny podzemnej vody boli v jednotlivých vrtoch zaznamenávané v zimných mesiacoch (najmä na zaţiatku roku 2017), ale veĎmi výrazne aj v septembri a októbri 2017. Vo vrtoch, v ktorých sa hladiny podzemnej vody poţas minimálnych stavov nachádzajú vo väţších hĎbkach (viac ako 10 m), boli minimálne hladiny podzemnej vody namerané (podobne ako v roku 2016) poţas januára a februára 2017, ale tieto minimálne stavy sa v sledovanom roku vyskytli vo väţšej miere tieţ v septembri a októbri. Vo vrtoch INV-4, NV-111, PV-109 a PV-111 bolo v roku 2017 pozorované, že

podzemné vody klesli pod úroveň dna vrtu – vrty boli teda suché počas viacerých týždenných meraní.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 7,68 m pod terénom. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,31 (vrt N-1) do 17,86 m pod terénom (vrt H-6). Obidva tieto vrty (N-1 a H-6) vykazovali podobné stavy hĺbky podzemnej vody aj v predchádzajúcom roku 2016. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte NV-110 (8,90 m). Vo viacerých vrtoch (H-4, H-6, IN-2, MP-1, NV-105, NV-109, NV-14, NV-8) boli počas týždenných meraní pozorované minimálne zmeny v hladine podzemnej vody (H-4, H-6, IN-2, MP-1, NV-105, NV-109, NV-111, NV-14, NV-8, PV-19B) a tieto dosahovali kolísanie v rozmedzí 0,00 až 0,09 m). Podobné nízke hodnoty kolísania boli pozorované aj vo vrtoch IN-3A, NV-111, NV-112, NV-7, NV-109, PV-111, PV-19A, PV-19B. Amplitúda v týchto vrtoch sa pohybovala v rozsahu od 0,23 – do 0,95 m.



Obr. 4.39.4. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp. Situácia piezometrických vrtov na meranie hĺbky hladiny podzemnej vody.

V roku 2018 boli vykonané merania v 25 vrtoch, a to v období od 6. januára do 29. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne, tak ako v predchádzajúcich rokoch, vo vrte N-1 (0,47 m nad terénom – 489,72 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 31. marca. Aj vo vrte M-2 bol dosiahnutý stav hladiny nad terénom (0,26 m nad terénom – 540,11 m n. m.; tiež 31. marca). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody vo všetkých vrtoch sa nachádzali v intervale -0,47 (vrt N-1) až 15,12 m pod terénom (vrt PV-107). Vyskytovali sa prevažne v zimných mesiacoch, ale tiež počas jari, výrazne v termíne 31. marca. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej

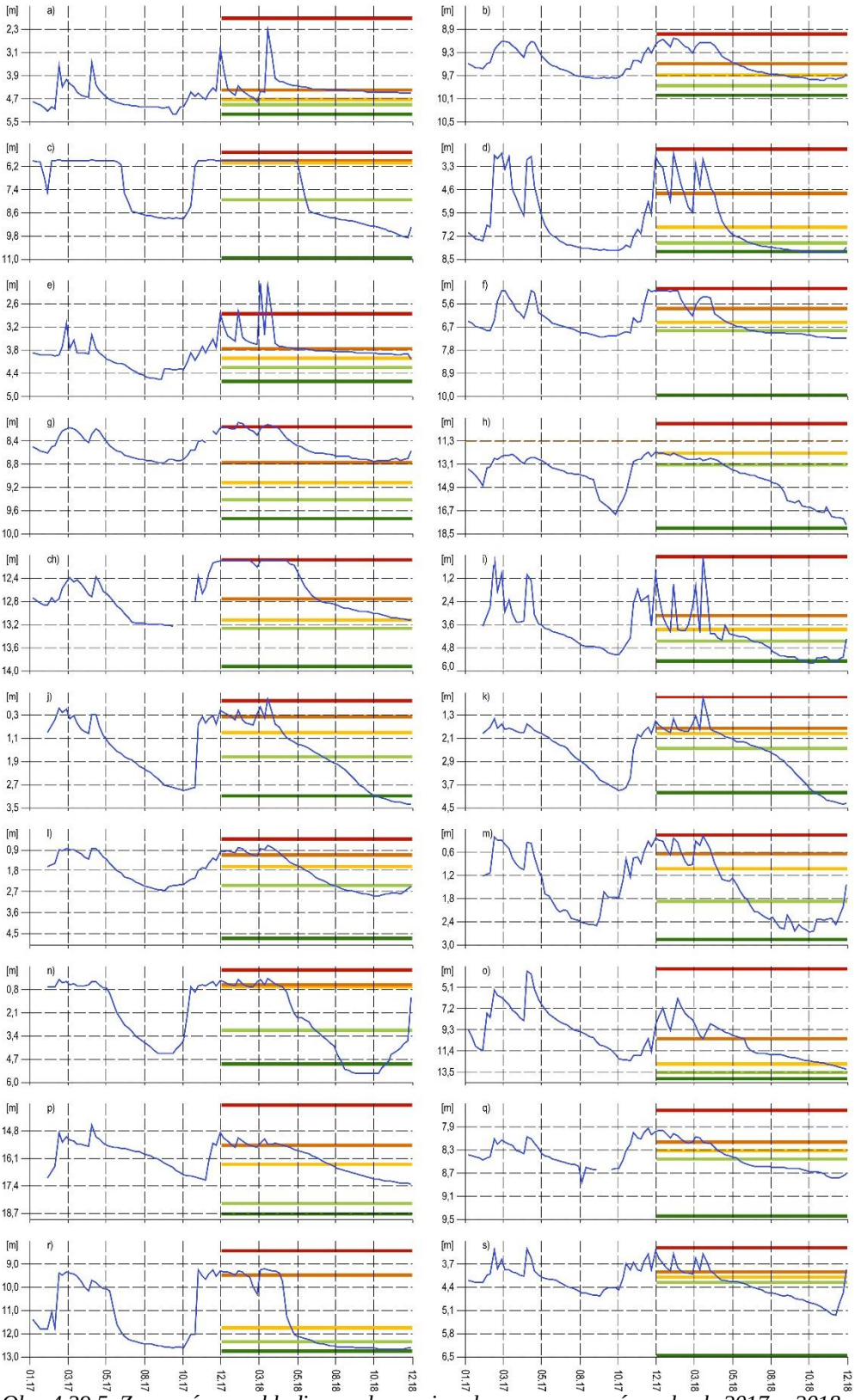
vody vyskytovala vo vrte IN-4 (min. hladina podzemnej vody 17,83 m pod terénom bola nameraná dňa 29. decembra). Minimálne hladiny podzemnej vody boli v jednotlivých vrtoch zaznamenávané v zimných mesiacoch (najmä v decembri), ale aj v októbri a novembri 2018. Vo vrtoch, v ktorých sa hladiny podzemnej vody počas minimálnych stavov nachádzajú vo väčších hĺbkach (viac ako 10 m), boli minimálne hladiny podzemnej vody namerané tieto minimálne stavy v sledovanom roku 2018 v decembri (na rozdiel od roku 2017 – počas januára a februára 2017). Vo vrtoch NV-110 a PV-109 bolo v roku 2018 zaznamenané, že podzemné vody klesli pod úroveň dna vrtu – vrty boli suché počas jedného týždenného merania.

