MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY
Sekcia geológie a prírodných zdrojov

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA
Bratislava

Podsystém 01 Zosuvy a iné svahové deformácie

Správa za rok 2017

Názov geologickej úlohy:	**Čiastkový monitorovací systém − Geologické faktory**
Číslo geologickej úlohy:	**207**
Zodpovedný riešiteľ geologickej úlohy:	**RNDr. Pavel Liščák, CSc.**
Zodpovedný riešiteľ podsystému:	**Mgr. Peter Ondrejka, PhD.**
Spoluriešitelia**:**	**Ing. Ľubomír Petro, CSc., RNDr. Ľubica Iglárová, RNDr. Pavel Liščák,, CSc ., Mgr. Ivan Dananaj, PhD., Mgr. Eduard Mašlár, Mgr. Ingrid Mašlárová, Mgr. Barbora Ondrášiková, Daniela Magalová, Mgr. Peter Ondrus, doc. RNDr. Peter Wagner, CSc.**
Zástupca zhotoviteľa:	**RNDr. Pavel Liščák, CSc.**
Štatutárny zástupca:	**Ing. Branislav Žec, CSc.** generálny riaditeľ ŠGÚDŠ

Bratislava november 2018

OBSAH

1. ZOSUVY a INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE 4
1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete 4
1.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia 10
1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov 17
1.4. Výsledky monitorovania 19
1.4.1. Lokalita Nižná Myšľa 20
1.4.2. Lokalita Kapušany 52
1.4.3. Lokalita Veľká Čausa 67
1.4.4. Lokalita Prievidza-Hradec 87
1.4.5. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka 102
1.4.6. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko 114
1.4.7. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta 134
1.4.8. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960 144
1.4.9. Lokalita Fintice 148
1.4.10. Lokalita Svätý Anton 160
1.4.11. Lokalita Hodruša-Hámre 165
1.4.12. Lokalita Slanec-TP 171
1.4.13. Lokalita Dolná Mičiná 179
1.4.14. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrkou 184
1.4.15. Lokalita Okoličné 194
1.4.16. Lokalita Červený Kameň 202
1.4.17. Lokalita Ďačov 208
1.4.18. Lokalita Bardejovská Zábava 216
1.4.19. Lokalita Prešov-Horárska ul. 224
1.4.20. Lokalita Čirč 233
1.4.21. Lokalita Žilina-Vranie 239
1.4.22. Lokalita Vyšná Hutka 242
1.4.23. Lokalita Varhaňovce 253
1.4.24. Lokalita Vyšný Čaj 257
1.4.25. Lokalita Nižná Hutka 265
1.4.26. Lokalita Ruská Nová Ves 274
1.4.27. Lokalita Košice-Krásna 280
1.4.28. Lokalita Šenkvice 284

1.4.29. Lokalita Petrovany 293
1.4.30. Lokalita Kraľovany 298
1.4.31. Lokalita Veľká Izra 309
1.4.32. Lokalita Sokol 312
1.4.33. Lokalita Košický Klečenov 315
1.4.34. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou 319
1.4.35. Lokalita Banská Štiavnica 322
1.4.36. Lokalita Handlová-Baňa 326
1.4.37. Lokalita Demjata 329
1.4.38. Lokalita Starina 335
1.4.39. Lokalita Slovenský raj-Pod večným dažďom 338
1.4.40. Lokalita Jakub 342
1.4.41. Lokalita Bratislava-Železná studnička 345
1.4.42. Lokalita Pezinská Baba 348
1.4.43. Lokalita Stabilizačný násyp Handlová 351
2. ZÁVER 358
LITERATÚRA 366

1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

V rámci subsystému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za roky 2016 a 2017 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 2017 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.

V roku 2017 boli v súbore monitorovaných zosuvov prerušené merania na lokalitách: Žilina-Vranie a Košice-Krásna. 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 Žilina-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. 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., 2017).

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 skutočnosť, že vývoj každého monitorovaného svahového pohybu primárne ovplyvňuje geologická stavba prostredia, v ktorom sa nachádza (a ktorá nemusí dostatočne vystihovať charakter danej oblasti podľa regionálneho inžinierskogeologického členenia), vytvorilo sa niekoľko účelovo zjednodušených 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 flyšového charakteru (striedanie pieskovcov a ílovcov prevažne paleogénneho veku);
- Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku.

V roku 2017 mierne prevládali zosuvy, ktoré vznikli v horninovom prostredí flyšového charakteru.

Okrem takéhoto účelového zjednodušenia geologickej stavby je nevyhnutné pri výbere reprezentatívnych lokalít zohľadniť ich aktuálnu celospoločenskú dôležitosť, ako aj stav monitorovacej siete. Uvedené skutočnosti podmieňujú rozsah aplikovaných monitorovacích metód, ako aj frekvenciu meraní. Na základe celospoločenskej dôležitosti boli lokality rozdelené do troch skupín významnosti:

- ***Lokality veľmi významné*** – stupeň dôležitosti III (ide o svahové poruchy, ktoré aktuálne ohrozujú významné objekty technosféry, prejavy ich aktivity boli zaznamenané v nedávnej minulosti a existujúca monitorovacia sieť umožňuje aplikovať širší súbor monitorovacích meraní s dostatočnou frekvenciou);
- ***Lokality významné*** – stupeň dôležitosti II (predstavujú svahové poruchy čiastočne stabilizované alebo nachádzajúce sa mimo významných objektov technosféry s monitorovacou sieťou, umožňujúcou vykonávať iba niektoré zo základného sortimentu monitorovacích meraní);
- ***Lokality menej významné*** – stupeň dôležitosti I (ide o svahové poruchy, ktoré sú stabilizované a ich význam je z celospoločenského hľadiska v súčasnosti nižší, nemožno však vylúčiť ich opätovnú aktivizáciu v súvislosti s rôznymi činnosťami – napr. výstavbou nových objektov). Monitoring na týchto lokalitách má prevažne udržiavací charakter; v prípade potreby sa môže jeho rozsah i frekvencia zvýšiť a lokality môžu byť preradené do vyššej kategórie významnosti.

Zoradenie jednotlivých monitorovaných lokalít (stav z roku 2017) na základe regionálneho inžinierskogeologického členenia Západných Karpát a podľa typu svahových pohybov je v tab. 1.1. Zoradenie lokalít podľa zjednodušených typových modelov horninového prostredia a celospoločenskej významnosti pozorovaných svahových porúch je v tab. 1.2 a ich situovanie je na obr. 1.1.

Vzhľadom na rozdielnosť monitorovacích metód, aplikovaných pre rôzne typy svahových deformácií, je práve typ svahovej poruchy primárnym kritériom členenia súboru lokalít. Rozmanitosť charakteru svahových pohybov v rôznych geologických prostrediach podmieňuje druhú úroveň členenia súboru hodnotených lokalít. Konečným kritériom je rozdelenie lokalít podľa celospoločenskej významnosti. Poradie reprezentatívnych lokalít, uvedené v tab. 1.2, zodpovedá postupnosti ich opisu v podkapitole 1.4.

Okrem napĺňania základných cieľov čiastkového monitorovacieho systému sa snažíme o optimalizáciu monitorovacích aktivít na základe kvalitatívnych vlastností monitorovacích objektov. Pre tento účel realizujeme analýzy, zamerané na verifikáciu spoľahlivosti

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	- Kraľovany			
	Oblasť jadrových stredohorí			- Bratislava Železná Studnička - Jakub - Pezinská Baba - Slovenský raj (Pod večným dažďom)	
Región karpatského flyša	Oblasť flyšových hornatín		- Jaskyňa pod Spišskou		
	Oblasť flyšových vrchovín	- Bardejovská Zábava - Čirč - Ďačov - Fintice* - Prešov-Horárska ulica - Prešov-Pod Wilec Hôrkou* - Žilina-Vranie - Červený Kameň		- Demjata - Starina	

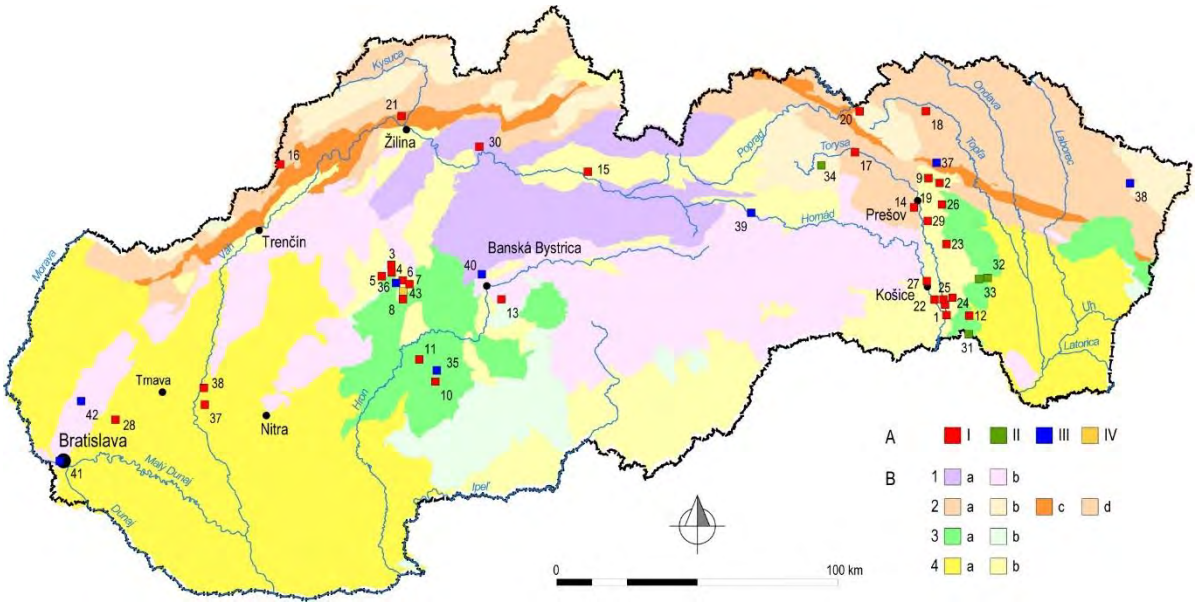
Pokračovanie tab. 1.1.

Región neovulkanitov		Oblasť vulkanických hornatín	- Handlová (1960)* - 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-Morovnianske sídlisko - Košice-Krásna - Nižná Hutka - Nižná Myšľa - Okoličné - Petrovany - Ruská N. Ves* - Varhaňovce* - Veľká Čausa* - Vyšná Hutka - Vyšný Čaj			- Handlová (Stabilizačný násyp)
		Oblasť vnútrokarpatských nížin	- Šenkvice			

** Svahový pohyb sa nachádza na hraniciach inžinierskogeologických celkov*

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

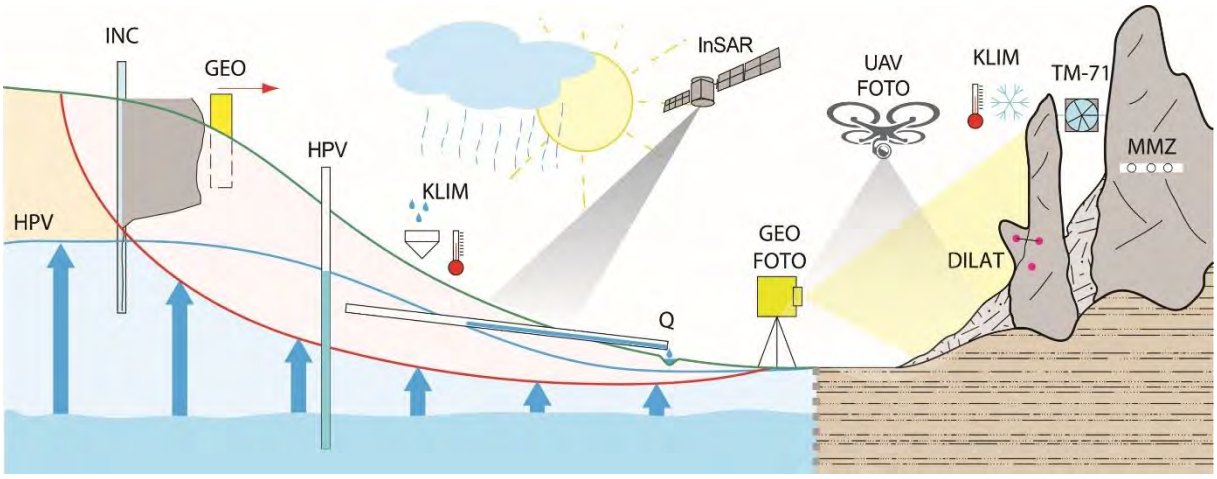
Typ svahového pohybu	Geologická stavba	Celospoločenská dôležitosť	Lokality
Zosúvanie	Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi	Veľmi významná	1. Nižná Myšľa 2. Kapušany 3. Veľká Čausa 4. Prievidza-Hradec 5. Prievidza-V. Lehôtka 6. Handlová-Morovnianske sídlisko 7. Handlová-Kunešovská cesta 8. Handlová – 1960 9. Fintice 10. Svätý Anton 11. Hodruša-Hámre
		Významná	12. Slanec-TP 13. Dolná Mičiná
	Sedimenty flyšového charakteru	Veľmi významná	14. Prešov-Pod Wilec Hôrkou 15. Okoličné 16. Červený Kameň 17. Ďačov 18. Bardejovská Zábava
		Významná	19. Prešov-Horárska ul. 20. Čirč 21. Žilina-Vranie
	Neogénne sedimenty	Veľmi významná	22. Vyšná Hutka 23. Varhaňovce 24. Vyšný Čaj 25. Nižná Hutka 26. Ruská Nová Ves 27. Košice-Krásna
		Významná	28. Šenkvice 29. Petrovany
	Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku	Veľmi významná	30. Kraľovany
Plazenie	Neogénne vulkanity	Významná	31. Veľká Izra 32. Sokoľ 33. Košický Klečenov
	Sedimenty flyš. char.	Významná	34. Jaskyňa p. Spišskou
Rútenie	Neogénne vulkanity	Významná	35. Banská Štiavnica
		Menej významná	36. Handlová-Baňa
	Sedimenty flyšového charakteru	Významná	37. Demjata
		Menej významná	38. Starina
	Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku	Významná	39. Slovenský raj-Pod večným dažďom
		Menej významná	40. Jakub 41. Bratislava-Železná st. 42. Pezinská Baba
Iné: Stabilita vodohospodárskeho diela	Antropogénne sedimenty na kvartérnych a paleogén. horninách	Veľmi významná	43. Handlová-Stabilizačný násyp



Obr. 1.1. Rozmiestnenie monitorovaných lokalít svahových deformácií na území SR (čísla 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 (Hrašna 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 nížin, 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 „01 – 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.

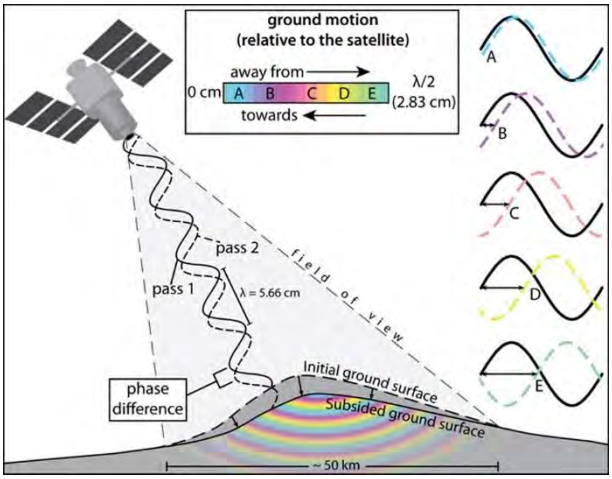
Pre získanie informácií z výrazne väčším počtom bodov, pri tvorbe ortofoto pohľadov atď., sú využívané *fotogrametrické metódy*. Viac informácií o tejto metodike uvádzame v časti venovanej rúteniu.

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 začali 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. 1.3. Princíp družicovej radarovej interferometrie (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 plošné 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 „vytlačila“ 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 – šmykovým plochám, ktoré treba určiť s vysokou presnosťou ešte pred inštaláciou zariadenia. Úspešne bola táto metóda v rokoch 2009 – 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 – v prípade dlhšieho časového radu meraní možno odvodiť trendy vývoja napätostného stavu svahu a do určitej miery prognózovať ďalší vývoj jeho stability.

I keď obe používané metódy – *povrchových reziduálnych napätí* (Fussgänger a Jadroň, 1977) a *poľa pulzných elektromagnetických emisií* (PEE – Vybíral a Wagner, 2002) – boli pri riešení úlohy ČMS – 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	– Geodetické – terestrické – Geodetické – GNSS – Fotogrametrické (laserové skenovanie terestrické, letecká a pozemná fotogrametria) – Radarová interferometria (InSAR)
	b/ Deformácie	– Presná inklinometria (prenosným a stacionárnym inklinometrom)
	c/ Napätostný stav	– Merania poľa pulzných elektromagnetických emisií (PEE; do roku 2014)
	d/ Zosuvotvorné faktory (režimové pozorovania)	– Merania hĺbky hladiny podzemnej vody a jej teploty (vykonávané pozorovateľmi, resp. automatickými hladinomermi) – Meranie pórových tlakov – Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení – Merania zrážkových úhrnov – Meranie teploty vzduchu
Rútenie	a/ Posuny	– Dilatometrické (tyčovým meradlom Somet a meradlom posunov) – Fotogrametrické (metóda stereofotogrametrie, metóda časovej základnice, konvergentná fotogrametria, terestrické laserové a optické skenovanie)
	b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu	– Merania zrážkových úhrnov – Záznam počtu mrazových dní
	c/ Zmeny morfológie skalnej steny	– Merania mikromorfologických zmien povrchu horniny
Plazenie	a/ Posuny	– Dilatometrické (opticko-mechanickým dilatometrom TM-71)
	b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu	– Merania zrážkových úhrnov

Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení vo všetkých prípadoch vykonávajú pozorovatelia. Na vybraných lokalitách možno v budúcnosti uvažovať tiež s inštaláciou kontinuálnych meracích zariadení – 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 (ako napr. lokalita Veľká Čausa).