Tab. 4.39.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2018

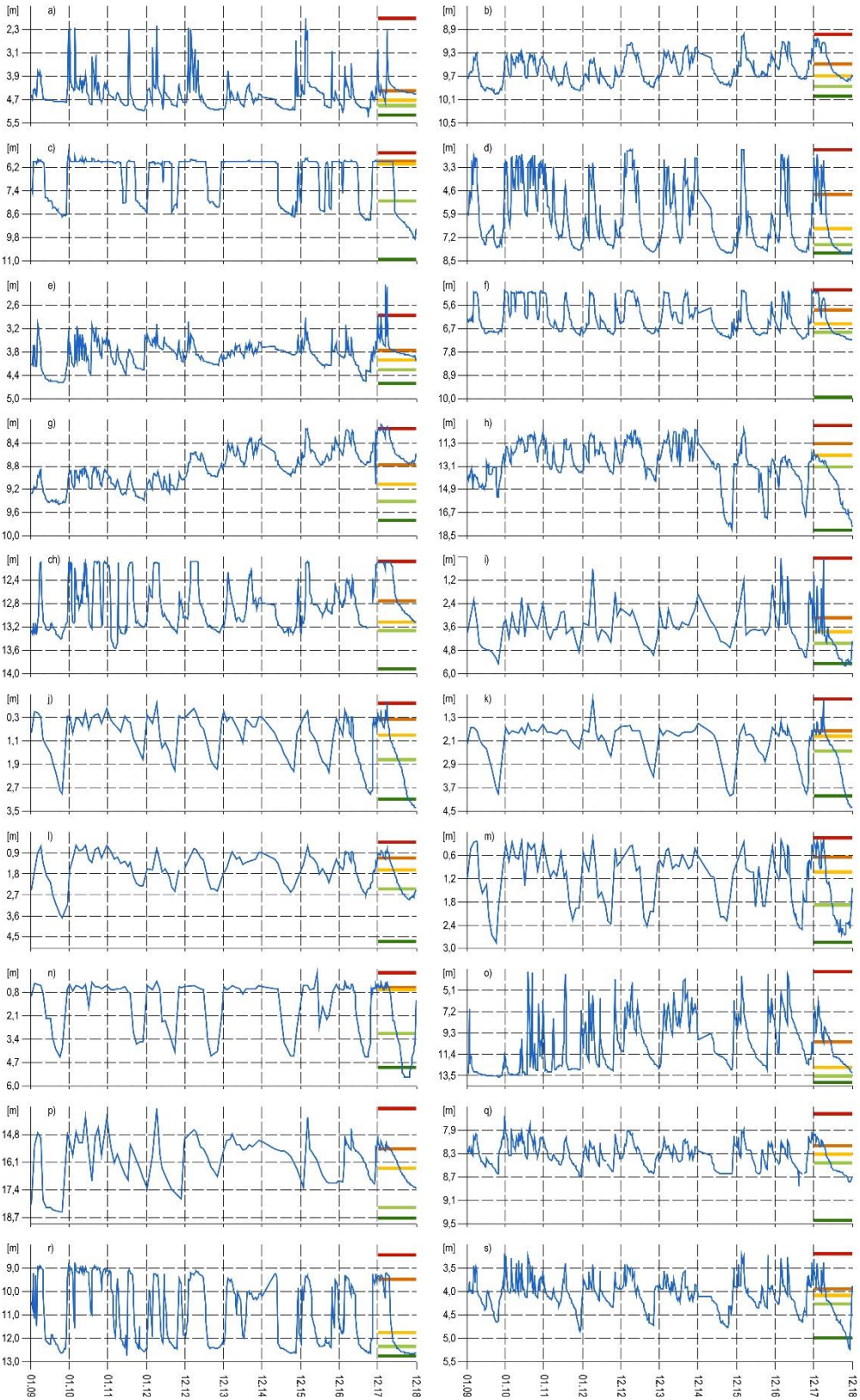
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
NV-112	52	9,83	461,29	6. 1. 18	10,22	460,90	22. 12. 18	10,01	461,11	0,39
NV-111	52	8,71	461,67	13. 1. 18	9,13	461,25	3. 11. 18	9,02	461,36	0,42
PV-109	52	8,34	468,70	13. 1. 18	8,88	468,16	18. 8. 18	8,71	468,33	0,54
IN-3A	52	8,09	452,51	3. 2. 18	8,76	451,84	20. 10. 18	8,49	452,11	0,67
H-2	52	9,06	452,41	3. 2. 18	9,78	451,69	10. 11. 18	9,50	451,97	0,72
PV-111	52	7,96	462,01	13. 1. 18	8,79	461,18	8. 12. 18	8,45	461,52	0,83
INV-4	52	12,11	465,00	6. 1. 18	13,12	463,99	22. 12. 18	12,60	464,51	1,01
PV-14	52	3,39	458,42	31. 3. 18	5,24	456,57	8. 12. 18	4,35	457,46	1,85
H-7	52	2,06	451,92	17. 3. 18	4,05	449,93	29. 12. 18	3,67	450,31	1,99
N-1	52	-0,47	489,72	31. 3. 18	1,73	487,52	20. 10. 18	0,53	488,72	2,20
N-2	52	0,71	494,84	31. 3. 18	2,91	492,64	20. 10. 18	1,93	493,62	2,20
PV-107	52	15,12	467,23	6. 1. 18	17,33	465,02	29. 12. 18	16,21	466,14	2,21
PV-4	52	7,39	483,59	6. 1. 18	9,64	481,34	3. 11. 18	9,36	481,62	2,25
IN-1	52	4,97	458,09	3. 2. 18	7,24	455,82	15. 12. 18	6,47	456,59	2,27
N-3	52	0,18	498,58	31. 3. 18	2,66	496,10	20. 10. 18	1,63	497,13	2,48
H-1	52	2,32	452,57	31. 3. 18	4,82	450,07	10. 3. 18	4,33	450,56	2,50
PV-112	52	9,23	461,04	24. 3. 18	12,68	457,59	10. 11. 18	11,49	458,78	3,45
M-2	52	-0,26	540,11	31. 3. 18	3,38	536,47	22. 12. 18	1,71	538,14	3,64
M-3	52	0,71	507,18	31. 3. 18	4,38	503,51	22. 12. 18	2,65	505,25	3,67
H-3	52	5,89	463,91	6. 1. 18	9,89	459,91	22. 12. 18	7,78	462,02	4,00
N-4	52	0,17	506,99	31. 3. 18	5,53	501,63	22. 9. 18	2,84	504,32	5,36
M-1	52	0,07	516,66	31. 3. 18	5,61	511,12	20. 10. 18	4,33	512,40	5,54
H-5	52	2,56	458,28	3. 2. 18	8,14	452,70	17. 11. 18	6,62	454,22	5,58
IN-4	52	12,23	464,85	6. 1. 18	17,83	459,25	29. 12. 18	14,43	462,65	5,60
NV-110	52	6,20	470,87	10. 2. 18	13,25	463,82	29. 12. 18	10,65	466,43	7,05

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 7,11 m pod terénom, čo je o 0,53 m vyššie ako v roku 2017. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,53 m (vrt N-1) do 16,21 m pod terénom (vrt PV-107). Obidva tieto vrty (N-1 a PV-107) vykazovali podobné stavy hĺbky podzemnej vody aj v predchádzajúcom roku. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte NV-110 (7,05 m). Vo viacerých vrtoch boli počas týždenných meraní pozorované pomerne malé zmeny v hladine podzemnej vody (NV-112, NV-111, PV-109-14, IN-3A, H-2, PV-111) a tieto dosahovali kolísanie od 0,39 do 0,83 m).

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2018 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2003 do 2017) vyplýva, že dlhodobé maximá boli prekročené až v 4 vrtoch (H-7 – 2,06 m pod terénom – 451,92 m n. m., IN-3A – 8,09 m pod terénom – 452,51 m n. m., M-1 – 0,07 m pod terénom – 516,66 m n. m. a M-2: -0,26 m pod terénom – 540,11 m n. m.). Tieto maximálne hodnoty boli namerané počas marca, resp. februára 2018. Priebehy hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch počas hodnoteného obdobia rokov 2017 a 2018 sú prezentované na obr. 4.39.5. Zmeny hladiny v období od 2009 do 2018 sú prezentované na obr. 4.39.6.



Obr. 4.39.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na vybraných vrtoch Stabilizačného násypu Handlová, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – H-1, b – H-2, c – H-3, d – H-5, e – H-7, f – IN-1, g – IN-3A, h – IN-4, ch – INV-4 (RO: 8. 1. 03 – 30. 12. 17), i – M-1, j – M-2, k – M-3, l – N-2, m – N-3, n – N-4 (RO: 4. 2. 03 – 30. 12. 17), o – NV-110, p – PV-107, q – PV-111, r – PV-112, s – PV-14 (RO: 8. 1. 03 – 30. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.



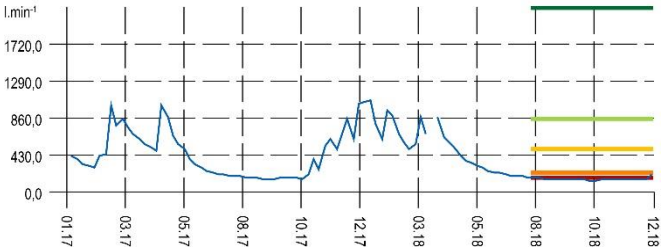
Obr. 4.39.6. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch Stabilizačného násypu Handlová, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO): a – H-1, b – H-2, c – H-3, d – H-5, e – H-7, f – IN-1, g – IN-3A, h – IN-4, ch – INV-4 (RO: 8. 1. 03 – 30. 12. 17), i – M-1, j – M-2, k – M-3, l – N-2, m – N-3, n – N-4 (RO: 4. 2. 03 – 30. 12. 17), o – NV-110, p – PV-107, q – PV-111, r – PV-112, s – PV-14 (RO: 8. 1. 03 – 30. 12. 17), červená – maximálna, zelená – minimálna hladina podzemnej vody nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajovo o hĺbke hladiny podzemnej vody, nameranej počas RO.

e/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

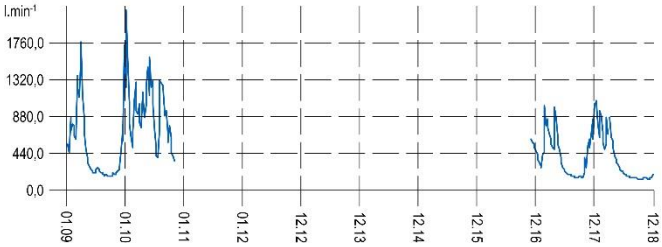
Výdatnosti na Hlavnom odvodňovacom dréne sa v roku 2018 merali s týždennou frekvenciou a teda v danom období bolo realizovaných 52 meraní (tab. 4.39.4). Najnižšia hodnota 121,20 l.min^{-1} bola nameraná 20. októbra (čo je zároveň aj najnižšia hodnota za celé monitorované obdobie) a najvyššia hodnota 1062,00 l.min^{-1} bola nameraná 13. januára (obr. 4.39.7). Uvedené hodnoty korešpondujú s meraniami z roku 2017. Výraznejší rozdiel pri porovnaní rokov 2017 a 2018 bol však zistený v priemernej hodnote výdatnosti za sledované obdobie – v roku 2017 dosiahla priemerná výdatnosť 419,48 l.min^{-1}, v roku 2018 352,55 l.min^{-1}. Tento vývoj pravdepodobne súvisí s nízkym zrážkovým úhrnom v roku 2018.

Tab. 4.39.4. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Stabilizačný násyp Handlová

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min-1]	Max. kolísanie výdat. [l.min-1]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
Hlavný drén	52	1062,00	13.1.18	121,20	20.10.18	352,55	940,80



Obr. 4.39.7. Zmeny výdatnosti zaznamenané v rokoch 2017 a 2018 na Hlavnom dréne na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO: 6. 1. 07 – 30. 12. 16), červená – minimálna, maximálna výdatnosť nameraná počas RO, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas RO. Poznámka: dňa 31. marca 2018 sa meranie nezrealizovalo kvôli vysokému stavu hladiny v rieke Handlovka.