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, keď 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 priečnych 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 špecifičnosť 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 znižovaniu počtu funkčných monitorovacích objektov (inklinometrické vrty v aktívnych častiach 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 2016, zaužívala nasledujúca frekvencia zberu údajov z lokalít svahových pohybov:

a/ Merania na zosuvoch

- Geodetické terestrické merania sa vykonávajú na lokalitách Veľká Čausa a Kraľovany. 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 Čausa 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 Čausa.

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 – 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 2015 a 2016 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 všetkých monitorovaných lokalít, vrátane geologickej situácie sa nachádza v správach z predchádzajúcich rokov, z ktorých niektoré boli i v publikovaných článkoch (napr. Wagner et al., 2002, Petro et al., 2011). Primárne informácie o svahových poruchách sú však v správach z prieskumov a sanácií. Z tohto dôvodu sa pri opise jednotlivých lokalít sústreďujeme najmä na opis výsledkov monitorovania z roku 2017 a na porovnanie uvádzame i výsledky meraní z roku 2016.

Štruktúra opisu jednotlivých monitorovaných lokalít je nasledujúca:

- Stručná charakteristika lokality (v snahe redukovať obsah správy sa na dlhodobo hodnotených lokalitách uvádzajú iba základné informácie o monitorovanej svahovej poruche; podrobnejšie charakteristiky sú uvedené v správach z predošlého riešenia úlohy – napr. Ondrejka et al., 2011, 2012, 2013, 2014 a 2015);
- Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017 zhrnutý v tabuľke;
- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2016 a 2017. 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 2017, alebo – pri niektorých typoch meraní – do momentu posledného merania, uskutočneného v roku 2017;
- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za dlhšie obdobie, vyjadrené vo vývojových grafoch zmien pozorovaných ukazovateľov. Vývojové grafy podávajú informáciu vždy za posledných 10 rokov, v prípade že je sledovaný parameter hodnotený kratšie obdobie, uvádzajú sa len výsledky za monitorované obdobie;
- Zhrnutie výsledkov a upozornenia. Spracované sú najdôležitejšie poznatky z monitorovania, praktické upozornenia a návrh ďalšieho 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 (inklinometrické a piezometrické vrty). 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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Nižná Myšľa, sú zhrnuté v tab. 4.1.1.

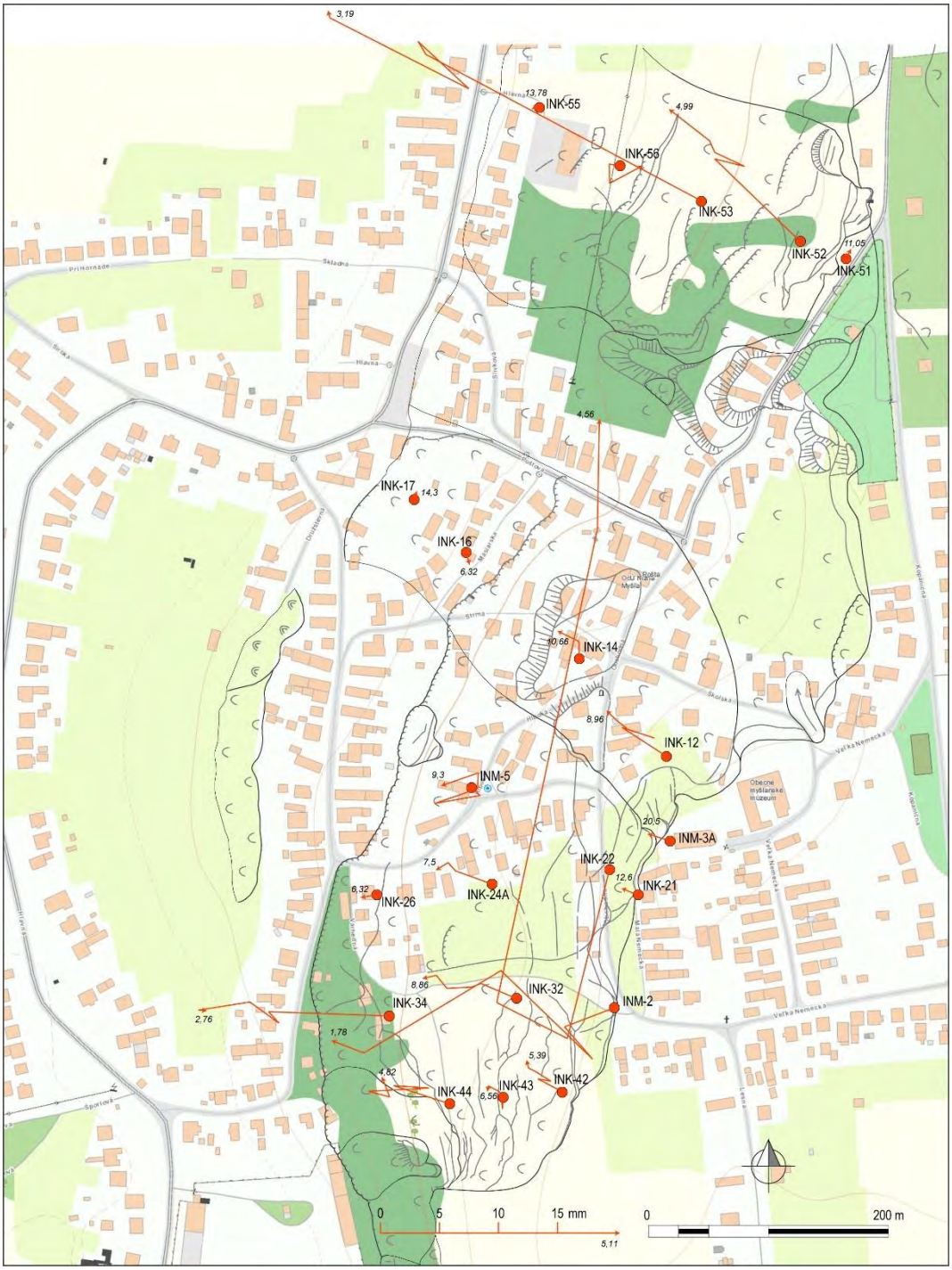
Tab. 4.1.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Nižná Myšľa v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	21 *(2016)* 16 *(2017)*	INK-12, 14, 16, 17, 21, 22, 24A, 26, 32, 34, 42, 43, 44, 51, 52, 53, 55, 56, INM-2, 3A, 5	1 – 3 *(28. apríl, 19. júl, 10. november, 21. november)*	2 *(19. apríl, 20. apríl, 25. apríl, 8. november, 9. november)*
Radarová interferometria (InSAR)	390 359	Prirodzené odrážače (body): dráha č. 102: 1 – 390 dráha č. 153: 1 – 359	dráha č. 102: 25 snímok dráha č. 153: 27 snímok *(január – december)*	dráha č. 102: 61 snímok dráha č. 153: 50 snímok *(január – december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	68	J-1, JC-1 až 5, JJ-1, 2 a 4, JK-1, 3, 4 a 6, JS-1, 2, 2A, 3, 4 a 4A, JV-11, 12, 15, 16, 18, 22, 23, JV-23A, 25, 25A, 26, 27, 31, 33, 34, 35, 41, 42, 43, 44, 45, 51, 52, 53, 53A, 54A a 55, P-1, 3, až 6, PŠ-3, PZ-1, 1A, 2, 2A, 4, 5, 5A, 6 až 12, ŠS-1 a 2	34 až 44 *(cca 1x za týždeň)*	prevažne 43 *(cca 1x za týždeň)*
	4	JV-17, JV-14, JV-22, JV-54 – automatické hladinomery	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	34	HNM-1, až 3, SHV-11 až 15, SHV-21 až 23, 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	35 až 45 *(cca 1x za týždeň)*	37 až 43 *(cca 1x za týždeň)*
Meranie zrážkových úhrnov	3	Stanice SHMÚ: Čaňa (indikatív 60140) Vyšný Čaj (indikatív 60100)	*Denné úhrny zrážok*	

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,



Obr. 4.1.1. Lokalita Nižná Myšľa – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (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®.

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 (obr. 4.1.1). Údaje, získané v rokoch 2016 a 2017, sú spracované v tab. 4.1.2 a informácie o deformačných pomeroch v jednotlivých vrtoch sú uvedené v obr. 1.4.2a – 1.4.2f.

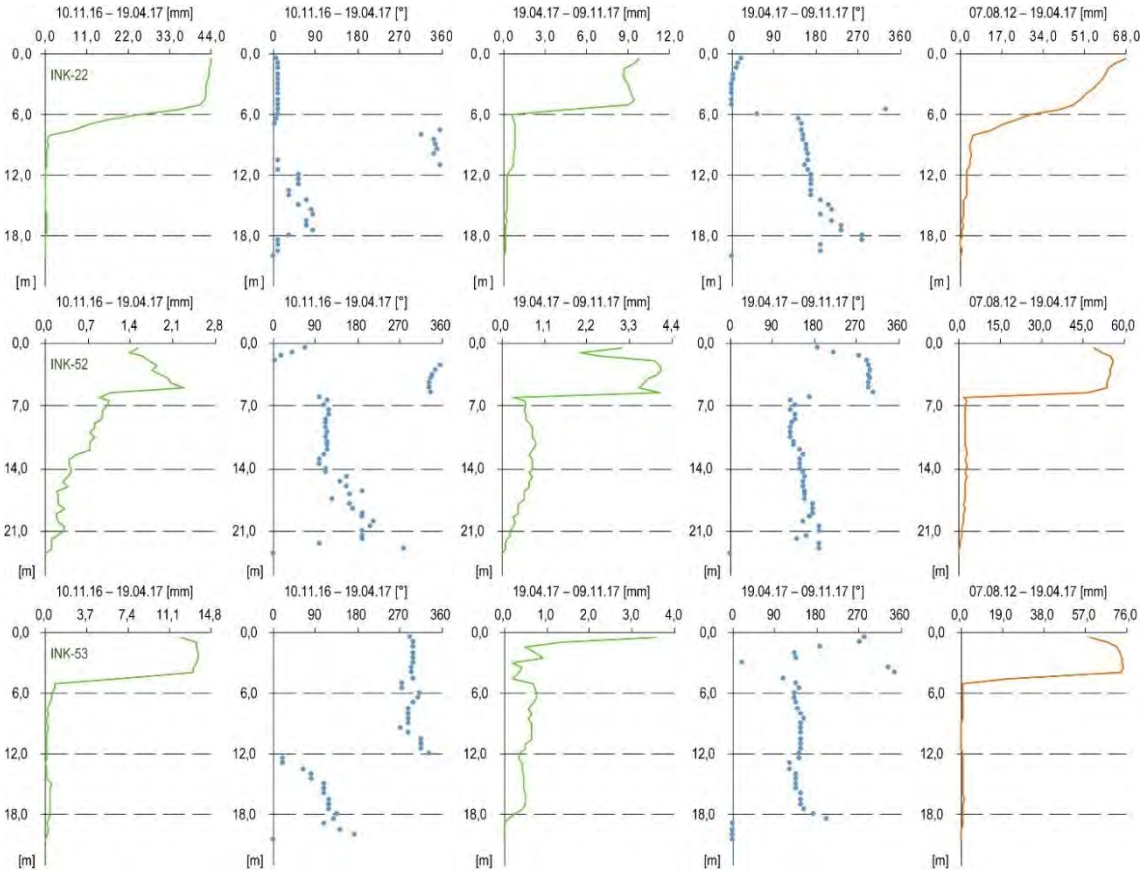
Tab. 4.1.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Nižná Myšľa v rokoch 2016 a 2017

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	27. 10. 15 – 28. 4. 16			28. 4. 16 – 19. 7. 16			19. 7. 16 – 10. 11. 16			19. 7. 16 – 21. 11. 16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-12	8,96	16,15	4,50	303	13,49	2,86	108	15,67	2,35	288			
INK-12	13,96	1,08	1,33	313	0,36	1,43	95	0,41	0,45	327			
INK-14	10,66				17,45	1,42[6]	359[1]				19,19	1,75[2]	296[2]
INK-16	6,32										0,70	0,89[3]	167[3]
INK-17	14,30										1,14	0,45[3]	23[3]
INK-21	12,60							1,60	1,21[4]	294[4]			
INK-21	15,10							0,95	1,20[4]	312[4]			
INK-22	4,56	27,61	14,74	194				33,25	6,71[5]	297[5]			
INK-24A	7,50							4,25	3,29[6]	290[6]			
INK-24A	17,00							1,84	0,41[6]	194[6]			
INK-26	6,32										8,60	1,10[7]	260[7]
INK-26	16,32										1,30	1,08[7]	12[7]
INK-32	8,86	35,83	3,27	293	36,49	0,85	249	38,47	2,10	267			
INK-32	16,36	1,43	0,28	315	1,06	0,51	191	0,76	0,50	180			
INK-34	2,76	53,41	10,24	272	52,46	1,30	138	55,04	3,04	306			
INK-42	5,39	19,19	2,37	298	18,15	1,12	100	19,67	1,53	302			
INK-42	8,39	5,40	1,30	293	4,20	1,22	99	5,10	0,92	283			
INK-42	13,39	0,91	1,08	304	0,50	0,67	117	0,92	0,42	225			
INK-43	6,56	15,39	1,00	184	15,70	0,82	356	16,10	0,67	343			
INK-44	4,82	25,31	4,96	288	22,33	2,98	94	27,39	5,14	267			
INK-44	12,82	0,41	1,17	291	2,02	2,42	110	0,89	1,33	273			
INK-51	11,05							0,94	0,67[9]	27[9]			
INK-52	4,99	45,57	10,07	314	43,16	2,61	104	45,88	2,79	295			
INK-52	19,49	1,56	1,57	307	1,65	1,58	118	1,75	0,51	89			
INK-53	3,19	64,39	26,46	298	65,45	1,28	329	59,90	5,87	133			
INK-53	10,19	0,51	0,32	2	1,50	1,36	3	0,36	1,14	162			
INK-55	3,78	3,40	2,16	288				1,96	1,55[5]	80[5]			
INK-55	13,78	1,53	0,30	5				1,90	0,50[5]	238[5]			
INK-56					2,60	0,90[8]	280[8]	2,18	1,63	179			
INK-56					0,42	0,22[8]	163[8]	1,10	1,43	178			
INM-2	1,78	36,30	4,53[9]	249[9]	33,57	3,62	139	42,59	10,79	314			
INM-3A	20,50							1,61	1,71[4]	287[4]			
INM-5	9,30	11,51	1,02	131	7,88	3,91	260	11,60	3,83	71			

CD – Celková def. od nultého merania (5. 12. 11 – vrty: INM-2, 5; 7. 8. 12 – vrty: INK-12, 14, 16, 17, 21, 22, 26, 32, 34, 42, 43, 44, 51; 8. 8. 12 – vrty: INK-52, 53, 55; 6. 5.14 – vrt INM-3A; 28. 4. 15 – vrt INK-56); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 27. 10. 15 – 19. 7. 16; [2] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 19. 7. 16 – 21. 11. 16; [3] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 27. 10. 15 – 21. 11. 16; [4] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 27. 10. 15 – 10. 11. 16; [5] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 28. 4. 16 – 10. 11. 16; [6] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 29. 7. 15 – 10. 11. 16; [7] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 29. 7. 15 – 21. 11. 16; [8] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 10. 12. 15 – 19. 7. 16; [9] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 29. 7. 15 – 28. 4. 16.

V roku 2016 pracovníci oddelenia inžinierskej geológie zabezpečovali merania v 22 inklinometrických vrtoch. Merania boli zabezpečené prevažne v troch etapách – jar (13 monitorovaných vrtov), leto (12 monitorovaných vrtov), jeseň (22 monitorovaných vrtov). Najvyššia pohybová aktivita, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, pretrvávala v oblasti nad základnou školou. Vo vrte INK-53, ktorý leží na svahu za školou, bola počas jarného merania zaznamenaná deformácia 26,46 mm (v hĺbke 3,19 m pod terénom), čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 52,49 mm.rok^{-1}. Počas jarnej etapy boli vysoké deformácie namerané aj vo vrtoch INK-52 a INK-22. Vo vrte INK-52 bola v hĺbke 4,99 m pod terénom nameraná deformácia 10,07 mm (19,97 mm.rok^{-1}). Tento vrt sa nachádza cca 100 m

východným smerom od vrtu INK-53. Vo vrte INK-22, ktorý je situovaný v strednej časti obce v oblasti odlučnej hrany, približne 60 m západne od kostola, došlo v hĺbke 4,56 m pod terénom k deformácii 14,74 mm (29,24 mm.rok^{-1}). Orientácia nameraných vektorov mala prevažne severozápadný až severný smer, avšak vo vrte INK-22 bol vektor orientovaný na juhozápad. Prakticky rovnaký charakter pohybovej aktivity bol zaznamenaný aj vo vrte INK-34, ktorý je situovaný v južnej časti ulice Varhedná. V tomto vrte bola v hĺbke 2,76 m pod terénom nameraná deformácia 10,24 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 20,31 mm.rok^{-1}.



Obr. 4.1.2a. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Zvýšené hodnoty pohybovej aktivity, počas aprílového termínu merania, boli sledované i vo vrtoch INK-44 (4,96 mm; 9,85 mm.rok^{-1}), INM-2 (4,53 mm; 6,03 mm.rok^{-1}) a INK-12 (4,50 mm; 8,94 mm.rok^{-1}). Zaznamenané deformácie mali azimuty v rozsahu od juhozápadu po severozápad, teda v predpokladanom smere gravitačného pohybu telesa zosuvu. Za zmienku stojí i deformácia vo vrte INK-32 (3,27 mm; 6,49 mm.rok^{-1}), nameraná v hĺbke 8,86 m pod terénom. Najmenšie vektory, v čase jarnej etapy, boli namerané vo vrtoch INK-55, INK-43, INM-5 a INK-42. Ani v jednom z uvedených príkladov nameraná deformácia nepresiahla 2,4 mm.