Obr. 4.39.8. Dlhodobé (2009 – 2018) zmeny výdatnosti Hlavného drénu na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp.

e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080; obr. 4.6.15 a 4.6.16). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2015, vzhľadom na faktor rizika, ktorý vyplýva z existencie vodnej stavby, bol monitorovaný objekt z pôvodnej tretej kategórie preradený do vyššej – druhej kategórie. Z preradenia monitorovaného objektu Stabilizačného násypu do kategórie 2 vyplývajú vyššie nároky na zabezpečovanie monitorovacích prác. Z uvedených dôvodov boli monitorovacie práce upravené podľa aktuálnej kategórie monitorovaného objektu a s tým súvisiacich požiadaviek na odbornú spôsobilosť osôb vykonávajúcich špecifické monitorovacie merania a v neposlednom rade i požiadaviek vlastníka objektu – MŽP SR. Na Stabilizačnom násype bol

v roku 2016 realizovaný Technicko-bezpeľnostný dohľad, ktorý nad vodnou stavbou absentoval už dlhšie obdobie.

Po obnovení meraní výdatnosti Hlavného drénu v decembri 2016 sa ich meranie vykonávalo aj v roku 2018. Hodnoty výdatnosti sa pohybovali na úrovni priemeru za obdobie rokov 2008 až 2010.

V území Stabilizaľného násypu pracovníci ŠGÚDŠ pravidelne mesaľne sledujú stav najdôležitejších objektov vodnej stavby. Informácie o aktuálnom stave, ale najmä vzniknutých zmenách, predkladajú raz mesaľne poverenému zamestnancovi spoloľnosti Vodohospodárska výstavba, š. p. V zmysle uvedených obhliadok boli identifikované tieto závažné nedostatky:

- Ukladanie nevhodných odpadových materiálov na SN (na základe upozornení boľné prístupové cesty k násypu opätovne zatarasené, dokonca aj pomocou vyhĺbenej priekopy).
- Na povrchových odvodňovacích rigoloch Handlovského zosuvu bolo zistené ich zahádzanie, zasutenie a znečistenie rôznorodým, materiálom (konáre, lístie a iné), znečistené sú aj šachty týchto rigolov.
- Na povrchových odvodňovacích rigoloch Handlovského zosuvu dochádza ľasto k nežiaducej infiltrácii vody do telesa zosuvu. Šachty, v ktorých sú vyústené subhorizontálne vrty sú v zlom stave, vrty odvádzajú iba malé množstvá vody, alebo sú suché.

Pri hodnotení hladín podzemnej vody sledovaných v piezometroch možno konštatovať, že v roku 2018 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k určitému vzostupu (o 0,53 m hlbšie) priemernej hodnoty (odvodenej z priemerných hĺbok hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch). Z výsledkov meraní vyplýva, že hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovacích objektoch kolíšu len minimálne, ľo signalizuje ich starnutie i zanášanie, ale aj nevhodné vystrojenie. Tieto skutoľnosti boli podrobne opísané v hodnotení režimových ukazovateľov na Stabilizaľnom násype (Jelínek a Ondrejka, 2016). Zo spomenutého materiálu napr. vyplýva, že režimové pozorovania sa vykonávajú aj vo vrtoch, ktoré primárne na to nie sú určené.

Taktiež treba upozorniť na nepriaznivý stav pravostrannej priekopy medzi Európskou cestou E572 a okrajom Stabilizaľného násypu, ktorá sa zanáša prívalovým bahnom z násypu a jej funkľnosť sa tým podstatne znižuje.

2. ZÁVER

V rámci podsystému „Zosuvy a iné svahové deformácie" sa v roku 2018 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvania (30 pozorovaných lokalít), plazenia (4 lokality) a náznakov aktivizácie rútivých pohybov (8 lokalít). Samostatnú skupinu špecifických prípadov hodnotenia stability prostredia tvorí lokalita Stabilizačného násypu v Handlovej.

Celkovo sa teda v rámci podsystému 01 v roku 2018 monitorovalo 39? lokalít. V roku 2018 boli monitorovacie aktivity zabezpečované na rovnakom súbore lokalít ako v predchádzajúcom roku 2017 (rozdiel oproti roku 2017 je, že na lokalitách Čilina-Vranie, Košice-Krásna, Banská Štiavnica a Slovenský raj-Pod veľkým dažňom boli spracované a prezentované údaje o klimatických faktoroch za rok 2017). Prehľad aplikovaných metód monitorovania, frekvencie ich použitia a najvýznamnejších výsledkov meraní na všetkých pozorovaných lokalitách, je zhrnutý v predloženej správe vo forme textu obrázkov a tabuliek.

Najdôležitejšie výsledky monitorovania svahových deformácií v roku 2018

Lokality zo skupiny zosúvania sa monitorovali súborom metód zaznamenávajúcich posuny alebo deformácie meraných objektov (inklinometrické merania a súbor geodetických metód: terestrické a GNSS merania, fotogrametria a DPZ – InSAR) a stav najdôležitejších zosuvotvorných faktorov (režimové pozorovania hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení; zároveň bol zabezpečený zber, archivácia a analýza klimatologických ukazovateľov). Čiže v roku 2018 klesol počet piezometrických vrtov zo zabudovanými automatickými hladinomermi z pôvodných 25 na 21. Dôvodom sú prevažne technické problémy (lokalita Nižná Myšľa). Mimo prevádzky sú i automatické hladinomery so zabudovaným systémom včasného varovania (lokality Okoličné a Veľká Lúka).

Na lokalitách s monitorovanými svahovými pohybmi charakteru plazenia boli zabezpečené merania mechanicko-optickým dilatometrom TM-71. Na svahových deformáciách, označovaných ako náznaky aktivizácie rútivých pohybov, boli sledované prejavy aktivity pomocou dilatometrických a mikromorfologických meraní.

Okrem priamo vykonávaných a zabezpečovaných monitorovacích meraní bola v roku 2018 zabezpečená analýza klimatologických údajov (zo siete staníc SHMÚ) vo vzťahu k stabilite zosuvných území. Analyzovaný bol najmä ich vplyv na zmeny hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení.

Svahové pohyby charakteru zosúvania

Na základe výsledkov aplikovaných metód monitorovania v roku 2018 možno jednotlivé zosuvné lokality účelovo rozdeliť do viacerých kategórií. Aktuálny stabilitný stav najlepšie odzrkadľujú merania pohybovej aktivity (metóda presnej inklinometrie a geodetické metódy – terestrická, GNSS, InSAR, fotogrametria). Výsledky monitorovania na jednotlivých lokalitách sú opisované v poradí, ktoré zodpovedá veľkosti pohybu; najväčšia pozornosť je teda venovaná lokalitám, ktoré boli počas roka 2018 najaktívnejšie.

Na základe hodnotenia výsledkov, prevažne z inklinometrických meraní (na 19 lokalitách), možno konštatovať, že najaktívnejšia je zosuvná lokalita Nižná Myšľa.

Na tejto lokalite, podobne ako v roku 2017, bola najvyššia etapová deformácia zaznamenaná v oblasti vrtu INK-22. Vrt sa nachádza na Obchodnej ulici, priamo v oblasti pod kostolom. Vo vrte na hlavnej šmykovej ploche (4,56 m pod terénom) bol v období od 3. mája do 15. októbra nameraný prírastok deformácie s veľkosťou 17,8 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť 39,3 mm.rok^{-1}) s azimutom orientovaným na juho-juhozápad (203°). Ešte o niečo vyššia deformácia bola nameraná vo vrte INK-24A, ktorý sa nachádza približne 100 m západným smerom (v hĺbke 4,5 m pod terénom – 19,7 mm;

43,5 mm.rok^{-1}; 193°). Podobne, ako v predchádzajúcom období, naďalej pretrváva zvýšená pohybová aktivita v oblasti nad objektom základnej školy. V jednotlivých monitorovacích objektoch (INK-56, INK-53, INK-52) boli namerané etapové vektory v intervale od 5,42 mm do 9,98 mm. Vrt INK-56, v ktorom bola nameraná najvyššia hodnota, sa nachádza 27 metrov nad oporným kotveným múrom. V tejto súvislosti treba poznamenať, že v porovnaní s predchádzajúcim obdobím došlo v oblasti spomenutého vrtu k poklesu deformácií. Vyššie vo svahu je však možné i naďalej pozorovať pohyb po výraznej šmykovej ploche (vo vrte INK-53 v 3,19 m pod terénom; INK-52 v 4,99 m pod terénom).

V južnej časti obce bola zvýšená pohybová aktivita pozorovaná v oblasti vrtu INK-34, a to v hĺbke 2,76 m pod terénom (6,6 mm; 13,7 mm.rok^{-1}; 270°). V ostatných častiach zosuvného územia prevládali hodnoty deformácií pod 1,5 mm; vyššie hodnoty (v intervale od 1,53 do 4,26 mm) boli namerané vo vrtoch INK-32, INK-43, INK-44 (južná časť zosuvného územia).

Z analýzy metódou stabilných odrazových prvkov (PSInSAR), vyplýva, že v niekoľkých prípadoch je pozorovaný poklesávajúci trend vývoja deformácie (vzostupná dráha č. 102: ulica Kompaniľná, objekt na rohu ulíc Školská a Staničná, zostupná dráha č. 153 v okolie ulíc Slivková, Skladná a Hlavná), ktorý sa strieda s výzdvihovým charakterom pohybu polohovo blízkych odrážačov (vzostupná dráha č. 102 a okolie ulice Strmá pri objekte „hostinca“ s poklesovým charakterom).