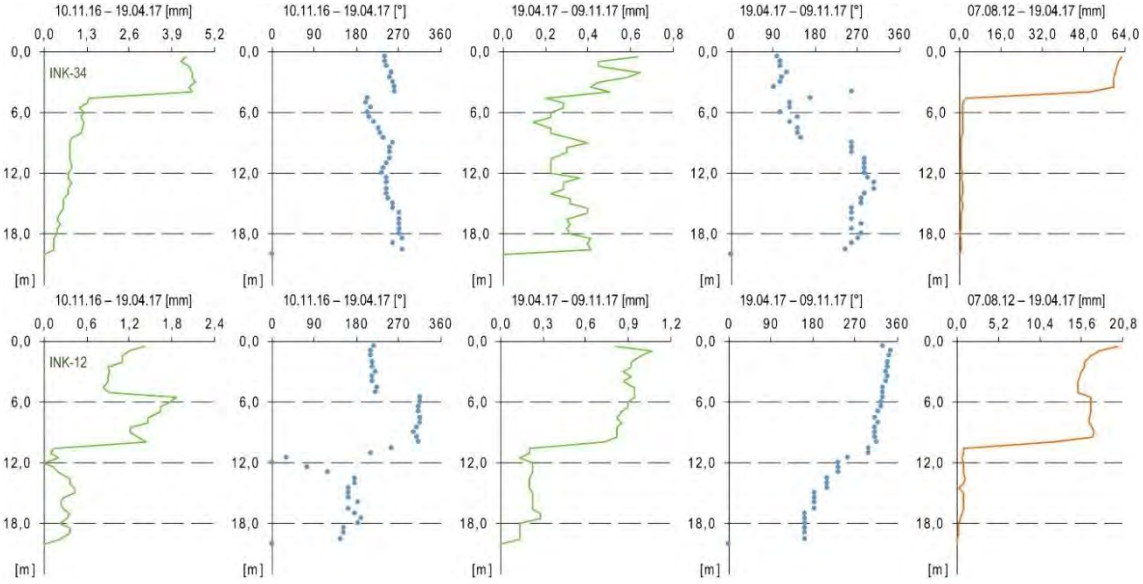
V roku 2017 sa merania zabezpečovali v 13 vrtoch (INK-12, 22, 24A, 32, 34, 42, 43, 44, 52, 53, 56, INM-2 a 5) v druhej polovici apríla (namerané vektory charakterizujú pohybovú aktivitu za posledných päť mesiacov) a v prvej polovici novembra. Počas jarnej etapy bola mimoriadne vysoká pohybová aktivita nameraná vo vrte INK-22 (obr. 4.1.1 a 4.1.2a). 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 (obr. 4.1.2c) a vektor nameraný vo vrte INK-53 na severozápad (obr. 4.1.2a). Vrt INM-2 je situovaný v južnej časti obchodnej ulice a vrt INK-53 sa nachádza nad základnou školou.

Pokračovanie Tab. 4.1.2

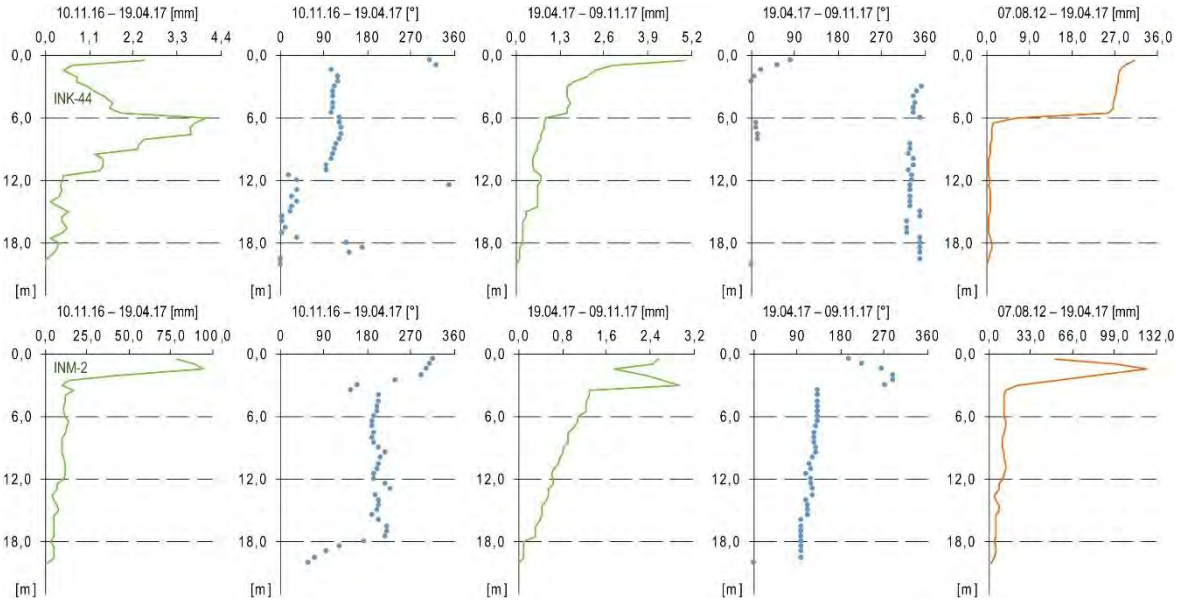
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	10. 11. 16 – 19. – 25. 4. 17			19. – 25. 4. 17 – 9. 11. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-12	8,96	16,98	1,32	309	0,82	0,82	314
INK-12	13,96	0,22	0,42	165	0,20	0,20	210
INK-22	4,56	46,15	41,02	12	9,01	9,01[10]	1[10]
INK-24A	7,50	5,11	0,92	319	0,94	0,94[10]	238[10]
INK-24A	17,00	1,56	0,41	284	0,28	0,28[10]	225[10]
INK-32	8,86	39,66	1,42	321	0,92	0,92[11]	257[11]
INK-32	16,36	1,41	0,76	337	1,14	1,14[11]	128[11]
INK-34	2,76	59,32	4,40	261	0,41	0,41[11]	94[11]
INK-42	5,39	20,34	0,67	297	0,41	0,41[11]	346[11]
INK-42	8,39	5,21	0,14	315	0,32	0,32[11]	108[11]
INK-42	13,39	1,22	0,40	270	0,22	0,22[11]	117[11]
INK-43	6,56	17,14	1,04	297	0,10	0,10[11]	190[11]
INK-44	4,82	25,54	1,88	105	1,53	1,53[11]	339[11]
INK-44	12,82	0,78	0,36	24	0,63	0,63[11]	332[11]
INK-52	4,99	46,83	1,08	336	4,07	4,07[12]	308[12]
INK-52	19,49	1,88	0,22	217	0,36	0,36[12]	156[12]
INK-53	3,19	73,07	13,20	297	0,36	0,36[12]	346[12]
INK-53	10,19	0,57	0,22	317	0,50	0,50[12]	147[12]
INK-56		1,22	2,92	62			
INK-56		1,20	2,10	35			
INM-2	1,78	52,83	13,54	239	2,65	2,65[11]	291[11]
INM-5	9,30	12,40	1,34	3	3,05	3,05[11]	251[11]

CD – Celková def. od nultého merania (05.12.11 – vrty: INM-2, 5; 07.08.12 – vrty: INK-12, 22, 32, 34, 42, 43, 44; 08.08.12 – vrty: INK-52, 53; 28.04.15 – vrt INK-56); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [10] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 20.04.17 – 09.11.17; [11] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 20.04.17 – 08.11.17; [12] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 25.04.17 – 08.11.17.



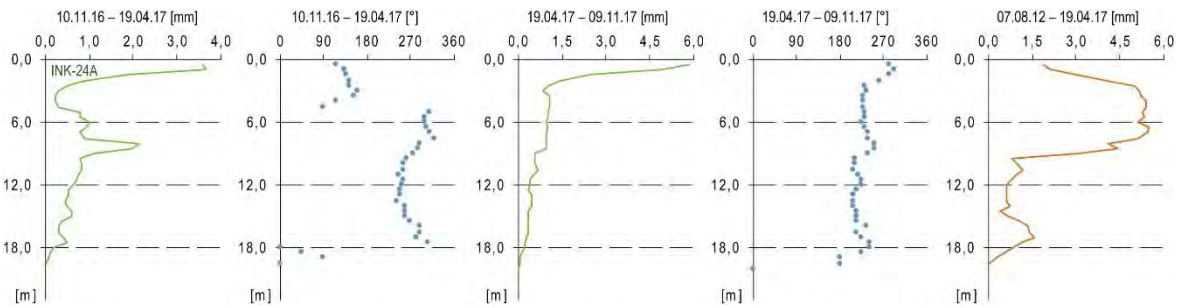
Obr. 4.1.2b. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Deformácie nad 2 mm boli namerané vo vrtoch INK-34 (4,4 mm; 10,04 mm.rok^{-1}; obr. 4.1.2b) 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}; obr. 4.1.2f) do 1,88 mm (INK-44 v hĺbke 4,82 m pod terénom; 4,29 mm.rok^{-1}; obr. 4.1.2c).



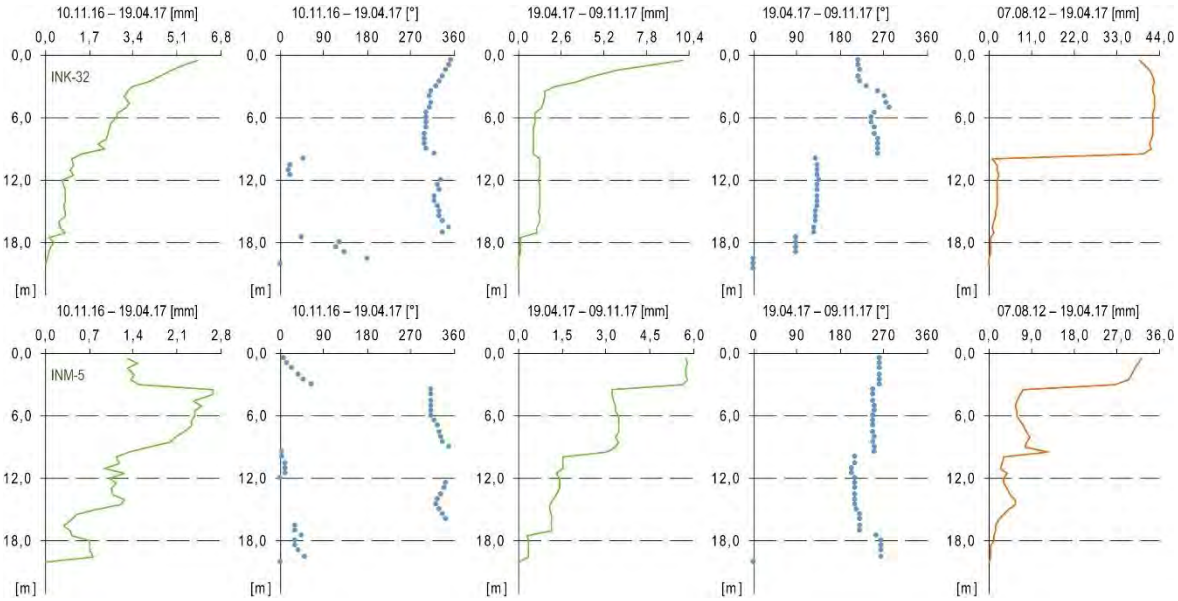
Obr. 4.1.2c. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

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. Vrt IMN-5 sa nachádza v centrálnej časti zosuv na križovatke ulíc Hlboká a Repiská a vrt

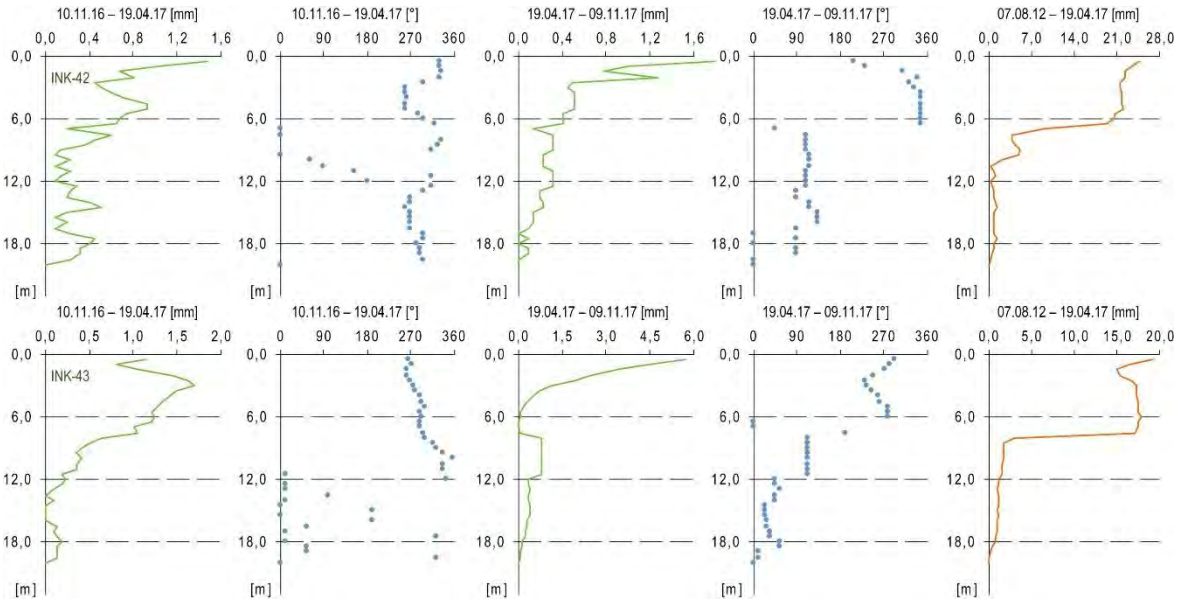


Obr. 4.1.2d. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

INK-52 je situovaný v severnej časti zosuvu a zaznamenáva pohybovú aktivitu svahu nad základnou školou. Z uvedených výsledkov inklinometrických meraní vyplýva, že oblasť nad základnou školou je naďalej pohybovo aktívna, avšak v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2016 došlo i v tejto oblasti k určitej stabilizácii.



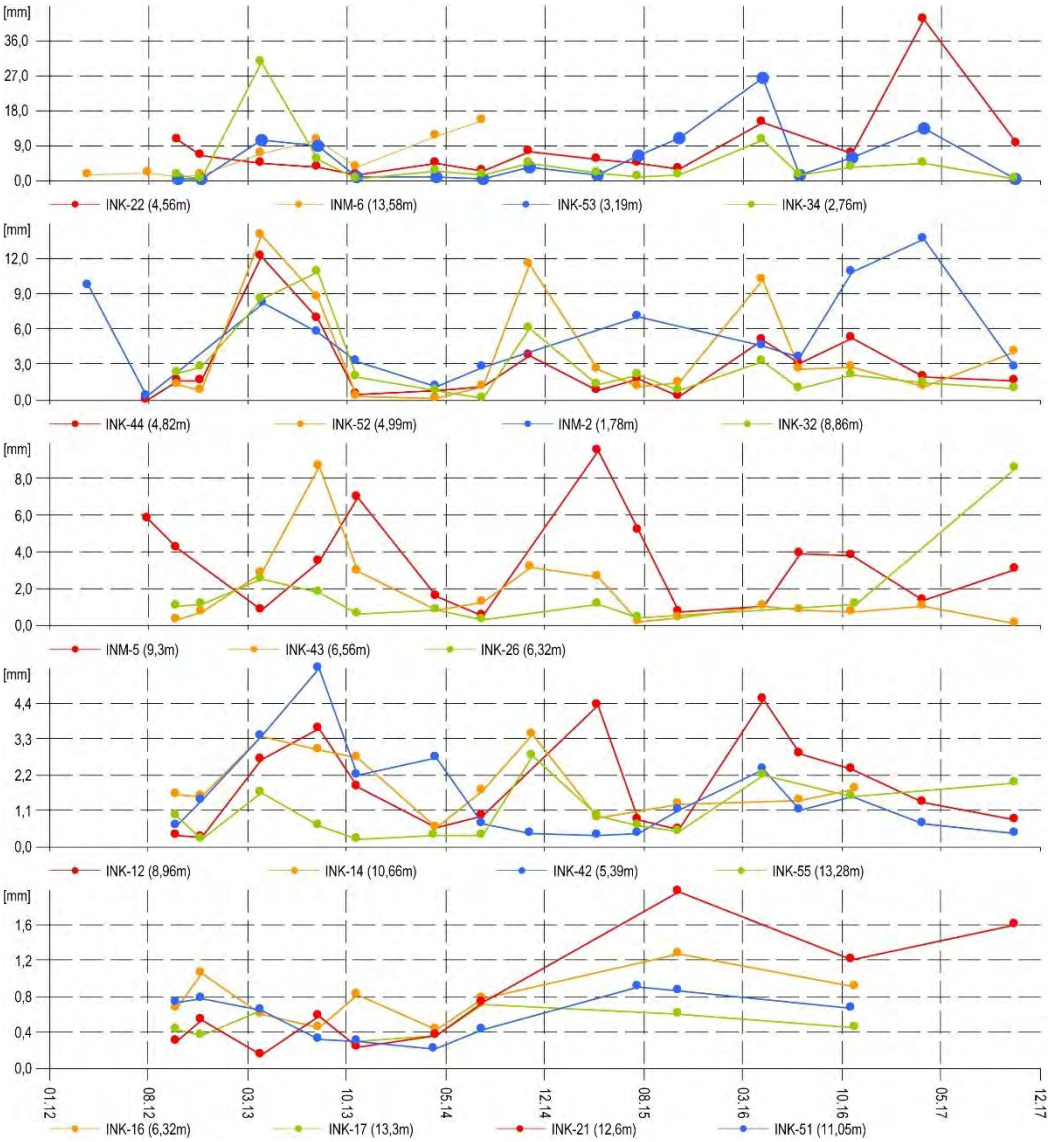
Obr. 4.1.2e. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



Obr. 4.1.2f. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

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“).

Pri hodnotení výslednej deformácie, zaznamenanej za celé monitorované obdobie, boli zohľadnené len údaje do apríla 2017. V tomto termíne došlo k výmene meracej sondy, čo si vyžiadalo realizáciu nového nultého merania na všetkých monitorovaných vrtoch (rovnaká situácia je na ďalších zosuvných lokalitách, nachádzajúcich sa v Košickom alebo Prešovskom kraji). Hodnoty etapových deformácií inklinometrických pažníc, spolu s azimutmi a výslednými deformáciami za dlhšie časové obdobie sú uvedené v jednotlivých častiach obr. 4.1.2.