Z hľadiska hodnotenia vývoja hladiny podzemnej vody, je potrebné poznamenať, že v roku 2018 bol vo viacerých vrtoch zaznamenaný pokles hladiny pod jej minimálnu úroveň, zaznamenanú v predchádzajúcom období monitorovania.

Na lokalitách Veľká Lúka, Lúčervený Kameň, Vyšná Hutka a Prievidza-Veľká Lehôtka boli počas roka 2018 metódou presnej inklinometrie namerané etapové vektory väčšie ako 10 mm. V obci Veľká Lúka bol zvýšená pohybová aktivita pozorovaná vo viacerých samostatných územiach. Inklinometrickými meraniami je dlhodobo pozorovaná nestabilita v území s IBV v centrálnej časti obce (čelo aktívnej časti zosuvu v vrt VLÚ-1). V roku 2018 počas dvoch etáp meraní boli v hĺbke 4,91 m pod terénom zaznamenané deformácie, ktoré presahovali 11,5 mm (priemerné rýchlosti sa pohybovali v intervale 19,09 v 21,92 mm.rok^{-1}). Orientácia nameraných vektorov mala severovýchodný až východný smer. V súvislosti s aktivitou prichádzajúcej južnej časti zosuvu treba uviesť, že značná časť vrtov, ktoré tu boli vybudované v 90-tych rokoch, je nefunkčná v dôsledku ich porušenia samotným svahovým pohybom. V západnejšej časti obce, v území nad poľnohospodárskym družstvom je geodetickými meraniami sledovaný relatívne intenzívny svahový pohyb v okolí bodu P2. V roku 2018 došlo, v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi, k miernemu ustáleniu pohybovej aktivity (31,78 mm). V západnej časti obce bola ale nameraná veľmi výrazná vertikálna zmena na geodetickom bode P12 (etapový pokles o 46 mm), ktorý sa nachádza v blízkosti územia s IBV. Zosuvné územie má dlhodobé problémy s odvádzaním povrchových vôd. Vybudované odvodňovacie rigoly v dôsledku starnutia (zarastenia vegetáciou) prestali plniť svoju funkciu a v súčasnosti prispievajú k infiltrácii povrchových vôd do zosuvného prostredia.

V obci Lúčervený Kameň je z hľadiska stability vážna situácia v oblasti zosuvu, ktorý priamo ohrozuje a čiastočne i poškodzuje cestnú komunikáciu. Počas roka 2018 boli v jedinom inklinometrickom vrte vykonané tri etapové merania. Z výsledkov vyplýva, že svahová deformácia bola najaktívnejšia v zimných a jarných mesiacoch. Na šmykovej ploche v hĺbke 2,8 m pod terénom bol od 11. decembra 2017 do 2. mája 2018 nameraný vektor 12,4 mm (31,9 mm.rok^{-1}) s juhozápadne orientovaným azimutom. Znepokojujúca je výsledná deformácia 60,1 mm (14,1 mm.rok^{-1}), zaznamenaná v období od októbra 2014 do decembra 2018. V území sú ešte zabezpečované režimové pozorovania prostredníctvom automatického hladinomeru. Z výsledkov meraní vyplýva, že priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v zaznamenaná roku 2018 dosiahla 3,45 m pod terénom (375,77 m n. m.), čo je v porovnaní

s rokom 2017 pokles o 0,40 m. Hladina podzemnej vody vo vrte vďak veľmi ľasto mení svoju hĺbku, predpokladáme, že príčinou týchto zmien sú technické nedostatky, súvisiaci so zabudovaním samotného vrtu.

V katastrálnom území obce Vyšná Hutka zosuvy postihujú značnú časť územia. Aktuálne je najhoršia situácia v oblasti vrtu VHI-1A. Inklinometrickými meraniami bola v období od 15. novembra 2017 do 5. apríla 2018 nameraná deformácia (v hĺbke 3,7 m pod terénom) 11,93 mm (30,91 mm.rok^{-1}) s azimutom orientovaným na sever. Výsledná deformácia v uvedenom vrte (od októbra 2014 do apríla 2018) dosiahla 76,45 mm (21,9 mm.rok^{-1}). V ostatných monitorovacích vrtoch, ktoré sa nachádzajú na lokalite, boli na šmykových plochách namerané deformácie do 1,9 mm (VHI-1). Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú na lokalite sledované v dvoch vrtoch. Z výsledkov meraní vyplýva, že ich priemerná hĺbka v porovnaní s predchádzajúcim rokom klesla o 0,30 m.

V mestskej časti Prievidza-Veľká Lehôtka bola počas dvoch etáp meraní zaznamenaná pomerne výrazná deformácia vo vrte IGP-7i (nad 17 mm, namerané hodnoty však nie je možné jednoznačne pripísať svahovému pohybu; overenie pohybovej aktivity bude možné až na základe nasledujúcich kontrolných etáp). V ostatných vrtoch, ktoré dokumentujú pohybovú aktivitu zosuvného územia, etapové vektory neprekročili 0,7 mm, resp. 1,84 mm.rok^{-1}. V prípade tejto lokality stabilitu zosuvného územia do veľkej miery ovplyvňuje efektivita hĺbkového odvodnenia, vybudovaného v roku 2014. V roku 2018 boli zabezpečované režimové pozorovania na všetkých odvodňovacích zariadeniach. Najefektívnejšie podzemnú vodu odvádzali vrty HV-1, 3 a 6 (priemerné ročné hodnoty sú od 1,06 do 1,98 l.min^{-1}).

Ďalšiu skupinu zosuvov, v ktorých pohybová aktivita počas jednotlivých meraní prekročila hranicu 5 mm, predstavujú lokality Nižná Hutka, Handlová-Morovnianske sídlisko, Kapušany a Prievidza-Hradec. V obci Nižná Hutka je pohybová aktivita sledovaná v piatich vrtoch. Najvyššie deformácie boli sledované vo vrte VNI-1. Relatívne plytko pod terénom v hĺbke 0,96 m bol od 4. mája do 5. novembra nameraný vektor 9,4 mm (18,54 mm.rok^{-1}) s azimutom 173°. Ide o najvyššiu hodnotu etapovej deformácie zaznamenú na sledovanej šmykovej ploche. Jediný dostupný pozorovací vrt bol prevažnú časť monitorovacieho obdobia suchý. Zároveň bol pozorovateľný aj pokles hodnôt výdatností odvodňovacích zariadení. V roku 2018 boli namerané najnižšie hodnoty spoločnej výdatnosti za celé monitorované obdobie.

V širšej oblasti Morovnianskeho sídliska v Handlovej je sledovaných viacero samostatne sa vyvíjajúcich svahových deformácií. Priamo nad sídliskom vo vrte AH-2 v hĺbke 3,78 m pod terénom bol v období od decembra 2017 do apríla 2018 nameraný prírastok deformácie 9,17 mm (28,4 mm.rok^{-1}) s azimutom 23°. V juhozápadnej časti územia vo vrte AH-3 bola v rovnakom období nameraná deformácia 3,01 mm (9,3 mm.rok^{-1}). Výsledná deformácia v tomto vrte v hĺbke šmykovej plochy (6,57 m pod terénom) dosiahla 28,43 mm (v období od 4. marca 2015 do 5. decembra 2018; 7,56 mm.rok^{-1}). Zo stabilitného hľadiska je priaznivou správou, že vo viacerých vrtoch boli namerané najhlbšie úrovne hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Podobne bol na lokalite sledovaný i pokles výdatnosti odvodňovacích zariadení.

V obci Kapušany bol v roku 2018 vo viacerých prípadoch pozorovaný pohyb zosuvného telesa po aktívnej šmykovej ploche, ale vďaka relatívne priaznivým klimatickým pomerom jeho hodnoty len ojedinele prekročili 5 mm (napr. vrt INK-9 – 6,08 mm; 13,28 mm.rok^{-1}). Prevládali vektory v intervale 1,0 až 4,67 mm. Priaznivé klimatické pomer sa prejavili i na výraznom poklese hladiny podzemnej vody vo vrte V-POZ-1. V závere roka 2018 bola v tomto vrte nameraná najväčšia hĺbka hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Paradoxne, hodnota priemernej sumárnej výdatnosti zaznamenala, v porovnaní s rokom 2017, vzostup.

V mestskej časti ***Prievidza-Hradec*** bol v roku 2018 pozorovaný pomerne priaznivý stabilitný vývoj. V širšom území ulice Na Stanište, kde boli v minulosti sledované deformácie

v desiatkach milimetrov, bola v roku 2018 vo vrte IGH-5i (v hĺbke 4,61 m pod terénom) nameraná deformácia 5,7 mm (16,4 mm.rok^{-1}; za obdobie 6. december 2017 – 12. apríl 2018). V ostatných vrtoch, situovaných na Pavlovskej ul., namerané deformácie neprekročili 2 mm.