Obr. 4.1.3. Priebehy dlhodobých (2012 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Nižná Myšľa, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

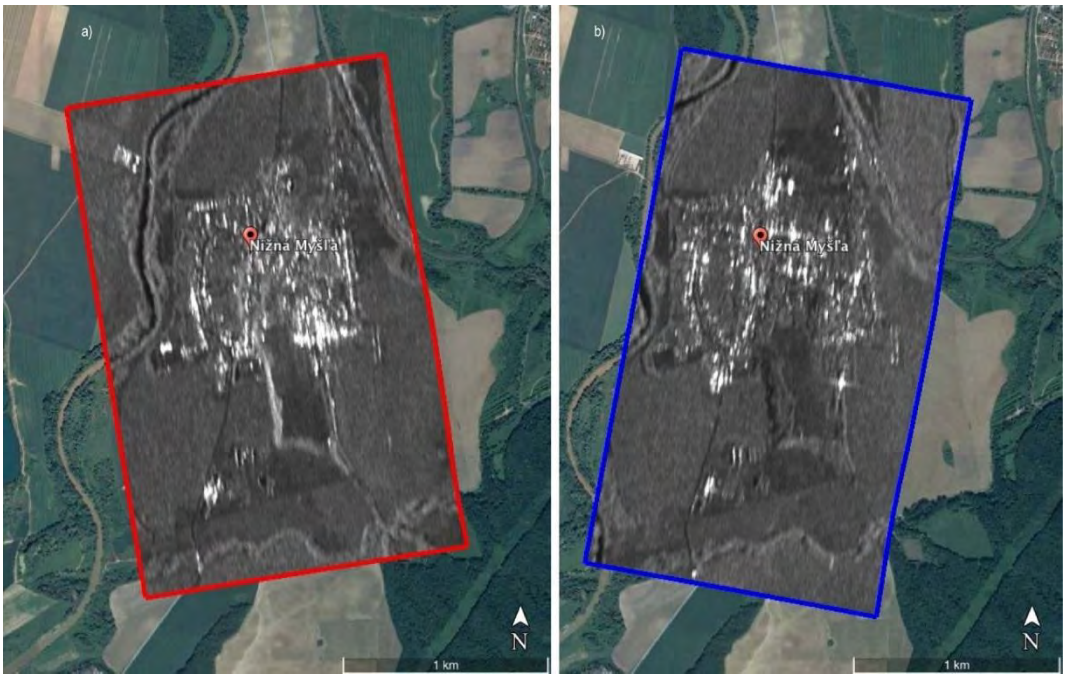
Zo získaných údajov z obdobia 6 rokov je možné konštatovať, že jej najväčšia deformácia bola dosiahnutá na šmykovej ploche vo vrte INK-53 (monitorovaný od 7. augusta 2012). V hĺbke 3,19 m pod terénom bola nameraná deformácia 73,07 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 15,54 mm.rok^{-1}. Zároveň treba poznamenať, že zaznamenaná deformácia v jarnom období roku 2016 vysoko presahovala všetky namerané hodnoty. O niečo nižšia hodnota

(59,32 mm; 12,62 mm.rok^{-1}) bola nameraná vo vrte INK-34. Približne rovnako vysoké hodnoty výslednej deformácie inklinometrickej pažnice boli pozorované vo vrtoch INK-32, 22, 52 a INM-2 (od 39,66 mm do 52,83 mm).

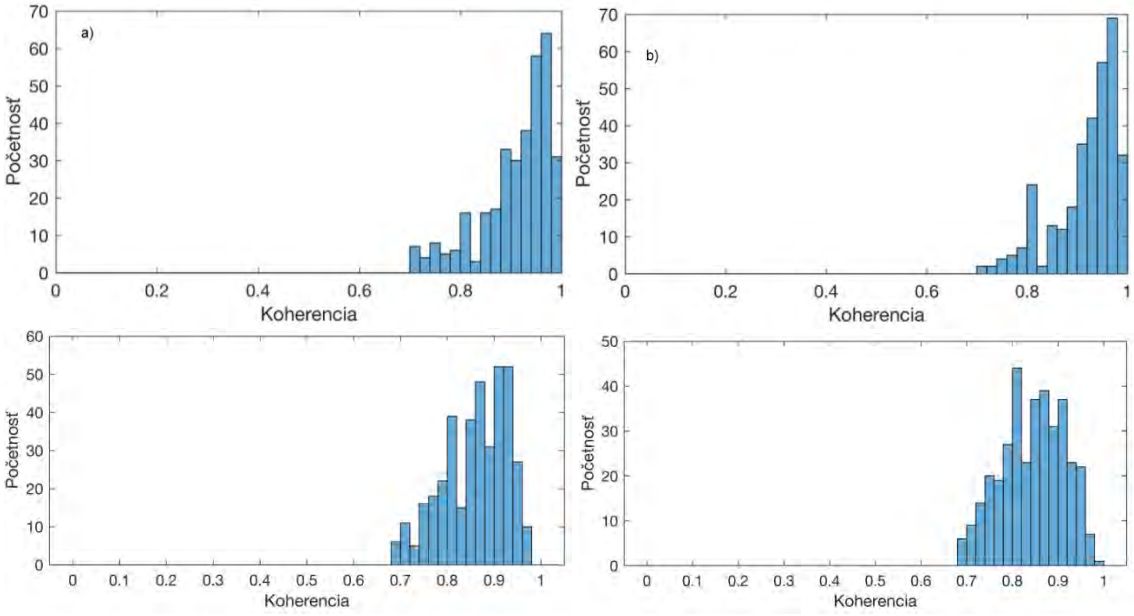
Počas monitorovacieho obdobia (od roku 2012) bol najväčší etapový prírastok nameraný počas aktuálne hodnoteného roku 2017 vo vrte INK-22 (41,02 mm). V minulosti boli vysoké hodnoty namerané vo vrtoch INK-34 (30,4 mm) v roku 2013 a INK-53 (26,46 mm) v roku 2016. Z obrázku 4.1.3 je tiež vidieť isté striedanie období so zvýšenou pohybovo aktivitou s obdobiami relatívne stabilnými. Táto skutočnosť je do veľkej miery ovplyvňovaná klimatickými pomermi pôsobiacimi v príslušných časových obdobiach. Z obrázku je možné zároveň určiť 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 považovať aj územie, ktoré sa nachádza tesne pod cintorínom – vrt INK-51 (Vrt sa nachádza v blízkosti stabilizačného prvku vybudovaného v minulosti). Podobná situácia je i v prípade vrtu INM-2, v blízkosti ktorého bola vybudovaná kotvená pilótová stena (Obchodná ul.).

b/ Radarová interferometria

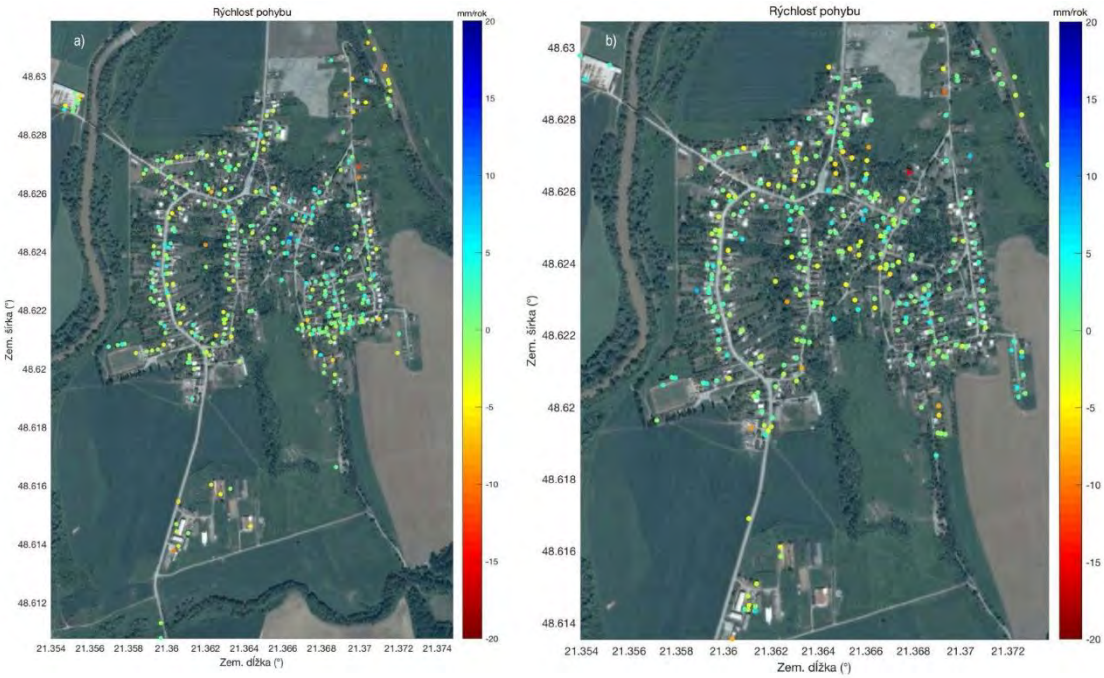
Na lokalite Nižná Myšľa bola ako ďalšia monitorovacia metóda (na určenie pohybovej aktivity) aplikovaná radarová interferometria (InSAR; prezentované výsledky analýzy sú podrobne spracované v správach Papčo a Bakoň, 2017 a 2018). Pred samotným spracovaním bol vykonaný prieskum dostupnosti radarových 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.



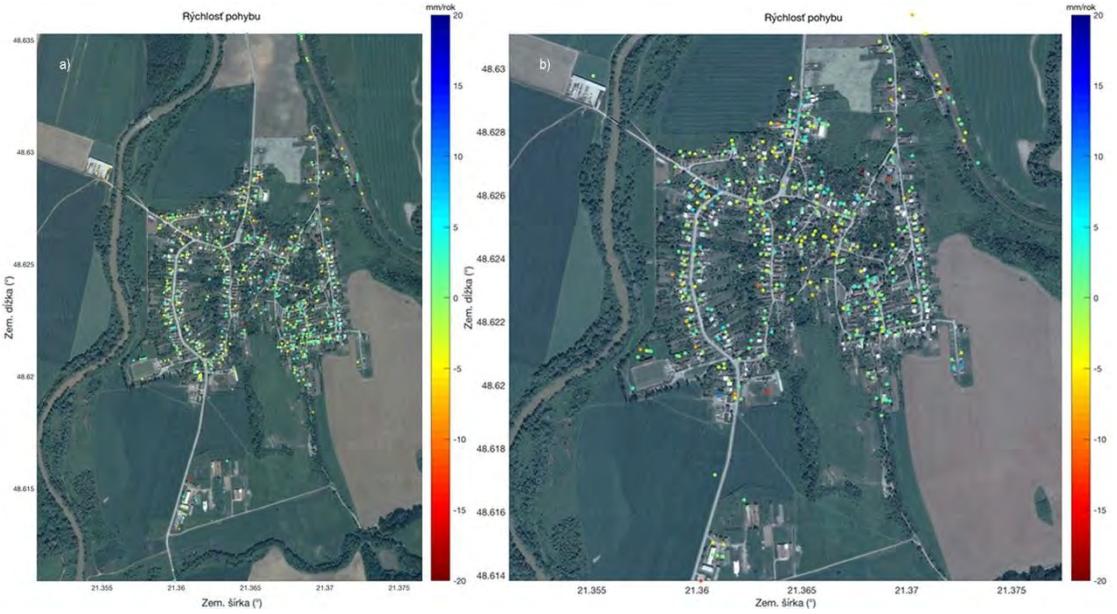
Obr. 4.1.5. Histogramy početnosti koherencie odrazových bodov na lokalite Nižná Myšľa v rokoch 2016 (horná časť obrázku) a 2017 (spodná časť obrázku); a – vzostupná dráha č. 102; b – zostupná dráha č. 153 (spracované podľa Papčo a Bakoň, 2017 a 2018).



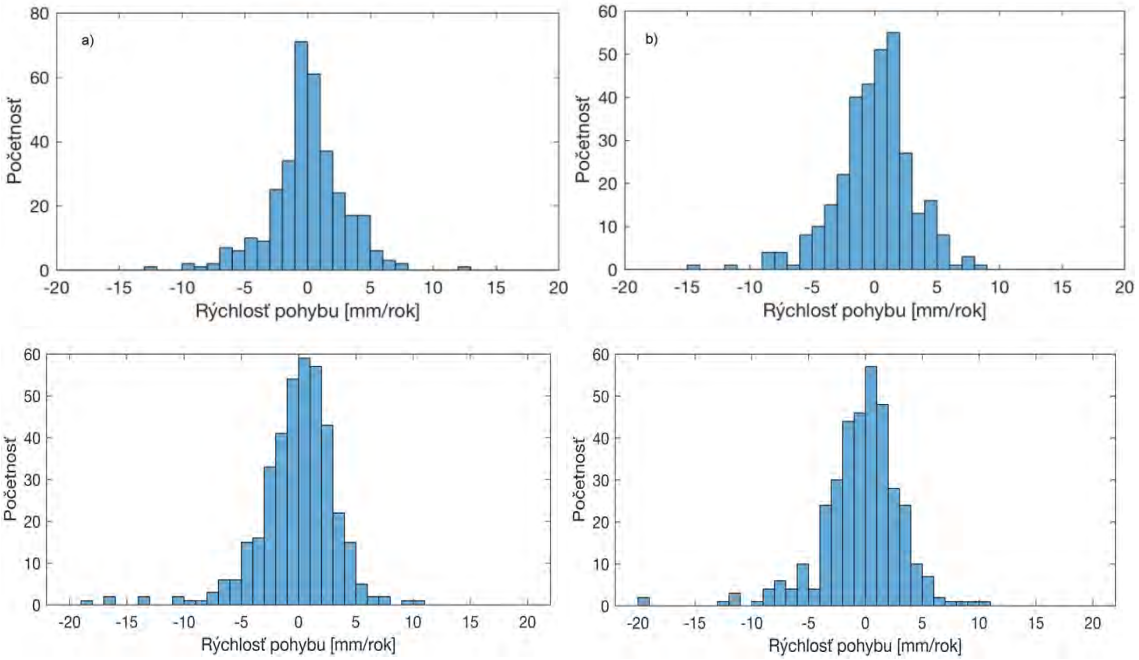
Obr. 4.1.6a. Rýchlosť pohybu sledovaných stabilných odrazových bodov v smere dráhy lúča na lokalite Nižná Myšľa v roku 2016; a – vzostupná dráha č. 102; b – zostupná dráha č. 153 (spracované podľa Papčo a Bakoň, 2017).

Spracovanie bolo uskutočnené pre obidve snímkové sady. V roku 2016 vstupovalo do spracovania vzostupnej dráhy č. 102 celkovo 25 snímok za obdobie od januára do konca roka. V roku 2017 ich bolo v rovnakom období až 61. Za hlavnú snímku, voči ktorej boli následne spracovávané ostatné snímky metódou STAR GRAPH-u, bola v roku 2016 zvolená, vzhľadom na svoje najmenšie zašumenie, snímka zo dňa 2. augusta. V roku 2017 to bola snímka zo dňa 22. júla. Do spracovania zostupnej dráhy č. 153 nám vstupovalo v roku 2016 celkovo 27 snímok a v roku 2017 50 snímok (za obdobie január až december). Hlavnou snímkou, voči ktorej boli následne spracovávané ostatné snímky metódou STAR GRAPH-u, bola v roku 2016 zvolená

snímka zo dňa 27. marca a v roku 2017 to bola snímka zo dňa 15. mája. 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.



Obr. 4.1.6b. Rýchlosť pohybu sledovaných stabilných odrazových bodov v smere dráhy lúča na lokalite Nižná Myšľa v roku 2017; a – vzostupná dráha č. 102; b – zostupná dráha č. 153 (spracované podľa Papčo a Bakoň, 2018).



Obr. 4.1.7. Histogramy početnosti rýchlosti odrazových bodov na lokalite Nižná Myšľa v rokoch 2016 (horná časť obrázku) a 2017 (spodná časť obrázku); a – vzostupná dráha č. 102; b – zostupná dráha č. 153 (spracované podľa Papčo a Bakoň, 2017 a 2018).

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 (obr. 4.1.5);
– rozdiel odhadnutej výšky bodu voči referenčnému DMR v rozsahu ± 15 m.

Počet bodov sa v jednotlivých rokoch mení v závislosti splnenia uvedených kritérií. V roku 2016 bolo v riešenej oblasti celkovo detegovaných 374 (vzostupná dráha), resp. 356 (zostupná dráha) vhodných prirodzených odrážačov (obr. 4.1.6). V roku 2017 sa počet vhodných odrážačov ustálil na 390 (vzostupná dráha), resp. 359 (zostupná dráha).