Na lokalitách Kračovany, Bardejovská Zábava, Handlová (zosuv z roku 1960) a Ňagov namerané etapové deformácie, sledované metódou presnej inklinometrie dosiahli viac ako 2 mm. V zosuvnom území obce Kračovany je pohybová aktivita sledovaná v troch inklinometrických vrtoch. Najvyššie hodnoty boli namerané vo vrte V3-INK v hĺbke 23,67 m pod terénom. V období od 11. decembra 2017 do 2. mája 2018 bol nameraný etapový vektor 4,8 mm (12,2 mm.rok^{-1}; 42°). Výsledná deformácia na sledovanej šmykovej ploche v období monitorovania (júl 2014 – december 2018) dosiahla 59,38 mm (13,52 mm.rok^{-1}). Deformácie nad 2 mm boli namerané vo vrte V6-INK. Na lokalite boli v roku 2018 zabezpečené aj fotogrametrické a terestrické geodetické merania. Z nameraných výsledkov vyplýva, že k najväčším posunom došlo v oblasti bodu 640, ktorý sa nachádza v centrálnej časti zosuvného územia. V horizontálnom smere bol v tomto bode (v období od júna 2017 do novembra 2018) nameraný vektor 123,7 mm s orientáciou na juh (smer na jazero). Vo vertikálnom smere bol nameraný pokles o 26 mm. V západnej časti v bode R-3 bol nameraný polohový posun 27,7 mm posun a vertikálny -20 mm.

V zosuvnom území Bardejovská Zábava je pohybová aktivita sledovaná jedným inklinometrickým vrtom – BIJ-1, v ktorom boli v roku 2018 zabezpečené dve etapy meraní (jarné a jesenné). Vyššie deformácie boli namerané počas jesennej etapy, teda v období od 18. mája do 5. decembra; nameraný vektor dosiahol 4,27 mm (7,32 mm.rok^{-1}). Z výsledkov režimových pozorovaní vyplýva, že v roku 2018 bola nameraná maximálna výdatnosť v období monitorovania (na odvodňovacom vrte HV-2), zároveň však bola nameraná i najvyššia úroveň hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-1 (8,16 m pod terénom).

V meste Handlová, v rámci zosuvu z roku 1960, je sledovaná oblasť nad cestou E572 z Handlovej do Čiaru nad Hronom. V minulosti bolo možné v súvislosti so svahovým pohybom sledovať deformácie priamo na telese vozovky. Počas meraní v roku 2018 bola vo vrte AH-1 v období jarnej etapy (15. december 2017 – 12. apríl 2018) zaznamenaná deformácia 2,42 mm (v hĺbke 14,19 m pod terénom). Kontrolným meraním 14. augusta bol pozorovaný pokles pohybovej aktivity.

V katastrálnom území Ňagov, v ktorom je časť obce, ležiaca na sever od Ňagovského potoka, postihnutá frontálnym zosuvom, sú monitorovacie aktivity sústredené na územie parciálnej svahovej deformácie, nachádzajúcej sa vo východnej časti územia. Z meraní pohybovej aktivity v dvoch inklinometrických vrtoch vyplýva, že pohybovo aktívnejšia je oblasť v okolí vrtu DA-7 (v hĺbke 1,83 m pod terénom deformácia – 2,2 mm; 4,1 mm.rok^{-1}).

Relatívne priaznivé stabilitné pomery boli v roku 2018 pozorované na lokalitách Hodruša-Hámre, Petrovany, Prešov-Horárska ul., Prešov-Pod Wilec Hôrkou, Svätý Anton a Vyšný Čaj. Ide o lokality, na ktorých počas jednotlivých kontrolných etáp metódou presnej inklinometrie boli namerané deformácie do 1,7 mm.

Na zosuvnej lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou je v posledných rokoch sledovaný pokles pohybovej aktivity, čo do určitej miery súvisí s vybudovaným hĺbkovým odvodnením v päte svahu. Účinnosť odvodňovacích zariadení potvrdzuje i klesajúci priebeh hladiny podzemnej vody, zaznamenaný automatickým hladinomerom vo vrte JV-3. I napriek priaznivému stabilitnému vývoju, je v posledných dvoch rokoch možné vo vrtoch JV-1A (v hĺbke 3,80 m pod terénom) a JV-2A (8,50 m pod terénom) sledovať pohyb po aktívnej šmykovej ploche (výsledná deformácia vo vrte JV-1A v období 4. decembra 2014 do 19. novembra 2018 dosiahla 6,6 mm; 1,7 mm.rok^{-1}).

Na lokalite Hodruša-Hámre sa metódou presnej inklinometrie vykonávajú merania v dvoch vrtoch nad Dolnohodrušským jazerom (vodná nádrž, napúšťaná po rekonštrukcii hrádze). Vyššia etapová deformácia 1,56 mm bola nameraná vo vrte PS-Z1 (v hĺbke 4,96 m

pod terénom; v období od 15. decembra 2017 do 13. augusta 2018). Počas ostatných meraní boli na šmykovej ploche zaznamenané deformácie do 1,0 mm. V piezometrickom vrte PS-H1, v ktorom je umiestnený automatický hladinomer, bol sledovaný pokles úrovne hladiny podzemnej vody. Maximálna hladina bola nameraná 5. apríla, a to v hĺbke 2,9 m pod terénom.

Na lokalite Svätý Anton dochádza k postupnému poklesu pohybovej aktivity. Počas hodnoteného roka boli zabezpečené dve kontrolné etapy meraní; vyššie hodnoty deformácie boli zaznamenané počas augustovej etapy (v hĺbke 8,2 m pod terénom – 1,2 mm; 1,8 mm.rok^{-1}). Na lokalite bol zároveň pozorovaný pokles priemernej hladiny podzemnej vody vo vrte JSA-2 s umiestneným automatickým hladinomerom.

V zosuvnom území Vyšný Lajer došlo k upokojeniu pohybovej aktivity, problém však naďalej predstavuje zlé technické riešenie podpovrchového odvodnenia. V obdobiach so zvýšenými prietokmi z odvodňovacích zariadení, vybudované potrubie kapacitne nepostačuje, vďaka čomu dochádza k zaplavovaniu zbernej šachty a znižovaniu účinnosti sanačného opatrenia. V tejto súvislosti boli viackrát oslovení i predstavitelia obecného zastupiteľstva.

Špeciálne postavenie v tejto skupine má lokalita Petrovany, kde nové monitorovací inklinometrický vrt sa nachádza tesne nad odlučnou oblasťou aktívneho zosuvu. Realizované merania dokumentujú, že v území nedochádza k retrográdnemu rozširovaniu telesa zosuvu. Etapová deformácia v sledovanej hĺbke v roku 2018 dosiahla 0,8 mm.

Najnižšia pohybová aktivita bola nameraná na lokalite Prešov-Horárska ul. Merania sú tu zabezpečované v troch vrtoch. Počas meracej etapy, ktorá trvala 11 mesiacov, boli na jednotlivých šmykových plochách namerané vektory od 0,14 do 0,58 mm. Paradoxne, v hodnotenom roku bola automatickým hladinomerom, umiestneným vo vrte JH-3, nameraná najvyššia hladina podzemnej vody za monitorované obdobie (2,97 m pod terénom – 12. apríl).

Na lokalite Fintice je pohybová aktivita sledovaná geodetickými (GNSS) meraniami. V porovnaní s výsledkami z predchádzajúcej etapy došlo v roku 2018 k nárastu posunov na všetkých bodoch geodetickej siete. Najväčší polohový posun bol nameraný v bode P-5 (42,4 mm; 43,2 mm.rok^{-1}). Na uvedenej lokalite považujeme za vážny problém devastáciu monitorovacej siete. V poslednom období boli v zosuvom území zničené viaceré piezometrické vrty (jeden s automatickým hladinomerom) a jeden geodetický bod.

Na lokalitách, na ktorých sa nevykonávajú merania pohybovej aktivity, hodnotenie stabilitného stavu vychádza z pozorovania hlavného zosuvotvorného faktora – hĺbky hladiny podzemnej vody. Pri zjednodušenom hodnotení tohto režimového ukazovateľa sa za nepriaznivý stav považuje hladina podzemnej vody, ktorej piezometrická výška dosahuje do blízkosti terénu. V zosuvných územiach sa pozornosť venuje i hodnoteniu efektívnosti odvodňovacích vrtov, a to najmä vo vzťahu ku klimatickým pomerom hodnoteného roka, ale tiež aj k zmenám hĺbky hladiny podzemnej vody v telese zosuvu. Do tejto skupiny je možné zaradiť lokality: Handlová-Kunešovská cesta, Čenkvice, Ruská Nová Ves, Varhaňovce, Dolná Miliná, Ľubirč, Okoličné a Slanec-TP. Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta sa stav hladiny podzemnej vody monitoruje v pravidelnej dvojtýždňovej frekvencii. Z výsledkov vyplýva, že v oblasti vrtov JK-4 a MK-8 sa hladina podzemnej vody nachádzala pomerne plytko pod terénom. Tento stav trval prakticky počas celého jarného obdobia. V porovnaní s predchádzajúcim rokom však došlo k miernemu poklesu priemernej hĺbky hladiny v rámci lokality. Najvyššie výdatnosti boli, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, namerané na odvodňovacích vrtov HV-1 a HV-3.

Na lokalite Čenkvice je hladina podzemnej vody sledovaná tromi automatickými hladinomermi. V roku 2018 boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody dosiahnuté v druhej polovici marca. Vo všetkých troch vrtoch je zreteľne pozorovateľný zostupný trend hladiny podzemnej vody. Pokles hladiny je spojený s funkciou stabilizačno-drenážneho rebra. Vďaka účinnosti sanačného opatrenia sú na lokalite v posledných rokoch (2017 a 2018) pozorované

najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia. Na lokalite naďalej pretrváva problém s meraním výdatnosti hĺbkového odvodnenia, pretože do zberného potrubia je nelegálne pripojené kanalizačné potrubie z priľahlého rodinného domu, z ktorého priteká splašková voda. Zberné potrubie ústi do povrchového toku. Na tento stav boli písomne upozornení predstavitelia samosprávy.