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, hostinec 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.). V prípade nedostatku prirodzených odrazových prvkov, najmä v oblastiach so silným vegetačným pokrytom, sú „umelé“ odrážače na detailnú analýzu pohybových tendencií oveľa vhodnejšie. Aktívne, resp. pasívne umelé odrážače sa plošne umiestňujú na najkritickejšie miesta sledovaného územia, resp. ako referenčné body do stabilného okolia mimo hlavnú zosuvnú oblasť.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

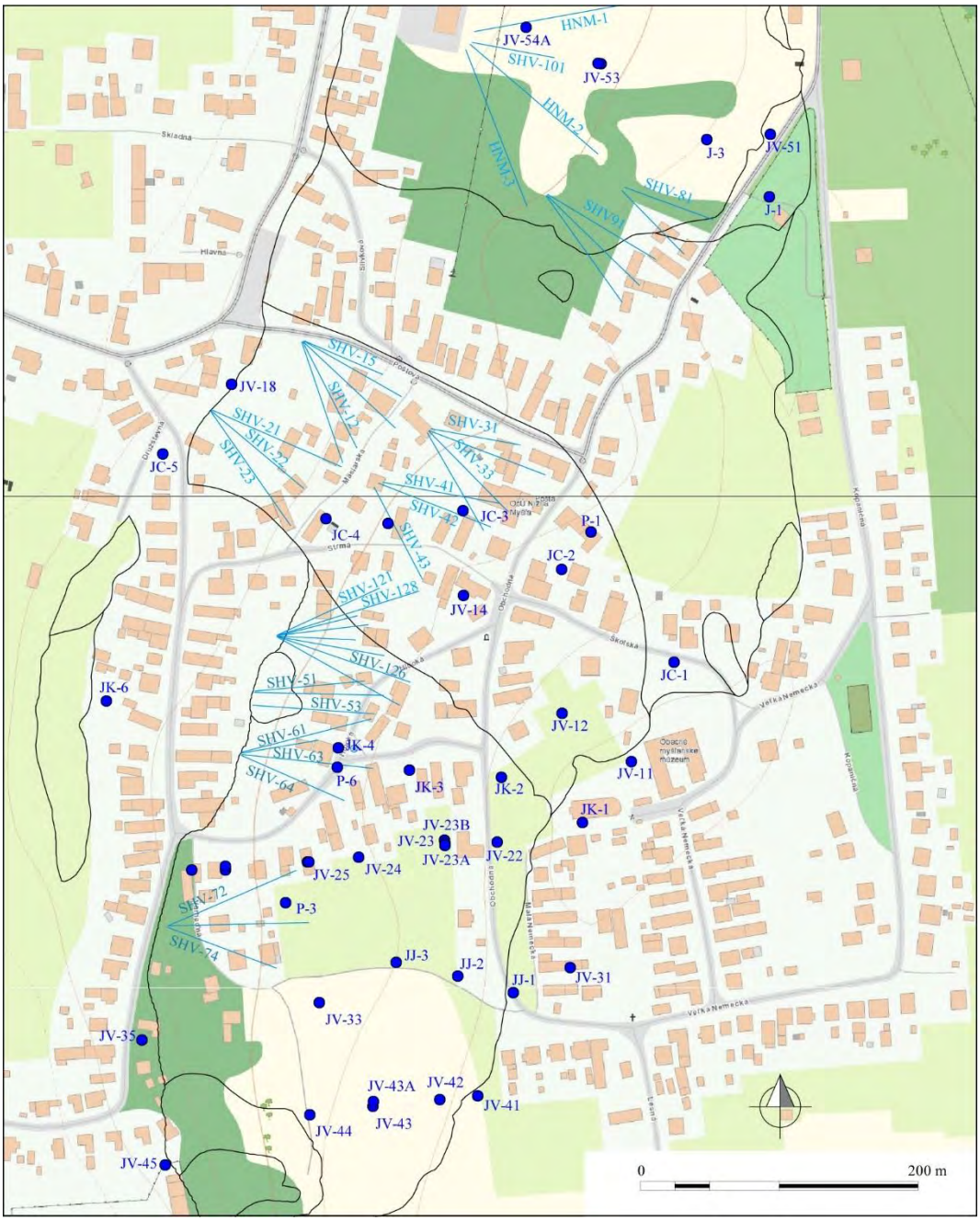
c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Nižná Myšľa sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 78 vrtoch (tab. 4.1.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.1.3 a 4.1.4). Treba však podotknúť, že mnohé z vrtov sú dlhodobo suché, prípadne sú značnú časť roka neprístupné, z tohto dôvodu sa počet pozorovaných vrtov priebežne mení.

Počas roka 2016 sa údaje o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody vyhodnocovali zo 62 vrtov (pozorovania prebiehali i v ostatných vrtoch, ale štatisticky spracované boli len relevantné údaje – tab. 4.1.3; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.1.8). Zabezpečených bolo 43 kontrolných meraní (13. január – 29. december).

Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte PZ-7 (0,13 m pod terénom; 198,21 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 11. marca. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,13 až 17,76 m pod terénom (JV-31). Vyskytovali sa od 13. januára (napr. vrt JS-3) do 11. novembra (napr. vrt PZ-5A). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte JS-2 (min. hladina podzemnej vody 19,60 m pod terénom bola nameraná dňa 4. februára). Minimálne

hladiny podzemnej vody sa vyskytovali najčastejšie na konci decembra. Až v 6 prípadoch podzemné vody klesli pod úroveň dna vrtu, teda boli suché.



Obr. 4.1.8. Lokalita Nižná Myšľa – 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 Slámu et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 8,11 m pod terénom, čo je oproti roku 2015 vzostup o 0,20 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,75 (vrt PZ-1) do 18,68 m pod terénom (vrt JS-2). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JV-53A (7,07 m).

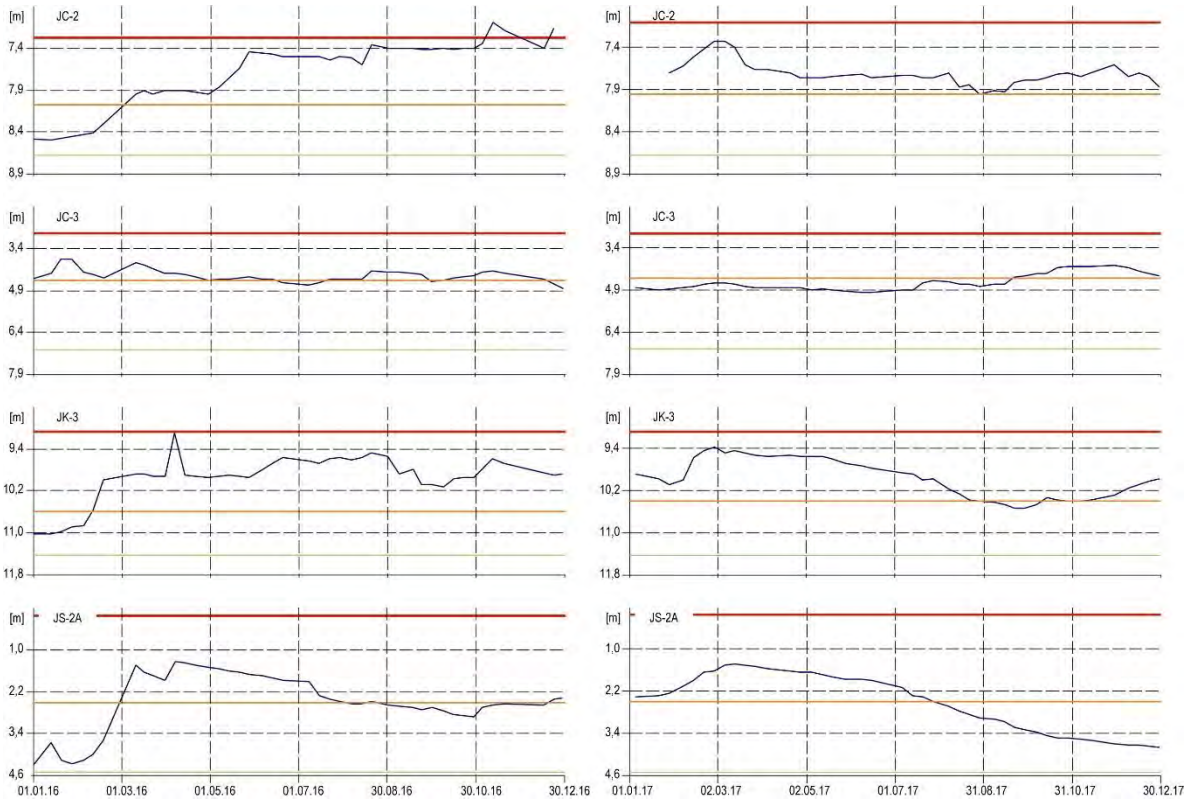
Tab. 4.1.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Myšľa v roku 2016

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	14,20	219,13	11. 11. 16	15,81	203,32	29. 12. 16	15,26	211,68	1,61
JC-2	43	7,10	206,27	11. 11. 16	8,50	204,87	13. 1. 16	7,61	205,76	1,40
JC-3	43	3,78	203,53	27. 1. 16	4,83	202,48	29. 12. 16	4,38	202,93	1,05
JC-4	43	1,90	191,30	14. 4. 16	2,95	190,25	17. 9. 16	2,66	190,54	1,05
JC-5	43	2,04	178,32	17. 3. 16	2,69	177,67	13. 1. 16	2,41	177,95	0,65
JJ-1	43	13,57	210,70	11. 11. 16	16,99	207,28	30. 4. 16	14,38	209,89	3,42
JJ-2	43	7,80	208,78	11. 11. 16	8,22	208,36	13. 1. 16	8,00	208,58	0,42
JJ-4	34	1,43	201,45	31. 3. 16	suchý					
JK-1	43	14,90	217,64	11. 11. 16	15,63	216,91	18. 2. 16	15,28	217,26	0,73
JK-3	43	9,10	205,46	7. 4. 16	11,01	203,55	13. 1. 16	9,92	204,64	1,91
JK-4	43	15,64	189,81	20. 8. 16	16,10	189,35	22. 7. 16	15,85	189,60	0,46
JK-6	43	11,45	178,81	20. 8. 16	11,56	178,70	30. 9. 16	11,52	178,74	0,11
JS-1	42	15,69	193,98	14. 4. 16	16,35	193,32	29. 12. 16	16,14	193,53	0,66
JS-2	43	16,85	184,13	14. 4. 16	19,60	181,38	4. 2. 16	18,68	182,30	2,75
JS-2A	43	1,35	200,51	7. 4. 16	4,28	197,58	27. 1. 16	2,44	199,42	2,93
JS-3	43	7,37	189,14	13. 1. 16	8,79	187,72	31. 8. 16	7,85	188,66	1,42
JS-4	43	7,05	181,28	13. 1. 16	7,85	180,48	29. 12. 16	7,58	180,75	0,80
JS-4A	43	11,55	176,02	11. 3. 16	12,03	175,54	27. 1. 16	11,76	175,81	0,48
JV-11	43	7,76	225,40	11. 11. 16	8,78	224,38	18. 2. 16	8,17	224,99	1,02
JV-12	43	9,01	215,15	11. 11. 16	11,45	212,71	30. 4. 16	9,76	214,40	2,44
JV-15	43	14,10	186,83	11. 11. 16	15,54	185,39	27. 1. 16	14,53	186,40	1,44
JV-16	43	1,13	190,44	11. 3. 16	2,59	188,98	29. 12. 16	2,11	189,46	1,46
JV-18	43	1,88	179,73	23. 3. 16	2,41	179,20	17. 9. 16	2,18	179,43	0,53
JV-22	43	6,97	213,22	11. 11. 16	7,53	212,66	13. 1. 16	7,17	213,02	0,56
JV-23	43	4,00	211,95	11. 3. 16	5,41	210,54	29. 12. 16	4,41	211,54	1,41
JV-23A	43	4,05	211,88	11. 3. 16	5,46	210,47	29. 12. 16	4,46	211,47	1,41
JV-25	43	1,63	201,84	11. 3. 16	3,98	199,49	13. 1. 16	2,78	200,69	2,35
JV-25A	43	8,88	194,59	13. 6. 16	9,11	194,36	29. 12. 16	8,96	194,51	0,23
JV-26	43	1,25	195,95	11. 3. 16	3,07	194,13	13. 1. 16	2,23	194,97	1,82
JV-27	43	5,06	187,25	11. 3. 16	6,27	186,04	29. 12. 16	5,79	186,52	1,21
JV-31	43	17,76	210,72	11. 3. 16	18,17	210,31	11. 2. 16	18,01	210,47	0,41
JV-33	43	1,97	203,68	11. 3. 16	3,03	202,62	13. 1. 16	2,59	203,06	1,06
JV-34	43	8,33	192,38	11. 11. 16	9,35	191,36	13. 1. 16	8,47	192,24	1,02
JV-35	43	4,59	176,35	31. 3. 16	5,08	175,86	29. 12. 16	4,80	176,14	0,49
JV-41	43	10,57	209,82	20. 8. 16	11,60	208,79	30. 4. 16	10,75	209,64	1,03
JV-42	43	6,97	208,95	20. 6. 16	7,28	208,64	4. 2. 16	7,08	208,84	0,31
JV-43	43	4,96	205,96	14. 5. 16	5,39	205,53	23. 12. 16	5,15	205,77	0,43
JV-44	43	3,52	203,36	11. 3. 16	4,49	202,39	13. 1. 16	3,96	202,92	0,97
JV-45	43	3,21	173,47	11. 3. 16	3,77	172,91	29. 12. 16	3,52	173,16	0,56
JV-51	43	6,30	210,81	31. 3. 16	7,40	209,71	20. 1. 16	6,62	210,49	1,10
JV-52	43	7,63	204,04	11. 3. 16	8,87	202,80	13. 8. 16	8,43	203,24	1,24
JV-53	43	17,49	182,23	8. 7. 16	suchý					
JV-53A	44	0,17	199,64	11. 3. 16	suchý					
JV-54A	43	0,14	192,40	11. 3. 16	4,30	188,24	4. 2. 16	2,59	189,95	4,16
JV-55	43	5,71	183,91	11. 3. 16	suchý					
P-1	43	6,65	204,14	28. 5. 16	7,15	203,64	11. 2. 16	6,87	203,92	0,50
P-3	43	14,51	186,97	27. 1. 16	14,84	186,64	16. 12. 16	14,69	186,80	0,33
P-4	43	14,27	186,91	27. 1. 16	14,52	186,66	29. 12. 16	14,33	186,85	0,25
P-5	43	7,45	212,95	11. 11. 16	9,68	210,72	31. 3. 16	8,01	212,39	2,23
PZ-1	43	0,65	201,60	11. 3. 16	3,47	198,78	30. 9. 16	1,75	200,50	2,82
PZ-1A	43	15,98	186,30	7. 4. 16	16,19	186,09	29. 12. 16	16,01	186,27	0,21
PZ-2	44	16,48	181,66	14. 4. 16	16,81	181,33	23. 12. 16	16,62	181,52	0,33
PZ-2A	43	5,18	192,83	11. 3. 16	6,96	191,05	15. 10. 16	6,47	191,54	1,78
PZ-4	43	3,29	175,36	11. 3. 16	4,32	174,33	27. 1. 16	4,03	174,62	1,03
PZ-5	43	12,39	203,70	23. 3. 16	13,25	202,84	29. 12. 16	12,72	203,37	0,86
PZ-5A	43	2,04	210,29	19. 11. 16	4,68	207,65	13. 8. 16	3,33	209,00	2,64
PZ-6	43	5,18	211,94	11. 3. 16	7,07	210,05	13. 1. 16	6,50	210,62	1,89
PZ-7	43	0,13	198,21	11. 3. 16	4,19	194,15	29. 12. 16	3,22	195,12	4,06
PZ-8	43	3,98	193,29	11. 3. 16	8,05	189,22	31. 8. 16	6,17	191,10	4,07
PZ-9	43	3,28	173,95	11. 3. 16	3,83	173,40	4. 2. 16	3,49	173,74	0,55
ŠS-1	41	2,30	196,39	11. 3. 16	suchý					
ŠS-2	40	5,50	197,35	11. 3. 16	suchý					

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2015) vyplýva, že dlhodobé maximá boli prekročené minimálne vo 8 prípadoch, a to napr. vo vrtoch JC-2 (vzostup o 1,95 m; obr. 4.1.9a), JJ-4 (vzostup o 4,65 m), JS-2 (vzostup o 0,67 m), JS-4A (vzostup o 0,4 m) a JV-15 (vzostup o 0,14 m; obr. 4.1.9b). Tiež boli prekonané aj minimálne stavy, a to minimálne v 13 vrtoch – napr. JC-1 (pokles o 5,42 m), JJ-1 (pokles o 13,73 m), JS-2A (pokles o 0,23 m), JS-3 (pokles o 1,4 m) a JS-4 (pokles o 0,26 m).

Typické pre hladiny podzemnej vody, sledované na lokalite Nižná Myšľa, sú jej minimálne zmeny. V roku 2016 až v 47 vrtoch boli zmeny hladiny podzemnej vody menšie ako 1 m (vrátane suchých vrtov). V 17 vrtoch sa ročná amplitúda pohybovala v rozsahu od 1,02 do 1,46 m. Výraznejšie zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody (viac ako 5 m) sa v roku 2016 prejavovali len v 2 vrtoch (JV53A a ŠS-1).

Ak by sme chceli charakterizovať vrty, v ktorých boli zaznamenané minimálne zmeny hladiny podzemnej vody, musíme konštatovať, že ide o vrty s pomerne širokým diapazónom úrovní zvodnených horizontov (od cca 2 do 18 m), rozptýlených v rámci celej lokality. Namerané kolísanie hladiny v týchto vrtoch má len minimálny korelačný vzťah s okolitými piezometrickými vrtmi. Zrážkové úhrny sa na kolísaní hladiny podzemnej vody v týchto vrtoch prejavujú len minimálne, prípadne vôbec.



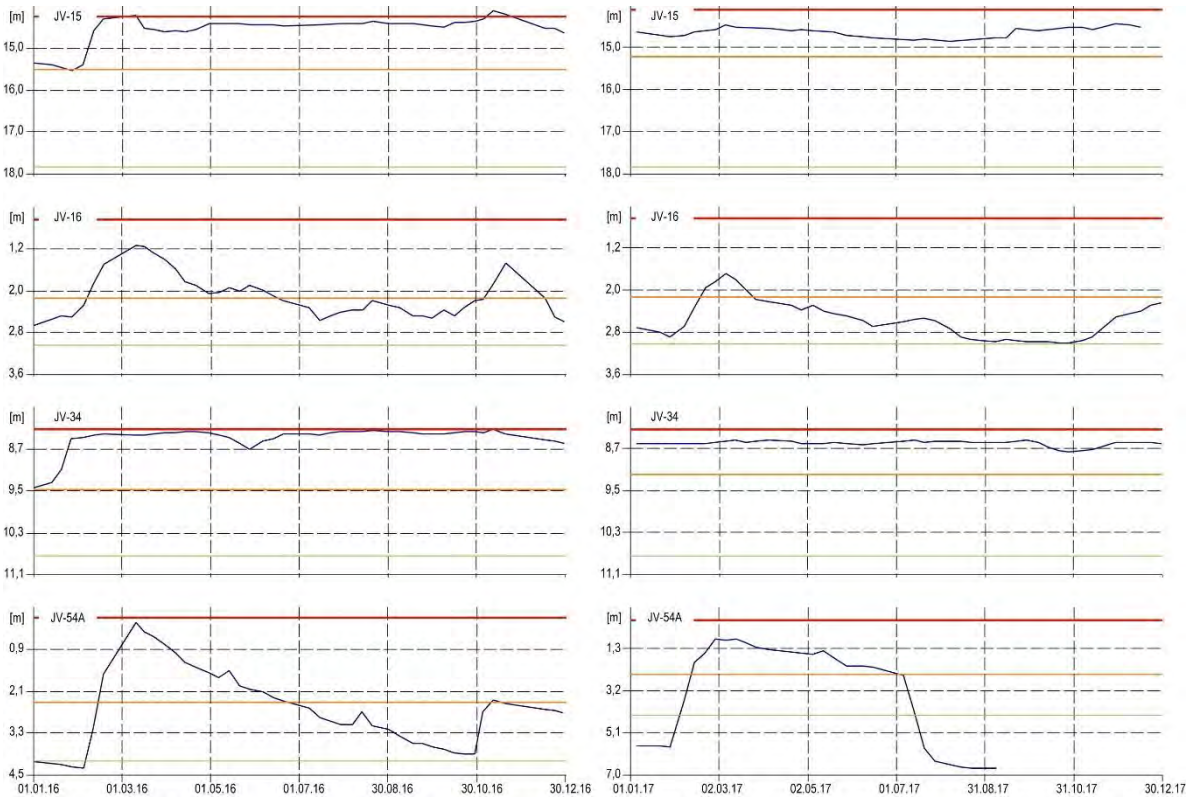
Obr. 4.1.9a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Nižná Myšľa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v 68 vrtoch a zabezpečených bolo prevažne 43 kontrolných meraní (minimálne 35 kontrolných neraní). 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

Tab. 4.1.4. 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
ŠS-1	43	4,23	192,16	28. 2. 17	suchý					
ŠS-2	43	7,09	190,26	14. 3. 17	suchý					

(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.