V obci Varhaľovce je v súčasnosti funkčný jeden piezometrický vrt. V roku 2018 priemerná úroveň hladiny podzemnej vody v tomto vrte dosiahla 4,56 m pod terénom, čím mierne prekračuje dlhodobý priemer (4,87 m pod terénom). V zosuvnom území boli v minulosti zabezpečované aj inklinometrické merania, avšak v dôsledku mimoriadnej aktivity zosuvného územia došlo k poškodeniu všetkých inklinometrických vrtov. Z toho vyplýva, že daná lokalita je mimoriadne pohybovo aktívna, avšak veľkosť pohybovej aktivity, vzhľadom na absenciu priamych meraní, nevieme definovať.

Podobná situácia je aj na zosuvoch v Dolnej Mičinej a Okoličnom, kde je monitorovanie zabezpečované jedným piezometrickým vrtom s inštalovaným automatickým hladinomerom, bez priameho merania pohybovej aktivity. V Dolnej Mičinej začala hladina stúpať hneď na začiatku roka, ale maximálna úroveň hladiny bola dosiahnutá 5. apríla. Od tohto termínu až do konca roka pozvoľne klesala. Podobný charakter mal i priebeh podzemnej vody na zosuve v Okoličnom (max. 25. apríla).

Na lokalitách Slanec-TP, Ľirič a Ruská Nová Ves je hlavná pozornosť venovaná sledovaniu efektívnosti odvodňovacích zariadení. V prípade zosuvného územia Slanec-TP je dlhodobým problémom skutočnosť, že viaceré vrty sú počas roka zaplavované vodou vytekajúcou z drenážnych zariadení. V dôsledku toho nie je možné sledovať objem odtekajúcej vody zo zosuvného územia a naviac, dochádza k znižovaniu účinnosti hĺbkového odvodnenia. Na lokalite Ľirič je možné odvodňovací systém hodnotiť ako relatívne efektívny. I keď v roku 2018 priemerná výdatnosť z výtokového objektu zaznamenala oproti priemeru mierny pokles (o 1,25 $l.min^{-1}$). Na lokalite Ruská Nová Ves je situácia s odvádzaním podzemnej vody nepriaznivejšia. Dlhodobo dochádza k postupnému poklesu prietoku. Naviac, v roku 2018 boli na lokalite pozorované technické problémy s odvádzaním vody zo zbernej šachty.

Svahové pohyby charakteru plazenia

Aj v roku 2018 pokračovali monitorovacie práce s využitím 5 mechanicko-optických dilatometrov TM-71 na štyroch lokalitách: Veľká Izra, Kožický Kľačenov (2 prístroje), Sokol a Jaskyňa pod Spišskou. Na lokalite Veľká Izra v danom roku opäť stagnoval pohyb v smere osí x (otváranie trhliny) a y (šmykový posun pozdĺž trhliny), pokles (os z) bol minimálny (0,073 mm). Kým dilatometer KK1 na lokalite Kožický Kľačenov preukázal posun spodného bloku pozdĺž všetkých troch osí (x = 0,597; y = 0,128 a z = 0,148 mm), prístroj KK2 preukázal výrazný pokles horného bloku (z = 0,875 mm) a jeho stagnáciu v ostatných dvoch smeroch (x a y). Na lokalite Sokol pokračoval trend šmykového pohybu (nárast o 0,266 mm) a otvárania (nárast o 0, 512 mm) trhliny. Od roku 1990 dosiahol celkový posun v prvom prípade 8,210 mm, v druhom 12,080 mm. Pokles bloku stagnoval. V Jaskyni pod Spišskou sa aj v roku 2018 potvrdil trend pomalého poklesávania bloku voči masívu (nárast o 0,116 mm) a pomalého otvárania trhliny (nárast o 0,039 mm). Celkový pokles bloku od roku 2007 dosiahol 0,736 mm, celkové otvorenie trhliny 0,804 mm. Šmykový pohyb v roku 2018 stagnoval.

Náznaky aktivizácie rútivých pohybov a zvetrávania

V roku 2018 boli monitorovacie aktivity realizované na šiestich lokalitách. Pri meraniach boli aplikované metódy dilatometrického a mikromorfologického merania. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávali aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážky, počet mrazových dní).

Na lokalite Demjata v roku 2018 pokračoval trend pomalého rozvoľňovania oddelených skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu na cestnej komunikácii z Demjaty do Raslavíc. Posun vrchnej časti okrajovej lavice časti pokračoval s rovnakou

intenzitou ako v predchádzajúcom roľnom monitorovacom cykle; v roku 2018 dosiahol 0,52 mm. Naopak, pohyb uvoľneného horninového bloku v jej podloží pokračoval menej intenzívne v rozsahu 0,12 mm.

Na ďalších lokalitách, na ktorých sa vykonávajú merania mikromorfologických zmien, boli zaznamenané zmeny v rozsahu, ktorý bolo možné očakávať na základe odvodených trendov z meraní realizovaných v predchádzajúcom období. Dlhodobé pozorovania realizované na typických horninových komplexoch Slovenska poskytujú údaje, ktoré môžu v blízkej budúcnosti vstupovať do rozhodnutí ohľadne významných investičných zámerov, napr. geologických úložísk nebezpečných odpadov.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability prostredia je zaradený objekt Stabilizačného násypu v Handlovej. Ide o hydrotechnické dielo (klasifikované ako vodná stavba), ktoré rozopiera dva zosuvné svahy, stabilizuje cestu E572 a zabezpečuje stabilitu obytnej zástavby v južnej časti mesta.

Na Stabilizačnom násype bol v roku 2018 v rámci riešenia úlohy ĽMS – GF zabezpečený súbor režimových meraní v piezometrických vrtoch a výdatnosti Hlavného drénu. V priebehu roka 2018 boli pravidelne raz mesačne zabezpečené obhliadky všetkých objektov Stabilizačného násypu. Výsledky boli mesačne predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom TBD – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Bratislava.

Na základe analýzy režimových ukazovateľov z roku 2018, ktorá vychádza z informácie o stave hladiny podzemnej vody v 25 vrtoch, je možné konštatovať, že v priestore Stabilizačného násypu dosiahla jej priemerná hodnota 7,11 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 0,53 m. Najvyššie stavy hladiny podzemnej vody nad úrovňou terénu boli zaznamenané vo vrtoch M-2, N-1. Do blízkosti terénu sa dostali hladiny podzemnej vody i vo vrtoch M-1, N-4, N-3, M-3, N-2 (ich maximálne hodnoty sa nachádzali v intervale 0,07 – 0,71 m pod terénom). Výskyt najvyšších úrovní hladiny podzemnej vody bol spojený prevažne so zimným obdobím (január až marec). Naopak, najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody boli pozorované najmä v jesenných mesiacoch, pričom výraznejšie prevládali decembrové termíny. Na základe výsledkov merania výdatnosti Hlavného drénu možno konštatovať, že maximálne prietoky boli zaznamenané prevažne v prvej polovici januára a najnižšie počas jesenných mesiacov (október a december; min. 20. október – 121,2 $l.min^{-1}$). Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v období roka 2018 dosiahla 352,6 $l.min^{-1}$.

LITERATÚRA

Predchádzajúce správy z riešenia úlohy Ľiastkový monitorovací systém geologických faktorov SR (Klukanová et al., 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2002 až 2009 a 2010; Ondrejka et al., 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018)

Bakon, M., Oliveira, I., Perissin, D., Sousa, J. J., Papco, J., 2017: "A Data Mining Approach for Multivariate Outlier Detection in Postprocessing of Multitemporal InSAR Results," in IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 10, no. 6, pp. 2791-2798, June 2017. URL: http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7895168&isnumber=7984929

Bergman, R., 2011: Fintice a meranie posunov, 15. etapa. Geotop, Košice, 5 s. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava

Fajko, P., Šašstný, P., 2002: Priemerné ročné úhrny zrážok. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. MŽP SR, Bratislava, SAŽP, Banská Bystrica, s. 95

Fekeľ, P., Bednarik, M., Maretta, P., 2014a: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Šenkvice. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, INGEO, a.s. Žilina. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Maglárová, I., Petro, o., 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.

Fekeľ, P. a Ilkaniľ, D., 2014b: Realizácia protihavarijných opatrení vo Veľkej Lehôtke, v Hradci a Kračovanoch (celku ľ. 6 časti II). Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, Kosper, a.s., Spišská Nová Ves. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Maglárová, I., Petro, o., 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.

Fekeľ, P., Lafférs, F., Jasovský, Z., Škarba, R., 2014c: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Kapušany. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, Kosper, a.s. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Maglárová, I., Petro, o., 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.

Fekeľ, P., Piovarľi, I., Komoň, J., Vrábel, B., Karchňák, D., 2014d: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Vyšná Hutka. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, Kosper, a.s., Spišská Nová Ves. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Maglárová, I., Petro, o., 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.

Fekeľ, P., Piovarľi, I., Komoň, J., Vrábel, B., Karchňák, D., 2014e: Realizácia inžinierskogeologického prieskumu a sanácie havarijných zosuvov v meste Košice. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, Kosper, a.s., Spišská Nová Ves. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Maglárová, I., Petro, o., 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.

Fekeľ, P., Sluka, V., Páleník, M., 2014f: Realizácia inžinierskogeologického prieskumu havarijného zosuvu a realizácia protihavarijných opatrení v obci Červený Kameň (Projekt ľ. 7 časti II). Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, INGEO, a.s. ŽILINA. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Maglárová, I., Petro, o., 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.

Fekeľ, P., Varga, M., Petercová, A., 2014g: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Nižná Hutka. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, Kosper, a.s., Spišská Nová Ves. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Maglárová, I., Petro, o., 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., and Massonet, D., 2007: InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation. ESA Publications.

Ferreti, A., Prati, C., and Rocca, F., 2001: Permanent scatterers in SAR interferometry. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39 (1), s. 8 ï 20.
Fraġtia, M., 2009: Meranie geometrických vlastností horninového prostredia geodetickými a fotogrametrickými metódami. In: Kohút, M., Ġimon, õ. (ed.): Spoloļný geologický kongres Ļeskej a Slovenskej geologickej spoloļnosti. Zborník abstraktov a exkurzný sprievodca, Bratislava, s. 62 ï 63
Fraġtia, M., 2011: Blízka fotogrametria, jej aplikácie a nástroje. 19. slovenské geodetické dni. In: Zborník referátov. Komora geodetov a kartografov, Bratislava, nestr.
Fraġtia, M., 2012: VeČká Ļausa 2012. Geodetická dokumentácia. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 13 s. a prílohy. Archív Oddelenia inġinierskej geológie ĠGÚDĠ, Bratislava
Fraġtia, M., 2012: Meranie stability skalných zárezov. Demjata 2012, geodetický elaborát. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 11 s. a prílohy. Archív Oddelenia inġinierskej geológie ĠGÚDĠ, Bratislava
Fraġtia, M., 2012: Laserové verzus optické skenovanie skalných masívov. Mineralia Slovaca, 44, s. 177 ï 184. ISSN 0369-2068
Fraġtia, M., 2017: VeČká Ļausa 2017. Geodetická dokumentácia. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 13 s. a prílohy. Archív Oddelenia inġinierskej geológie ĠGÚDĠ, Bratislava
Fraġtia, M., 2017: Zosuv KraČovany. Geodetická dokumentácia. Ing. Marek Fraġtia, Bratislava, 32 s. a prílohy. Archív Oddelenia inġinierskej geológie ĠGÚDĠ, Bratislava
Fraġtia, M., 2018: Zosuv KraČovany. Geodetická dokumentácia. Ing. Marek Fraġtia, Bratislava, 32 s. a prílohy. Archív Oddelenia inġinierskej geológie ĠGÚDĠ, Bratislava
Fraġtia, M., 2018: Zosuv KraČovany. Geodetická dokumentácia. Ing. Marek Fraġtia, Bratislava, 32 s. a prílohy. Archív Oddelenia inġinierskej geológie ĠGÚDĠ, Bratislava
Fussgänger, E., JadroŕR, D., 1977: Engineering geological investigation of the Okoliļné landslide using measurement of stresses existing in soil mass. Bull. IAEG (Krefeld), 16, 203 ï 209
Gajdoġ, V., Wagner, P., 2005: Spôsob spracovania údajov z meraní presnej inklinometrie pri monitoringu svahových pohybov. Mineralia Slovaca, 37, 563 ï 568
Grech, J., 2012: Sanácia havarijného zosuvu v obci Ruská Nová Ves, 1.etapa ï geologická a technická ļasŠ. Obecný úrad, Ruská Nová Ves, Geotrans Preġov, s.r.o., Preġov. Manuskript, archív Ġtátneho geologického ústavu D. Ġtúra, Bratislava, archív. ļ. 92020, 22 s.

Grech, J., Sláma, M., Laurenļík, J., Gomolļák, M., Miġove, P., 2014: Inġinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, ĻasŠl. Sanácia havarijného zosuvu v obci Niġná MyġĎa ï 2.etapa. In: Ġimeková, J., Ligļák, P., Ondrejka, P., Ģilka, A., Maġlárová, I., Petro, õ., Gonda, S., 2014: Inġinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MĢP SR, ĠGÚDĠ Bratislava. Manuskript, archív Ġtátneho geologického ústavu D. Ġtúra, Bratislava, s. 33.
Grman, D., Boszaková, M., Magdoġová, M., Ondrejka, J., Potanļok, L., Syļevová, M., Takáļ, P., Udiļ, P., DvoŚák, M., Ádámová, M., 2010: Inġinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v Koġickom kraji. MĢP SR, Bratislava, GEO Slovakia, s. r. o., Koġice. Manuscript ï Geofond, Bratislava, 22 s.
Hagara, R., Nagy, Z., Madaj, M., 2015: Meranie prieļnych deformaļných javov prekrytého profilu Handlovky a prítoku Nepomenovaného potoka. Meranie pohybov podloġia. Banské projekty, spol. s r. o., 126 s. Archív Oddelenia inġinierskej geológie ĠGÚDĠ, Bratislava
Havļo, J., Stercz, M., Polaġlinová, E., Spiġák, Z. a Kopecký, M., 2010: Inġinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. ĻasŠļ. 3 ĂInġinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okrese Bardejovñ. ZM UP SR, Bratislava, HAGEOS, s. r. o., Uhorská Ves. Manuscript ï Geofond, Bratislava, 44 s.
Ilkaniļ, A., Tupý, P., Jasovský, Z., 2014: Sanácia havarijných zosuvov v meste Handlová. Skupina dodávateČov ĂSanácia Prievidzañ, Prievidza, Envigeo, s. s. Banská Bystrica. In: Ondrejka, P., Ligļák, P., Ġimeková, J., 2014: Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza. MĢP SR, ĠGÚDĠ Bratislava. Manuskript, archív Ġtátneho geologického ústavu D. Ġtúra, Bratislava, s. 37.
JadroŕR, D., Mokrá, M., 1999: Handlová ï Kuneġovská cesta, havarijný zosuv. Záverečná správa. INGEO, a.s. Manuskript, 31 s., Ģilina
JadroŕR, D., Mokrá, M., 2001: Monitoring sanovaného zosuvu na ġtátnej ceste Bojnice ï Opatovce/Nitrou. In zborník referátov z 5. Slovenskej geotechnickej konferencie ĂOptimalizácia geotechnických ġtruktúrñ. Stav. fakulta STU, s. 61 ï 68, Bratislava
JadroŕR, D., Mokrá, M., Wagner, P., Fussgänger, E., 2001: Sanácia aktívneho zosuvu vo VeČkej Ļausi. In Geológia a ġivotné prostredie. Zborník referátov z 2. konferencie. Ed. A. Klukanová, P. Wagner. Bratislava: Vyd. D. Ġtúra, s. 29 ï 33.
JadroŕR, D., Wagner, P., Jelínek, R., 1998: Monitoring sanovaného zosuvu v Dolnej Miļinej. In Zb. referátov z 1. konf. "Geológia a ġivotné prostredie", Vyd. Dionýza Ġtúra, s. 83 ï 86, Bratislava

Jánová, V., Liščák, P., 2001: Súčasné metódy monitoringu procesov zvetrávania. In: Klukanová, A., Wagner, P. (ed.): Geológia a životné prostredie. Zbor. referátov z 2. konferencie. Vyd. ŠGÚDŠ, Bratislava, s. 136 – 140

Kaliňiak, M. (ed.), Baňacký, V., Jacko, S., Janočko, J., Karoli, S., Molnár, J., Petro, ō., 1991: Slanské vrchy a Košická kotlina, severná časť. Vyd. ŠGÚDŠ, Bratislava. http://mapserver.geology.sk/gm50/mapviewer.jsf?width=699&height=528

Kaliňiak et al., 1996: Baňacký, V., Janočko, J., Karoli, S., Petro, ō., Spišiak, Z., Vozár, J., Čverčec, B., 1996: Slanské vrchy a Košická kotlina, južná časť. GS SR, Bratislava http://mapserver.geology.sk/gm50/mapviewer.jsf?width=699&height=528

Kampes, B. M., 2006:Radar Interferometry: Persistent Scatterer Technique. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Laffférs, F., Ilkanič, A., Jasovská, A., Antolová, D., Kopecký, M., Ondrášik, M., 2012: Kapušany – sanácia havarijného zosuvu v obci – I. etapa, sanácia geologického prostredia. ENVIGEO, Banská Bystrica. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, archív. č. 91881, 40 s.

Lenková, M., 2011: Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory – 01 Zosuvy a iné svahové deformácie. Čiastková záverečná správa. INGEO-ighp, spol. s r. o., Žilina, 15 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava

Liščák P., Káčer Š., 2011: Developments in landslides inventory and registry in Slovakia. Proceedings of the Second World Landslide Forum – 3-7 October 2011, Rome.

Liščák, P., Ondrejka, P., Dananaj, I., Gregor, M., Slaninka, I., Brček, M., Melicherčík, J., 2011: Vinohrady nad Váhom časť Kamenica – inžinierskogeologický prieskum havarijného zosuvu v obci, orientačný IGP. MŽP SR, Bratislava, ŠGÚDŠ, Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, archív. č. 90333, 48 s.

Liščák, P., Ondrejka, P., Šimeková, J., Žilka, A., Pauditš, P., Kováčik, M., Balík, D., Fraštia, M., Kopecký, M., 2013: Monitoring pohybovej aktivity havarijného skalného zosuvu v obci Kraľovany, orientačný inžinierskogeologický prieskum. ZS, ŠGÚDŠ Bratislava, archív č. 93030.

Matula, M., Pašek, J., 1986: Regionálna inžinierska geológia ČSSR. Vyd. Alfa – SNTL, 295 s., Bratislava, Praha

Mello, J. (ed.), Filo, I., Havrila, M., Ivan, P., Ivanička, J., Madarás, J., Németh, Z., Polák, M., Pristaš, J., Vozár, J., Vozárová, A., Liščák, P., Kubeš, P., Scherer, S., Širáňová, Z., Szalaiová, V., Žáková, E., 2000: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského raja, Galmusu a Hornádskej kotliny v mierke 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Vyd. Dionýza Štúra, 303 s., Bratislava

Míka, R., Bolha, ō., 2000: Záverečná správa z podrobného inžinierskogeologického prieskumu „Slanec". Manuskript. Archív SPP, 15 s., Bratislava

Mokrá, M., Jadroň, D., Beracko, I., Zuberec, M., 2004: Handlová – pozorovací systém na stabilizačnom násype v údolí Handlovky. Záverečná správa. Archív INGEO – ighp, spol. s r.o. Manuskript, 92 s. a prílohy, Žilina

Nemčok, A., 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. Veda, Vyd. Slovenskej akadémie vied, 319 s., Bratislava

Ondrejka, P., Bakoň, M., Papčo, J., Liščák, P., Žilka, A., 2016: Monitoring aktivity zosuvného územia Prievidza-Hradec. Geotechnika, 1/16, s. 3 – 12.