Obr. 4.1.9b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Nižná Myšľa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

Minimálne stavy hladiny podzemnej vody boli zaznamenané najmä počas decembrových termínov meraní, avšak pribúdať začali 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.).

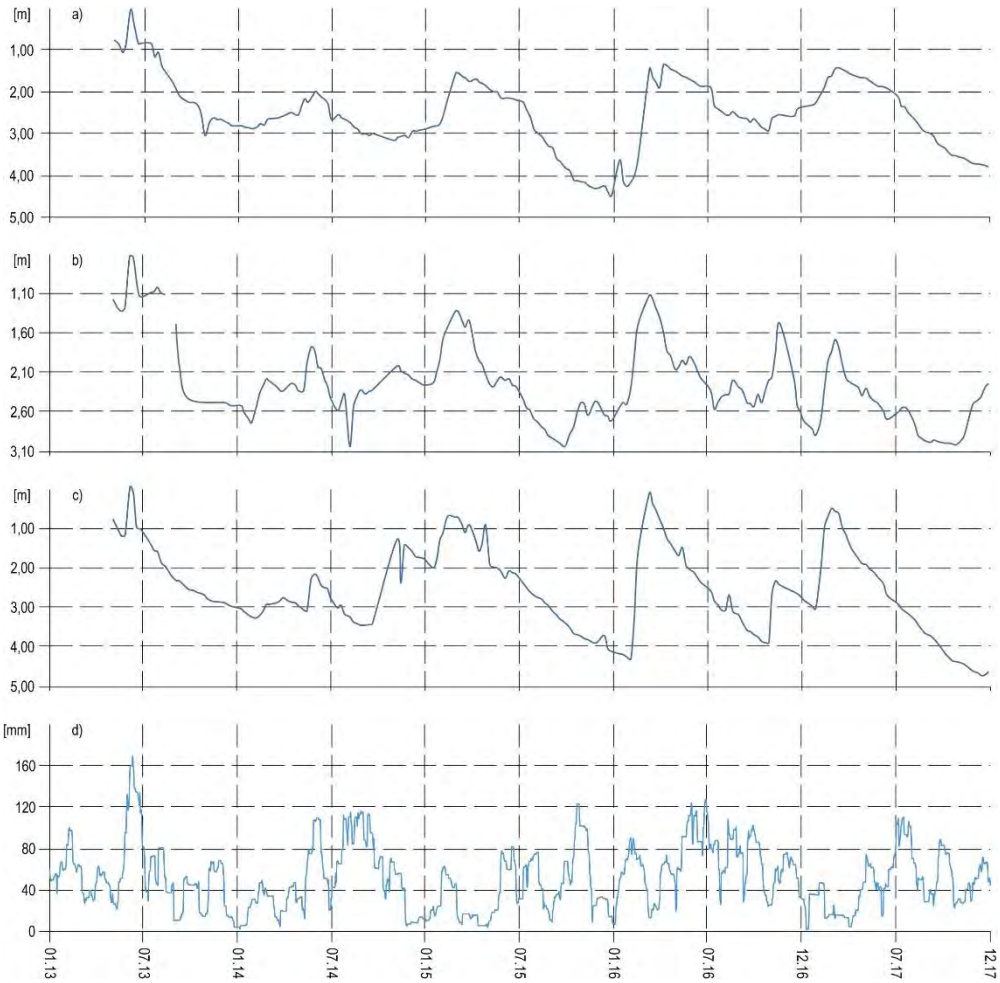
Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 8,16 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku len nepatrná zmena, pokles o 0,05 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,29 (vrt JV-18) do 18,36 m pod terénom (vrt JV-53).

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.

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2016 a 2017 spolu s vybranými štatistickými ukazovateľmi znázorňuje obr. 4.1.9a a 4.1.9b. Dlhý časový rad výsledkov režimových meraní spolu s kumulatívnymi zrážkami znázorňuje obr. 4.1.10.

Pri hodnotení zmien hladiny podzemnej vody počas obdobia monitorovania na lokalite Nižná Myšľa je vidieť, okrem už spomenutej skutočnosti, že amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody dosahujem len minimálne hodnoty, cyklicky sa opakujúce jej vzostupy a zostupy, súvisiace najmä s klimatickými faktormi (obr. 4.1.10). Minimálne úrovne sú vo všeobecnosti viazané na mesiac december, ale ich výskyt, v rámci lokality je dosť nejednotný. Všeobecne prevláda druhá polovica roka. Naopak, výskyt maximálnych stavov hladiny podzemnej vody je vo veľkej časti vrtov spojený s mesiacom jún, resp. marec.



Obr. 4.1.10. Priebeh dlhodobých (2013 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Nižná Myšľa. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – JS-2A, b – JV-16, c – JV-54A; d – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Čaňa – indikatív 60140).

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 automatickými hladinomermi zabezpečované merania v 4 vrtoch (JV-14, JV-17, JV-22 a JV-54 – obr. 4.1.11). Počas hodnotených rokov 2016 a 2017 boli dve zariadenia v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (8760 záznamov; tab. 4.1.5 a 4.1.6). Výnimku predstavujú hladinomery umiestnené vo vrtoch JV-14 (2630 záznamov; merania boli prerušené 20. apríla) a JV-54 (8318 záznamov; merania boli prerušené 13. decembra). V oboch prípadoch boli dôvodom prerušenia meraní technické problémy monitorovacieho zariadenia.

Vo vrte JV-14 bola v roku 2016 maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 6,44 m pod terénom (205,53 m n. m.; 7. november), čo je v porovnaní s rokom 2015 vzostup o 0,21 m. V čase minimálnych stavov, v letnom období, došlo k jej poklesu na minimálnu hodnotu a naopak, v období vzostupu hladiny podzemnej vody rástla i teplota. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 6,91 m (205,06 m n. m.), bola dosiahnutá 6. februára. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 6,63 m pod terénom (205,34 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 0,17 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,47 m. Priemerné denné kolísanie dosiahlo i v tomto roku pomerne nízku hodnotu 0,01 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena predstavovala 0,02 m (4,26 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 6,57 m pod terénom, 2. kvartil 6,62 m pod terénom a 3. kvartil 6,68 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 12,4 °C počas 26. januára, naopak, najnižšia teplota (11,8 °C) bola zaznamenaná 7. júla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 12,1 °C.

V roku 2017, ako už bolo spomenuté, merania zachytávajú len časť zimného a jarného obdobia. Maximálna hladina podzemnej vody bola v tomto období nameraná v hĺbke 6,57 m pod terénom (205,40 m n. m.; 6. február), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom o 0,13 m nižšia hladina. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 6,74 m (205,23 m n. m.), bola dosiahnutá 16. apríla. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v tomto relatívne krátkom období dosiahla 6,69 m pod terénom (205,28 m n. m.) a jej amplitúda sa nachádzala na úrovni 0,17 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,02 m. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,02 m (čo je 11,76 % celkovej ročnej amplitúdy hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hladín podzemnej vody predstavoval hĺbku 6,67 m pod terénom, 2. kvartil 6,69 m pod terénom a 3. kvartil 6,71 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 12,3 °C počas 14. apríla, naopak, najnižšia teplota (12,1 °C) bola zaznamenaná 31. januára. Priemerná teplota v hodnotenom období dosiahla 12,24 °C.

Tab. 4.1.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Nižná Myšľa v roku 2016

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-14[1]	8359	6,44	205,53	7. 11. 16	6,91	205,06	6. 2. 16	6,63	205,34	0,47
JV-17	8784	6,43	181,92	11. 3. 16	7,31	181,04	20. 8. 16	6,97	181,38	0,88
JV-22	8784	6,77	213,42	2. 12. 16	7,55	212,64	21. 1. 16	7,10	213,08	0,78
JV-54	8784	10,84	181,62	4. 4. 16	11,16	181,30	22. 1. 16	11,00	181,46	0,32

[1] *– meranie bolo ukončené 21. novembra a obnovené 9. decembra*

Vo vrte JV-17 bola v roku 2016 nameraná maximálna hladina podzemnej vody v hĺbke 6,43 m pod terénom (181,92 m n. m.; 11. marec), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,32 m. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,31 m (181,04 m n. m.), bola dosiahnutá 20. augusta (oproti roku 2015 ide o vzostup o 0,38 m). Počas nasledujúcich mesiacov hladina podzemnej vody začala mierne stúpať, dá sa predpokladať, že v súvislosti so zrážkovou činnosťou v predchádzajúcom období. Vďaka tomuto vzostupnému trendu boli prekonané všetky maximálne mesačné stavy predchádzajúceho obdobia (obr. 4.1.11). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 6,97 m pod terénom (181,38 m n. m.), čo je o 0,29 m vyššia hladina ako v roku 2015. Amplitúda ročných zmien v roku 2016 dosiahla 0,88 m. Priemerná denná hodnota kolísania sa nachádzala na úrovni 0,01 m, rovnako, ako maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody. 1. kvartil z nameraných hladín podzemnej vody predstavoval hĺbku 6,78 m pod terénom, 2. kvartil 7,02 m pod terénom a 3. kvartil 7,16 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,2 °C počas 26. júla, naopak, najnižšia teplota (11,1 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,1 °C.

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 čiastkové zmeny podzemnej vody v porovnaní s ročnou amplitúdou hladiny, predstavujú 0,98 %. 1. kvartil z nameraných hladín podzemnej vody predstavoval hĺbku 6,87 m pod terénom, 2. kvartil 7,03 m pod terénom a 3. kvartil 7,22 m pod terénom.

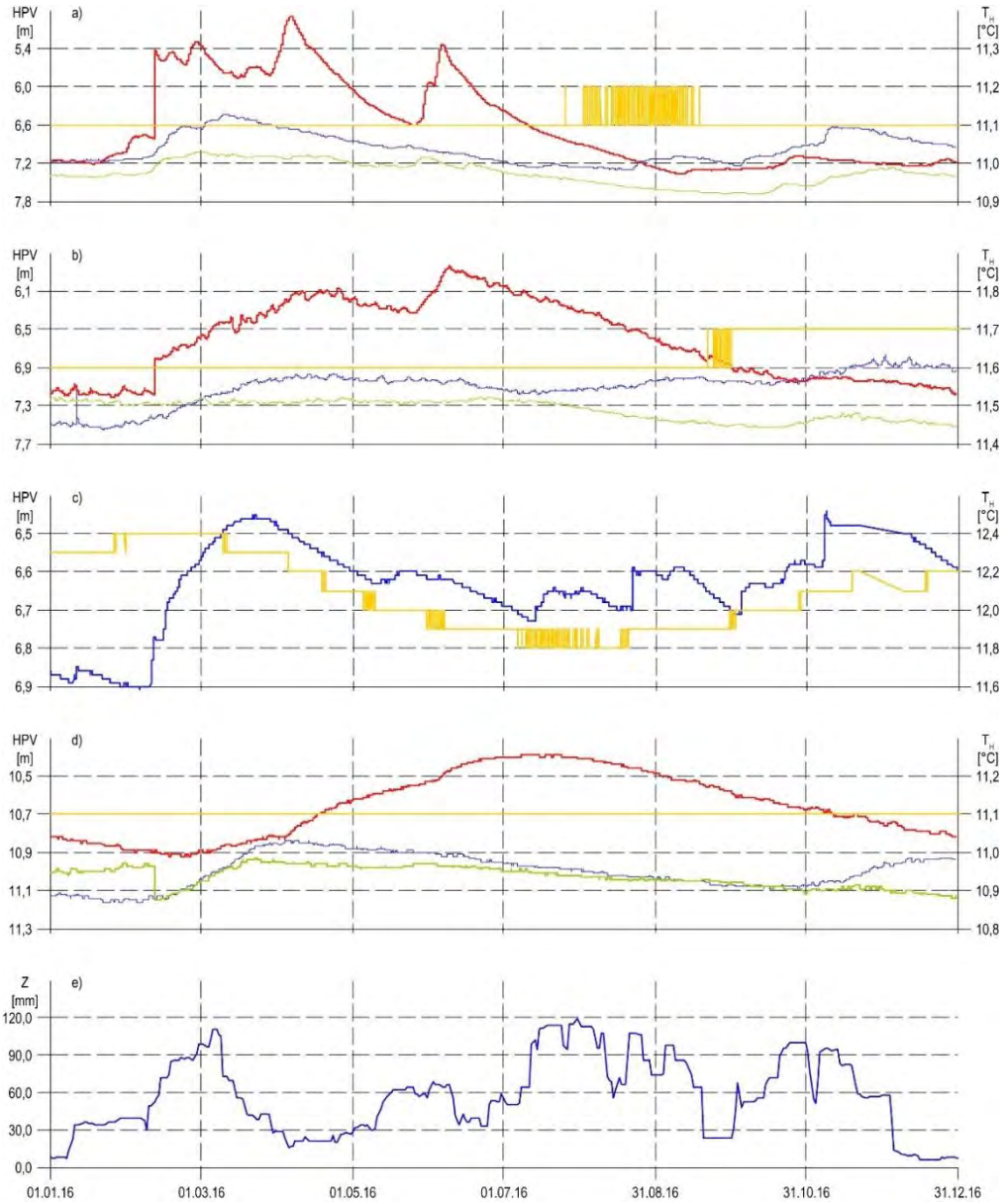
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,2 °C počas 5. februára, naopak, najnižšia teplota (11,1 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,19 °C.

Tab. 4.1.6. 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-22, bola v roku 2016 nameraná minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,55 m (212,64 m n. m.) 21. januára (oproti roku 2015 ide len o nepatrný pokles). Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná na začiatku decembra v hĺbke 6,77 m pod terénom (213,42 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,3 m. Z uvedených údajov, ale predovšetkým priebehu hladiny na obr. 4.1.11 je vidieť, že hladina podzemnej vody

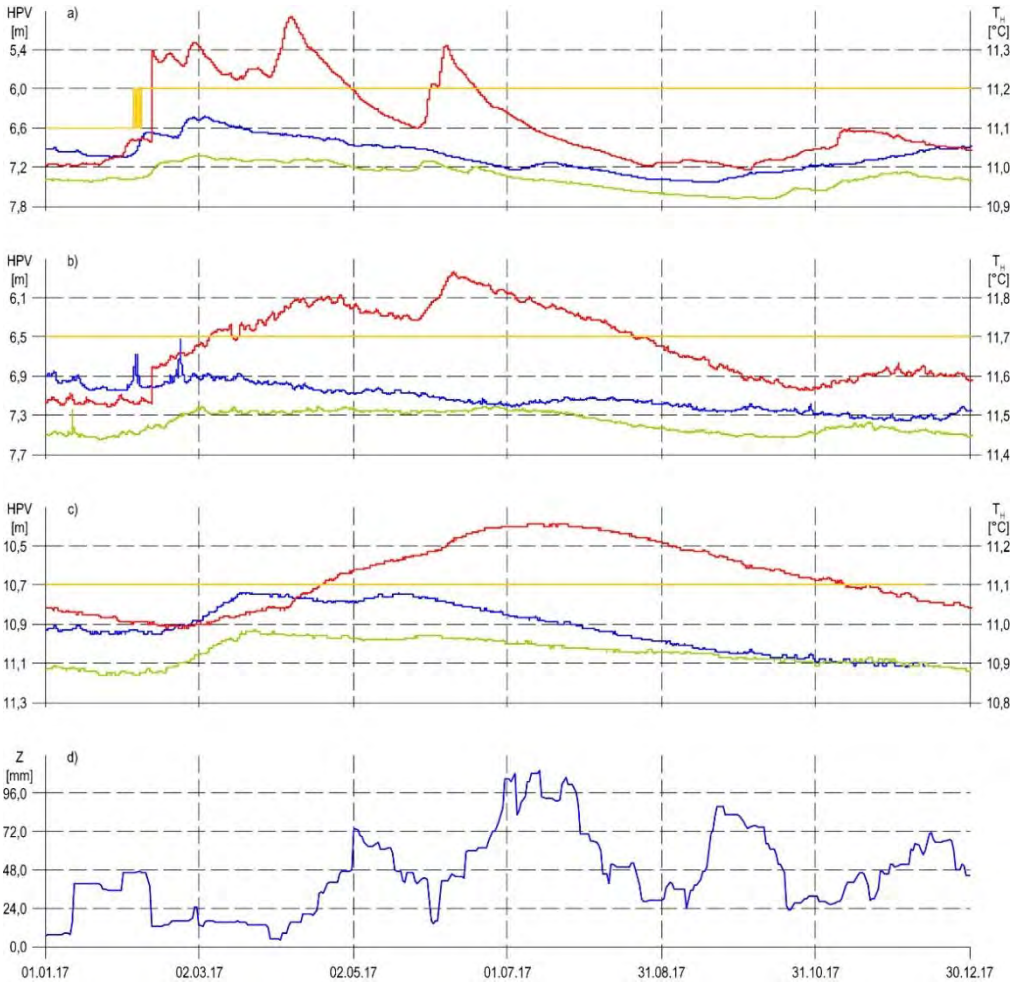
mala počas celého hodnoteného obdobia rastúci trend. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 7,10 m pod terénom (213,08 m n. m.), čo je oproti roku 2015 nárast o 0,20 m. Amplitúda zmien dosiahla 0,78 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,03 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,22 m (čo je 28,21 % celkových ročných zmien hladiny podzemnej vody). V porovnaní s ostatnými hladinomermi umiestnenými v prostredí zosuvného územia Nižná Myšľa je to pomerne vysoká hodnota. Išlo o krátkodobý vzostup hladiny podzemnej vody na začiatku roka. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,01 m pod terénom, 2. kvartil 7,05 m pod terénom a 3. kvartil 7,14 m pod terénom.