Ondrejka, P., Wagner, P., Gróf, V., 2011: Využitie stacionárneho inklinometra na tvorbu systémov včasného varovania na zosuvoch. Geotechnika 1-2/2011, Čeněk a Ječek, Praha, s 19 – 23.

Ondrejka, P., Liščák, P., Šimeková, J., 2014: Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 37.

Otepka, J., Menzelová, O., Bohyník, J., Mesko, M., Čubríková, E., Roháčiková, A., Škripeková, ō., Novotný, P., Čellár, S., Abelovič, J., Čerňanský, J., Kúdeľa, P. a Bláha, P., 1983: Hlohovec – Serenč, prieskum a sanácia zosuvov. Orientačný inžinierskogeologický prieskum. IGHP Bratislava, SGÚ Bratislava. Manuskript, archív Geofondu, Štát. geol. úst. D. Štúra, Bratislava, č. správy 57522, 120 s.

Papčo, J., Bakoň, M., 2018: Monitoring svahových pohybov v lokalite Prievidza-Hradec technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 27 s. a prílohy.

Papčo, J., Bakoň, M., 2019: Monitoring svahových pohybov v lokalite Prievidza-Hradec technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 27 s. a prílohy.

Papčo, J., Bakoň, M., 2018: Monitoring svahových pohybov v lokalite Nižná Myšľa technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 23 s. a prílohy.

Papčo, J., Bakoň, M., 2019: Monitoring svahových pohybov v lokalite Nižná Myšľa technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 23 s. a prílohy.

Petro, ō., Bóna, J., Kováčik, M., Fussgänger, E., Antonická, B. & Imrich, P.: The Cave under the Spišská hill: Preliminary monitoring results of the block movements. Mineralia Slovaca, 43, 2, 2011, 121-128. ISSN 0369-2086

Petro, ō., Kováļik, M., Bóna, J., 2013: JaskyŕŠa pod Spiġskou ï pseudokras. In: Sborník abstraktŢ, exkurzní prŢvodce z konf. ĂSvahové deformace a pseudokras 2013ñ. Vyd. Svahovky, o.s.; CHKO Broumovsko a ÚSMH AV ĻR, 24-26.
Petro, ō., KoġŠák, B., Polaġlinová, E., Spiġák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybov v Slanských vrchoch. Miner. Slov., 31, s. 549 ï 554
Petro, ō., Liġlák, P., Ondrejka, P., 2012: Assessment of selected active landslides in Slovakia in 2011. Miner. Slov., 44/2, s. 131 ï 140.
Petro, ō., Spiġák, Z., Polaġlinová, E., 1984: Inġinierskogeologická mapa 1 : 10 000, oblasŠ Solivar. Manuskript, archív ĠGÚDĠ Košice, 1 ï 189.
Petro, ō, Stercz, M., 1998: Inġinierskogeologické posúdenie lokality Fintice. Manuskript, 7 s., GS SR, Regionálne centrum, Košice
Petro, ō., Wagner, P., Polaġlinová, E., 2001: Výsledky dlhodobého monitoringu prúdového zosuvu pri Finticiach. In zb. referátov z 2. konf. "Geológia a ġivotné prostredie", Vyd. Dionýza Ġtúra, s. 131 ï 135, Bratislava
Petro, ō., Vļko, J., Ondrášik, R., Polaġlinová, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. Engineering Geology, 74, s. 103 ï 112
Polák, M. (edit), Plaġienka, D., Kohút, M., Putiġ, M., Bezák, V., Maglay, J., Olġavský, M., Havrila, m., Buļek, S., Eleļko, m., Fordinál, K., Nagy, A., Hraġko, ō., Németh, Z. Malík, P., Liġlák, P., Madarás, J., Slavkay, M., Kubeġ, P., Kuchariļ, ō., Boorová, D., Zlinská, A., ÀSiráŕová, Z., Ģecová K., 2012: Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Malé Karpaty 1 : 50 000. Bratislava, Ġt. Geol. Úst. D. Ġtúra, 7-287
Sláma, M., Gomolļák, M., KomoŕŠ, J., Turovský, F., Tunega, O., Miġove, P., Baļo, J., VrábĎová, K., Pastierik, S., 2012: Niġná MyġČa ï sanácia havarijného zosuvu ï I. etapa, sanácia geologického prostredia, odborný geologický dohČad. Geokontakt, Košice. Manuskript, archív Ġtátneho geologického ústavu D. Ġtúra, Bratislava, archív. ļ. 94530, 57 s.
Ġimeková, J., Martinļeková, T. (Eds.), Abrahám, P., Baliak, F., Caudt, L., Gejdoġ, T., Grenļíková, A., Grman, D., Hraġna, M., JadroŕŠ, D., Kopecký, M., Kotrļová, E., Liġlák, P., Malgot, J., Masný, M., Mokrá, M., Petro, ō., Polaġlinová, E., Rusnák, M., Sluka, V., Solļiansky, R., Wanieková, D., Záthurecký, A., Ģabková, E., 2006. Atlas máp stability svahov Slovenskej republiky 1 : 50 000. Vyd. MĢP SR Bratislava, INGEO-ighp, s. r.o., Ģilina
Ġimon, L. (ed.), Eleļko, M., Lexa, J., Kohút, M., Halouzka, R., Gross, P., Pristaġ, J., Koneļný, V., Mello, J., Polák, M., Vozárová, A., Vozár, J., Havrila, M., Köhlerová, M., Stolár, M., Jánová, V., Marcin, D., Szalaiová, V., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Vtáļnika a Hornonitrianskej kotliny 1 : 50 000. GS SR, Vyd. Dionýza Ġtúra, 281 s., Bratislava
Tometz, L., BliġŠan, P., Harabinová, S., Leġġo, J., Nyárhidy, J., Turovský, F., 2010: Niġná MyġČa ï havarijný zosuv, inġinierskogeologický prieskum. Manuskript Geofond, Bratislava, 59 s.
Tupý, P., Ilkaniļ, A., Bvoc, T., Kopecký, M., Gomolļák, M., Sláma, M., 2010a: Inġinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. ĻasŠļ. 1 ï ĂInġinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okrese Preġovñ. MĢP SR, Bratislava, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica. Manuscript ï Geofond, Bratislava, 111 s.
Tupý, P., Ilkaniļ, A., Gomolļák, M., Scherer, S., Bvoc, T., 2010b: Inġinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. ĻasŠļ. 4 ï ĂInġinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okresoch Sabinov a Stropkovñ. MĢP SR, Bratislava, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica. Manuscript ï Geofond, Bratislava
Tupý, P., Ilkaniļ, A., Masiar, R., Miġuth, K., 2014: Sanácia havarijných zosuvov v Hradci a vo veČkej Lehôtke (ļasŠ I.). Skupina dodávateĎov ĂSanácia Prievidzañ, TMG, a. s. Prievidza, Envigeo, s. s. Banská Bystrica. In: Ondrejka, P., Liġlák, P., Ġimeková, J., 2014: Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza. MĢP SR, ĠGÚDĠ Bratislava. Manuskript, archív Ġtátneho geologického ústavu D. Ġtúra, Bratislava, s. 37.
Vybíral., V., Wagner, P., 2002: Interpretácia výsledkov meraní poČa PEE pri monitorovaní svahových deformácií. In: Klukanová, A., Hraġna, M. (ed.): Geológia a ġivotné prostredie. Zbor. referátov z 3. konferencie. ĠGÚDĠ, Vyd. Dionýza Ġtúra, Bratislava, 31 ï 34
Vybíral, V., 2011: Meranie poČa PEE podpovrchovou metódou vo vrtoch. Sensor, spol. s r. o., Bratislava, 10 s. a prílohy. Archív Oddelenia inġinierskej geológie ĠGÚDĠ, Bratislava
Vybíral, V., 2012: Meranie poČa PEE podpovrchovou metódou vo vrtoch. Sensor, spol. s r. o., Bratislava, 10 s. a prílohy. Archív Oddelenia inġinierskej geológie ĠGÚDĠ, Bratislava
Wagner, P., Iglárová, ō., Petro, ō., Scherer, S., 2002: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií. Geol. práce, Spr., 106, 21 ï 42
Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, ō., Fraġtia, M., 2010: Aktuálne trendy v monitorovaní svahových pohybov. Mineralia Slovaca, roļ. 42, ļ. 2.
Wagner, P., Ondrejka, P., Balík, D., Ģilka, A., 2012: Hodnotenie výsledkov monitorovacích meraní na zosuvoch. Mineralia Slovaca, 44/2, s. 141 ï 148.

Ģabková, E., Záthurecký, A., Ģilka, A., Kotrļová, E., Lenková, M., Méry, V., Frliļková, M., Kováļik, J., 2010: Inģinierskogeologický prieskum vybraných havarijných zosuvov Slovenska, ļasŠ ļ. 6. MĢP SR, Bratislava, INGEO-ighp, s.r.o., Ģilina. Manuscript ï Geofond, Bratislava, 38 s.