Obr. 4.1.11a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Nižná Myšľa. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – JV-17, b – JV-22, c – JV-14, d – JV-54 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); e – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň), na zrážkomernej stanici SHMÚ Čaňa (indikatív 60140).

V roku 2017 bola maximálna hladina podzemnej vody (6,53 m pod terénom; 213,66 m n. m.) nameraná 23. februára a naopak, minimálna počas 5. decembra (v hĺbke 7,36 m pod terénom; 212,83 m n. m.). Pri porovnaní uvedených ukazovateľov s hodnotami z roku 2016 je možné v oboch prípadoch konštatovať mierny vzostup. Výraznejšie kolísanie vo vrte bolo zaznamenané len počas februára. V tomto období boli prekročené 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 7,03 m pod terénom, 2. kvartil 7,15 m pod terénom a 3. kvartil 7,22 m pod terénom.

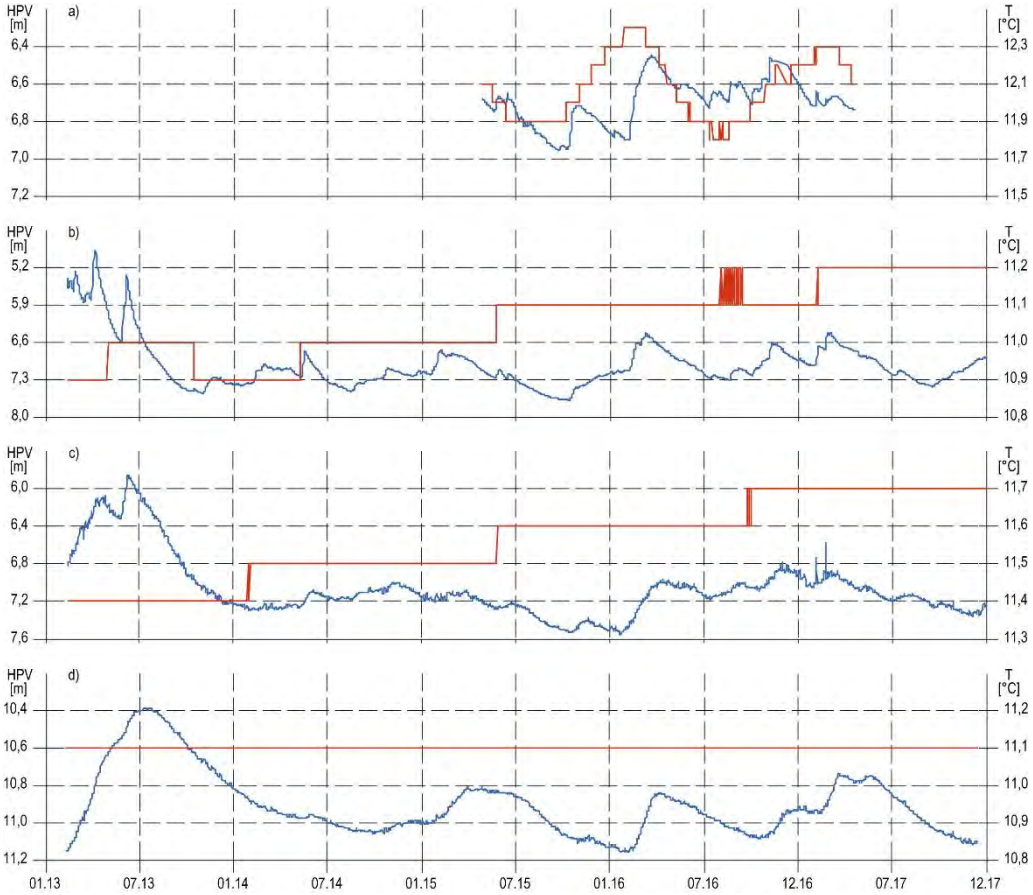
Teplota podzemnej vody sa počas celého roku ani raz nezmenila a udržala sa na hodnote 11,7 °C.



Obr. 4.1.11b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Nižná Myšľa. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – JV-17, b – JV-22, c – JV-14, d – JV-54 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); e – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň), na zrážkomernej stanici SHMÚ Čaňa (indikatív 60140).

Vo vrte JV-54 sa v roku 2016 maximálna hladina podzemnej vody nachádzala v hĺbke 10,81 m pod terénom (181,65 m n. m.), a to 30. marca. V porovnaní s rokom 2015 je to zanedbateľná zmena, pokles o 0,03 m. Podobne, aj v prípade minimálnej hladiny podzemnej vody bola nameraná podobná hodnota ako v roku 2015 (11,16 m; 181,30 m n. m.; 22. januára). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 11,00 m pod terénom (181,46 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom nepatrný pokles (0,04 m). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,32 m. Kolísanie malo sinusoidálny charakter. Počas roka sa striedali vzostupné a zostupné trendy (obr. 4.1.11). Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,01 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,01 m (čo tvorí 3,13 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 10,92 m pod terénom, 2. kvartil 11 m pod terénom a 3. kvartil 11,07 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody podobne ako v roku 2015 bola počas celého hodnoteného obdobia na úrovni 11,1 °C.



Obr. 4.1.12. Priebehy dlhodobých (2013 – 2017) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickými hladinomermi na lokalite Nižná Myšľa. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – JV-14, b – JV-17, c – JV-22, d – JV-54 (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

V roku 2017 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 10,74 m pod terénom (181,72 m n. m.; 18. marec), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,1 m. Minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná 5. decembra (10,92 m pod terénom; 181,54 m n. m.). Z priebehu hladiny podzemnej vody, ktorý je znázornený na obr. 4.1.11b je vidieť, že jej vzostup, zaznamenaný na konci zimného obdobia, bol oproti záznamom z ostatných hladinomerov sprevádzaný s určitou retardáciou. I keď i v tomto

prípade je možné spájať nárast hladiny podzemnej vody so zimnými zrážkami, podobne ako v prípade ostatných hodnotených záznamov, vzniknuté oneskorenie vzostupu hladiny podzemnej vody potvrdzuje jej hlbší obeh. Dosiahnutý maximálny stav sa s menšími zmenami udržal až do konca mája. Od tohto termínu mala hladina klesajúci charakter. Merania boli ukončené 13. decembra, a to v dôsledku poruchy monitorovacieho zariadenia. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia v roku 2017 dosiahla 10,92 m pod terénom (181,54 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 len mierny nárast (0,08 m). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,38 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,01 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,01 m (čo tvorí 2,63 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 10,79 m pod terénom, 2. kvartil 10,92 m pod terénom a 3. kvartil 11,03 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody podobne ako v roku 2016 bola počas celého hodnoteného obdobia na úrovni 11,1 °C.

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. Kým vo vrtoch JV-17, 22 a 54 s dlhším obdobím monitorovania je pozorovaný zostupný trend hĺbky hladiny podzemnej vody, v prípade vrtu JV-14, kde sú merania vykonávané kratšiu dobu, je možné pozorovať trend mierneho nárastu. Pre všetky 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. Výnimkou je opäť vrt JV-14, kde zmeny teploty odrážajú, resp. priam kopírujú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody. Maximálne teploty súvisia s maximálnymi hladinami a opačne. V tomto prípade predpokladáme približne polročné obdobie retardácie. Vody, infiltrujúce počas teplejšej časti roka, dosahujú hladinu podzemnej vody v zimnom období.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Nižná Myšľa sa v rokoch 2016 a 2017 ustálil počet monitorovaných odvodňovacích vrtov na 34. Odvodňovacie vrty označené ako SHV sú sústredené do 7 šácht (súčasne sú merania vykonávané aj na troch vrtoch označených „HNM“; 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. 4.1.13a, 4.1.13b, 4.1.14 a 4.1.15).

V roku 2016 bolo zabezpečených 45 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 14. januára do 28. decembra. Maximálna výdatnosť bola nameraná 10. marca na odvodňovacom vrte SHV-15 (4,00 $l.min^{-1}$) a naopak, najnižšia výdatnosť bola nameraná 30. augusta s hodnotou 0,0035 $l.min^{-1}$ (výdatnosť na úrovni kvapkania, vrt však nebol suchý ani počas jedného merania). Priemerná výdatnosť v roku 2016 dosiahla hodnotu 1,16 $l.min^{-1}$. V ostatných vrtoch boli maximálne výdatnosti namerané najmä počas 14. januára (napr. vrt SHV-101). Počas hodnotného roku 2016 bolo 28 vrtov suchých (minimálne počas jedného merania), resp. voda z nich kvapkala len ojedinele. Najnižšie namerané výdatnosti (vrty neboli suché, prietok bol minimálne na úrovni kvapkania) boli zaznamenané vo vrtoch SHV-14, SHV-15, SHV-91 (od 0,0012 do 0,0035 $l.min^{-1}$; 17. február až 10. marec). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 9,11 $l.min^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 1,35 $l.min^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte SHV-15 (4,00 $l.min^{-1}$).

Dosiahnuté maximálne výdatnosti v roku 2016 prekročili dlhodobé maximá v 10 prípadoch. Ide napr. o vrty ST-12 (pôvodná maximálna výdatnosť 1,76 $l.min^{-1}$ bola nameraná

28. mája 2015), SHV-12 (pôvodná max. Q 1,20 l.min^{-1}; 12. júna 2013), SHV-22 (pôvodná max. Q 0,94 l.min^{-1}; 23. máj 2014), SHV-21 (pôvodná max. Q 0,67 l.min^{-1}; 15. december 2015) a SHV-112 (pôvodná max. Q 0,25 l.min^{-1}; 14. november 2015). Podobne, prekročené boli i doteraz namerané minimálne výdatnosti, a to v 3 prípadoch.

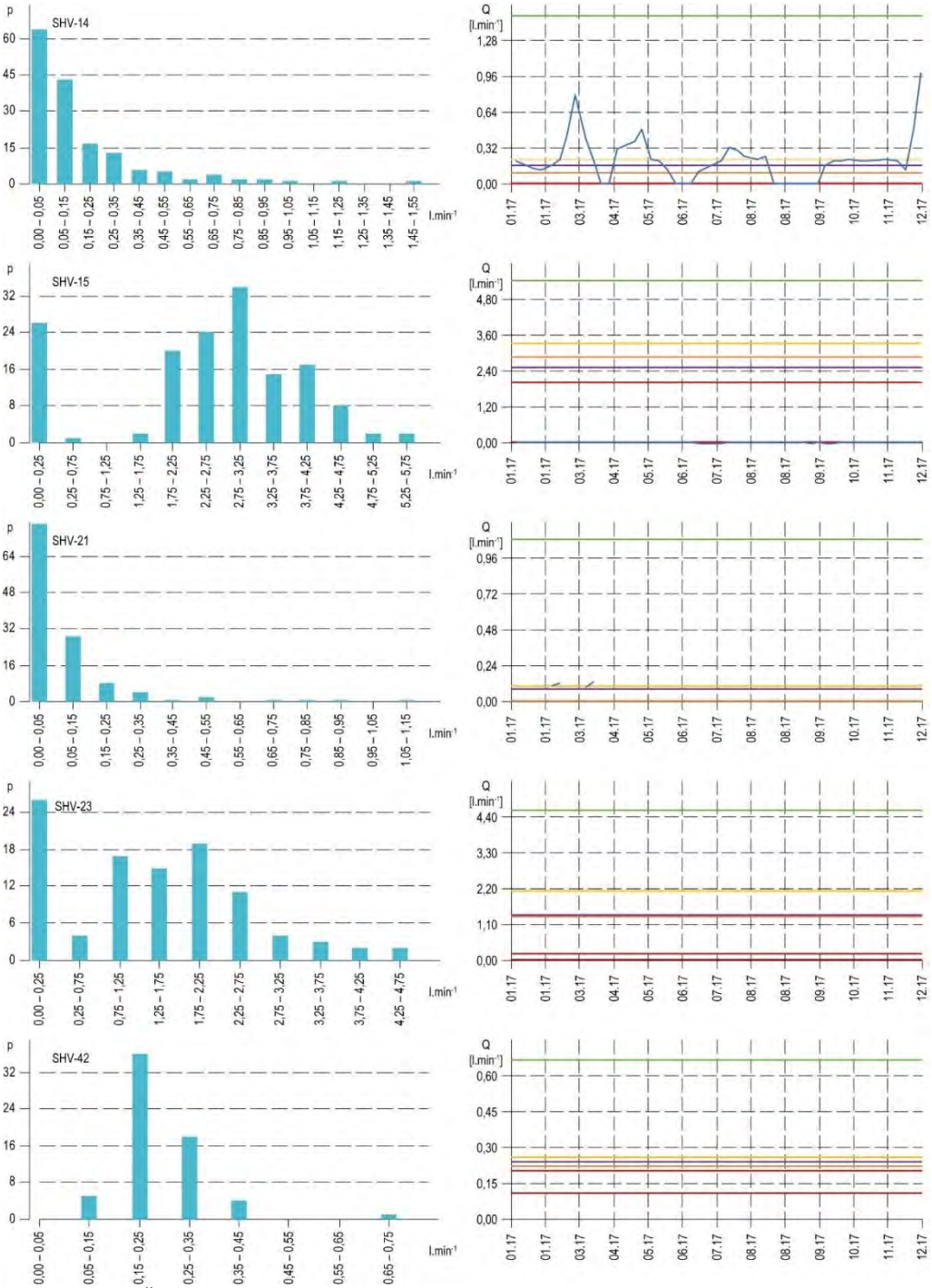
V roku 2017 bolo na väčšine vrtov zabezpečených 43 kontrolných meraní (len na vrtoch SHV-21, 22 a 23 bolo zabezpečených šesť meraní). Merania sa realizovali v období od 5. januára do 30. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 5. januára na odvodňovacom vrte SHV-112 (6,67 l.min^{-1}). V tomto vrte 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. 4.1.13).

Tab. 4.1.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Myšľa v roku 2016

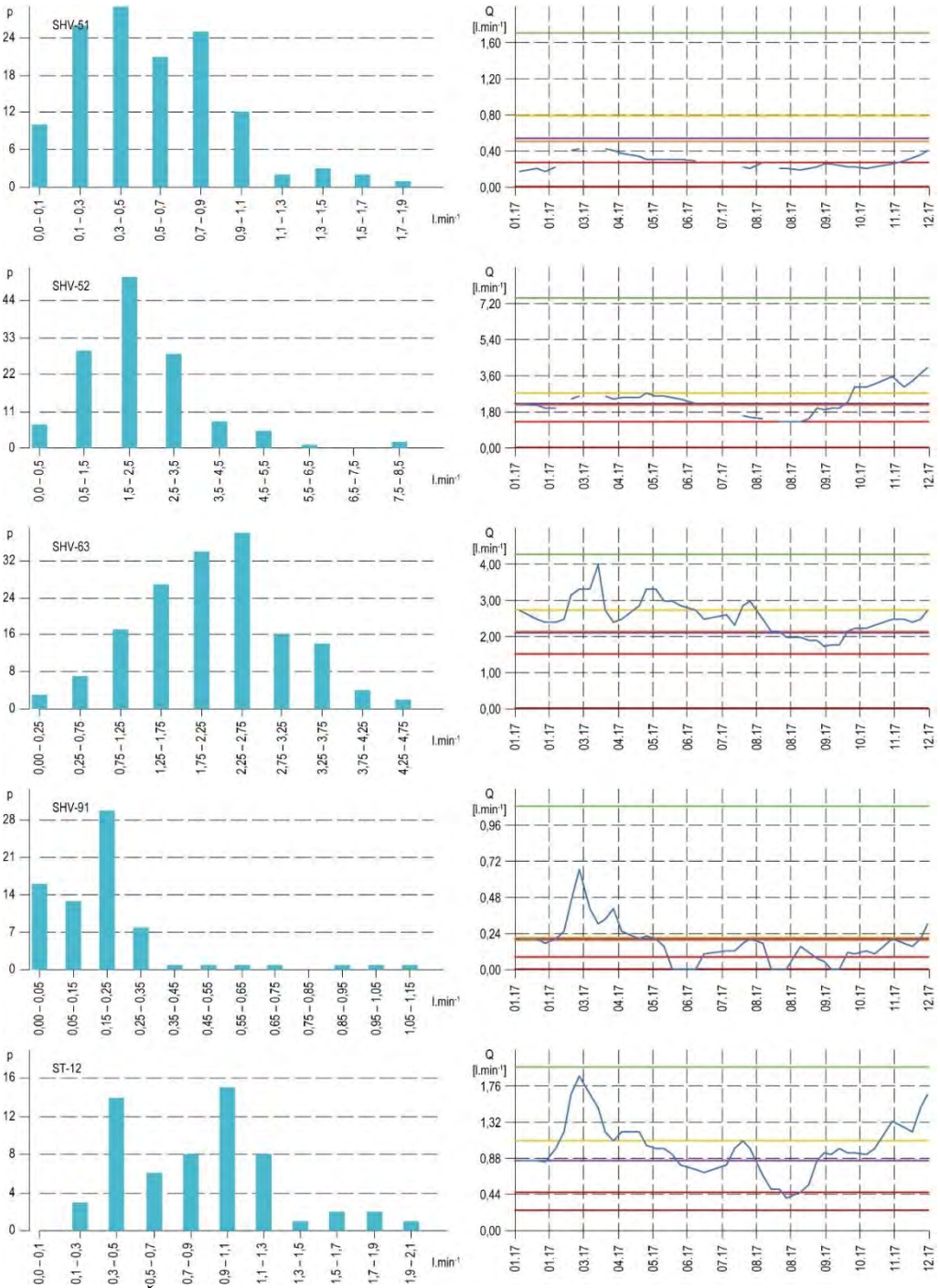
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HNM-1	45	0,10	10. 3. 16	0,00	14. 1. 16	0,00	0,10
HNM-2	45	0,00	10. 3. 16	0,00	14. 1. 16	0,00	0,00
HNM-3	45	0,01	16. 3. 16	0,00	14. 1. 16	0,00	0,01
SHV-101	45	suché					
SHV-11	45						
SHV-111	45	3,00	10. 3. 16	0,00	14. 1. 16	0,13	3,00
SHV-112	45	3,33	10. 3. 16	0,00	14. 1. 16	0,35	3,33
SHV-12	45	3,33	10. 11. 16	0,00	7. 9. 16	0,69	3,33
SHV-13	45	0,40	17. 2. 16	0,00	28. 1. 16	0,02	0,40
SHV-14	45	1,00	17. 2. 16	0,00	21. 6. 16	0,14	1,00
SHV-15	45	4,00	10. 3. 16	0,00	30. 8. 16	1,16	4,00
SHV-21	45	1,09	17. 2. 16	0,00	7. 7. 16	0,15	1,09
SHV-22	45	1,00	17. 2. 16	0,00	14. 1. 16	0,07	1,00
SHV-23	45	0,00	14. 1. 16	0,00	14. 1. 16	0,00	0,00
SHV-31	45	suché					
SHV-32	45						
SHV-33	45						
SHV-34	45						
SHV-51	45	0,92	16. 3. 16	0,00	7. 9. 16	0,29	0,92
SHV-52	45	3,33	16. 3. 16	0,67	28. 1. 16	2,03	2,67
SHV-53	45	0,21	16. 3. 16	0,00	14. 1. 16	0,03	0,21
SHV-61	45	suché					
SHV-62	45						
SHV-63	45	3,53	24. 11. 16	1,33	21. 1. 16	2,41	2,20
SHV-64	45	0,20	18. 11. 16	0,00	14. 1. 16	0,04	0,20
SHV-71	45	suché					
SHV-72	45						
SHV-73	45						
SHV-81	45						
SHV-82	45	1,50	17. 2. 16	0,00	14. 1. 16	0,29	1,50
SHV-91	45	1,09	10. 3. 16	0,00	12. 8. 16	0,23	1,09
SHV-92	45	suché					
SHV-93	45						
ST-12	45	2,00	10. 3. 16	0,50	14. 1. 16	1,07	1,50

Počas roku 2017 bolo 24 vrtov suchých (minimálne počas jedného merania), resp. ojedinele z nich kvapkala voda. Pri hodnotení minimálnych ročných výdatností treba v prvom rade upozorniť na skutočnosť, že väčšina vrtov je permanentne suchá, resp. na vrtoch je pozorované len kvapkanie. Do skupiny vrtov s veľmi nízkou výdatnosťou patrí až 28 objektov. V roku 2017 bola na týchto vrtoch nameraná 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 $l.min^{-1}$).



Obr. 4.1.13a. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2013 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Nižná Myšľa. Analyzované obdobia (AO): 2. máj 2013 – 10. november 2016 (SHV-21), 2. máj 2013 – 16. september 2016 (SHV-23), 2. máj 2013 – 28. december 2016 (SHV-14), 2. máj 2013 – 3. február 2015 (SHV-42), 5. august 2013 – 28. december 2016 (SHV-15); p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).



Obr. 4.1.13b. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2013 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Nižná Myšľa. Analyzované obdobia (AO): 14. máj 2015 – 28. december 2016 (SHV-91, ST-12), 2. máj 2013 – 24. november 2016 (SHV-51, SHV-52), 2. máj 2013 – 28. december 2016 (SHV-63); p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

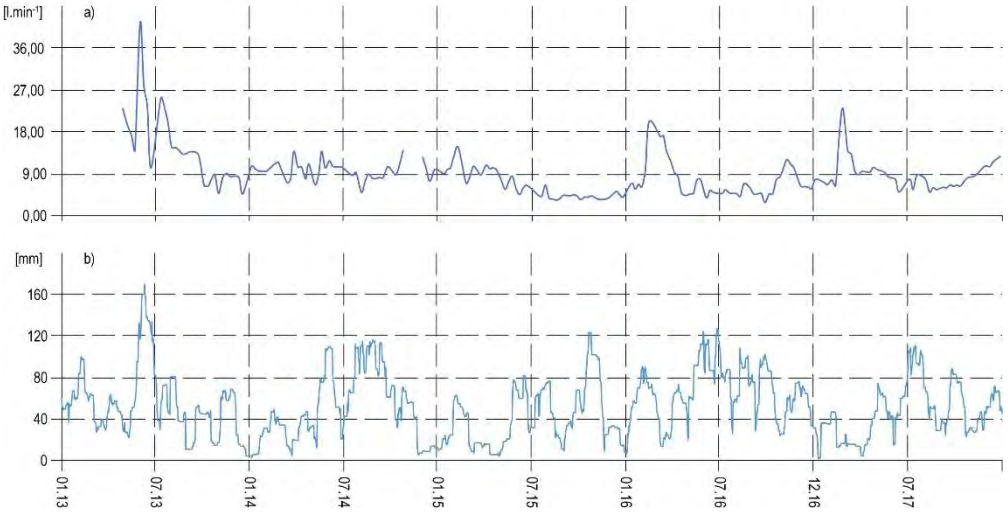
Tab. 4.1.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Myšľa v roku 2017

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}]
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

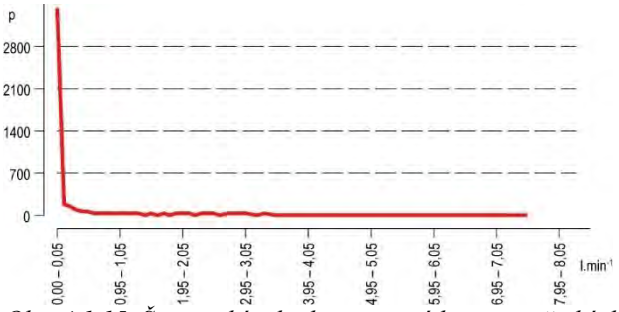
Štatistické zhodnotenie výdatnosti z vybratých odvodňovacích zariadení, porovnané s nameraným prietokom v roku 2017, je znázornené na obr. 4.1.13a a 4.1.13b. Množstvo odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami je znázornené na obr. 4.1.14 a štatistické zhodnotenie nameraných výdatností na celej lokalite je na obr. 4.1.15.

Z analýzy výdatnosti vyplýva, že počas monitorovaného obdobia výrazne prevládajú hodnoty blízke nule. Prietoky v roku 2017 ani v jednom prípade neprekročili doteraz namerané maximálne hodnoty. 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 – 0,1 l.min^{-1}).

Pri hodnotení celého monitorovaného obdobia môžeme konštatovať, že 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}.



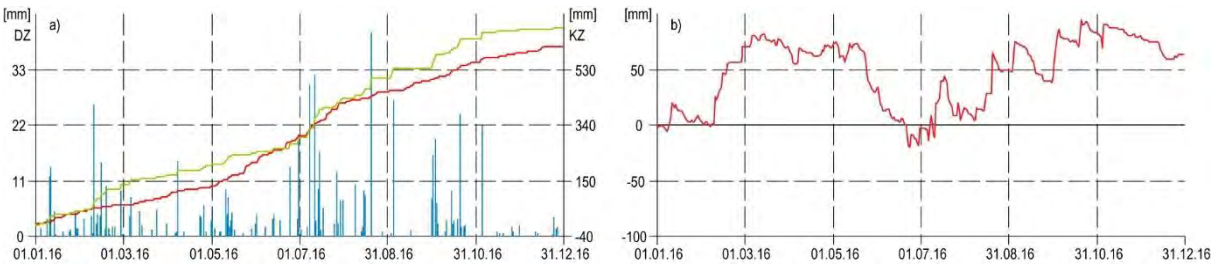
Obr. 4.1.14. Priebeh dlhodobých (2013 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Nižná Myšľa; a – spoločná výdatnosť všetkých odvodňovacích zariadení na lokalite, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Čaňa (indikatív 60140).



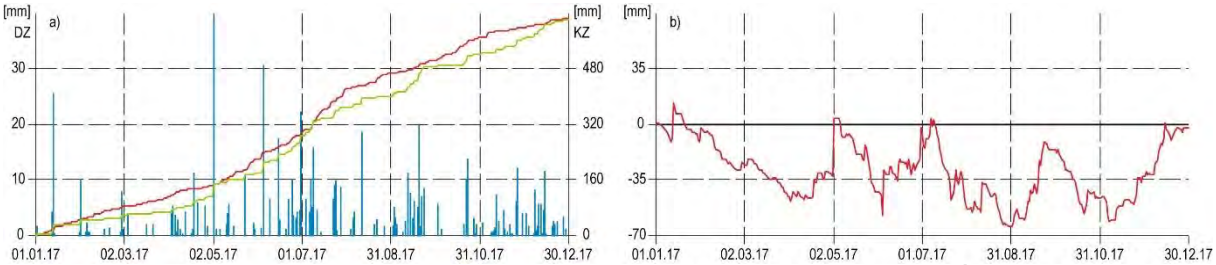
Obr. 4.1.15. Štatistické zhodnotenie výdatnosti všetkých odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Myšľa. Analyzované obdobie: 28. marec 2011 – 28. december 2016 (37 odvodňovacích vrtov; termíny meraní v jednotlivých vrtoch sa vo viacerých prípadoch nezhodujú); p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas analyzovaného obdobia.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Čaňa s indikatívom 60140 a Vyšný Čaj s indikatívom 60100 (obr. 4.1.16, 4.1.17, 4.1.18 a 4.1.19). Dlhodobý ročný zrážkový priemer na stanici Čaňa, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2016, predstavuje 594,4 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 691,9 mm (rok 2016); priemerný mesačný úhrn 49,5 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. 4.1.16. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100); 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 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

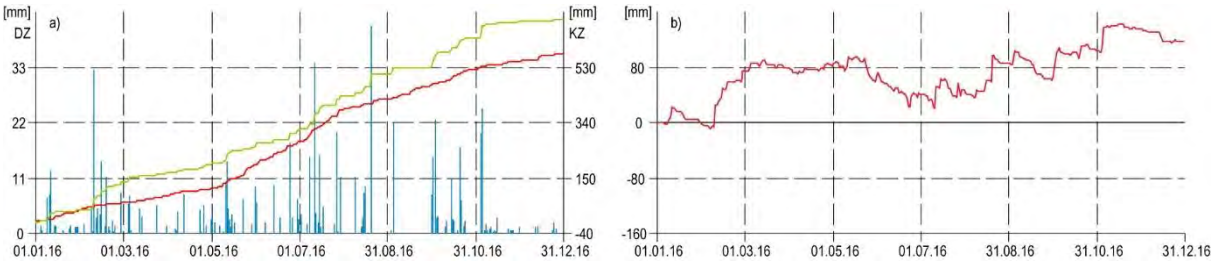


Obr. 4.1.17. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.

Na stanici Vyšný Čaj dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2016, 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.

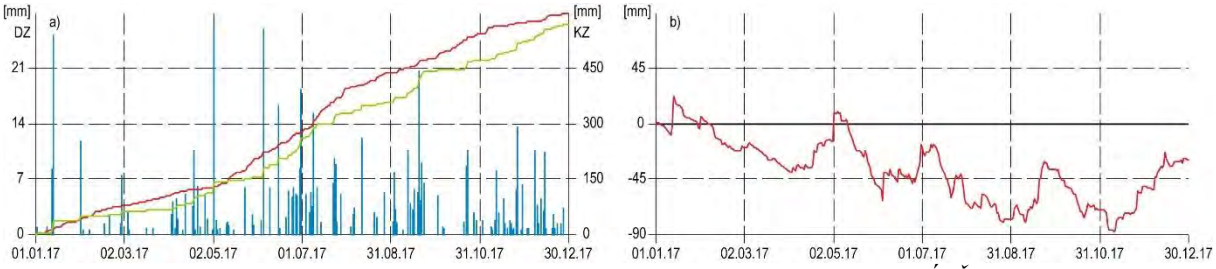
Na stanici Čaňa bol v roku 2016 zaznamenaný zrážkový úhrn 691,9 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (126,1 mm – najvyšší júlový úhrn od roku 2011) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (41,2 mm). Najsuchším mesiacom bol december so 7,8 mm zrážok. Maximálne tridsaťdňové kumulatívne zrážky boli v období od 1. júla do 31. júla (119,2 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 567,2 mm, čo zodpovedá 95,42 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (88,2 mm) a najvyšší denný úhrn 3. mája (25,9 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 11,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 15. júna 2017 do 15. júla 2017 (110,1 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 5. marca 2017 do 4. apríla 2017), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,1 mm.



Obr. 4.1.18. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Čaňa (indikatív 60140); 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 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

Na stanici Vyšný Čaj bol v roku 2016 nameraný zrážkový úhrn 673,4 mm. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas júla, dosiahol 149,4 mm (najvyšší júlový úhrn od roku 2011) a najvyšší denný úhrn, nameraný 21. augusta, dosiahol hodnotou 40,2 mm. Najsuchším mesiacom bol december, kedy spadlo len 11,0 mm zrážok. Maximálna tridsaťdňová hodnota kumulatívnych zrážok bola v období od 1. júla do 31. júla (146,0 mm).



Obr. 4.1.19. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Čaňa (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.

V roku 2017 bol nameraný zrážkový úhrn 620,5 mm, čo predstavuje 99,97 % dlhodobého priemeru a je ho možné charakterizovať ako normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas júla, dosiahol 101,6 mm a najvyšší denný úhrn bol nameraný 3. mája s hodnotou 38,5 mm. Najsuchším mesiacom bol marec, kedy spadlo 15,9 mm zrážok. Najvyššia tridsaťdňová hodnota kumulatívnych zrážok bola dosiahnutá v období od 15. júna 2017 do 15. júla 2017 (119,6 mm), naopak najsuchšie tridsaťdňové obdobie bolo pozorované od 2. marca do 1. apríla. Počas tohto obdobia bol nameraný kumulatívny úhrn 7,1 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Nižná Myšľa sa v roku 2017 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. Jednoznačne najväčšia deformácia v roku 2017 bola nameraná vo vrte INK-22 (v období od novembra 2016 do apríla 2017). V hĺbke približne 4,5 m pod terénom došlo k mimoriadnej deformácii, a to až 41,02 mm. V ostatných vrtoch, počas jednotlivých etáp, boli síce namerané podstatne menšie hodnoty, ale mnohé z nich indikujú stabilitne nepriaznivý stav. Zvýšené hodnoty pohybovej aktivity boli pozorované opätovne v oblasti nad školou vo vrte INK-53. Počas jarného merania bola v tomto vrte nameraná deformácia 13,2 mm. Deformácie nad 10 mm boli počas jarnej etapy namerané aj vo vrte INM-2, ktorý sa nachádza v južnej časti Obchodnej ul. Výsledky jesennej etapy poukazujú na pokles pohybovej aktivity vo veľkej časti vrtov, avšak zvýšené hodnoty boli opäť namerané vo vrte INK-22 a tiež v území nad školou, a to vo vrte INK-52. I napriek spomenutým vysokým hodnotám, počas oboch etáp prevládali etapové prírastky deformácie v rozsahu 0 až 1 mm (až v 24 prípadoch). Z tohto hľadiska je možné hodnotiť rok 2017 kladne.

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

Režimové merania zabezpečované pozorovateľom boli v roku 2017 realizované na všetkých dostupných piezometrických vrtoch; súčasne prebiehali kontinuálne merania automatickými hladinomermi. Na lokalite v roku 2017 sa pokračovalo s kontrolnými meraniami i na množine odvodňovacích vrtov, ktoré v území predstavujú jedno z hlavných sanačných opatrení. Merania sa realizovali na 37 subhorizontálnych odvodňovacích vrtoch.

Hladiny podzemnej vody mali v roku 2017, podobne ako v predchádzajúcom roku, pomerne ustálený priebeh. Len vzácne boli zaznamenané zmeny väčšie ako 3 m. Až v 31 vrtoch kolísanie hladiny podzemnej vody nepresiahlo 1 m. Zmeny hĺbky hladiny nad 4 m boli pozorované len v 4 vrtoch. Za pozitívne možno považovať, že až v 11 piezometroch klesla

hladina podzemnej vody pod úroveň dna vrtu. Podstatnejšou skutočnosťou je, že v 3 prípadoch došlo k prekročeniu maximálnych stavov, zaznamenaných v predchádzajúcom období. Súvisí to so zimnými zrážkovým úhrnmi, zaznamenanými na začiatku, ale aj na konci roka. V prípade vrtov s inštalovanými automatickými hladinomermi, kde máme najlepší obraz o správaní hladiny podzemnej vody, sme pozorovali najväčšie kolísanie vo vrte JV-17. Hladina v tomto monitorovacom objekte zaznamenala vzostup počas zimného, ale i jesenného obdobia. Hladinomery, umiestnené vo vrtoch JV-14 a JV-54, boli nefunkčné. Z tohto dôvodu boli počas roka 2017 odinštalované. Aktuálne, k 31. decembru 2017, sa na lokalite nachádzajú 2 funkčné automatické hladinomery.

Pri hodnotení odvodňovacích zariadení je nutné opakovane konštatovať veľmi nízku účinnosť. Značná časť vrtov bola suchá počas všetkých meraní a u zvyšnej časti vrtov boli pozorované len veľmi nízke hodnoty výdatnosti. Na zosuvnej lokalite je len 5 vrtov, ktoré celoročne odvádzajú podzemnú vodu. Najefektívnejšie z nich sú vrty SHV-12, SHV-52 a SHV-63. Aj napriek uvedeným informáciám, týkajúcich sa hĺbkového odvodnenia, bolo možné v roku 2017 konštatovať, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k miernemu nárastu výdatnosti.

Monitorované územie v súčasnosti predstavuje oblasť, v ktorej zosuv ohrozuje veľké množstvo rôznych objektov technosféry, ale najmä značnú časť obyvateľov obce Nižná Myšľa. Z tohto dôvodu plánujeme v roku 2018 pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2017. V tejto súvislosti sa budeme usilovať o pokračovanie v spolupráci s miestnym zastupiteľstvom obce pri zabezpečovaní monitorovania režimových ukazovateľov.

1.4.2. Lokalita Kapušany

Stručná charakteristika lokality

Zosuv v obci Kapušany postihuje JV svah pod Kapušianskym hradom. Pri aktivizácii tohto zosuvu došlo k porušeniu 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 (Fekeč et al., 2014c in Šimeková et al., 2014).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Na lokalite Kapušany boli v rokoch 2016 a 2017 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 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	10	INK-1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12A	2 *(27. apríl, 9. november)*	2 *(19. apríl, 20. apríl, 25. apríl, 17. október, 18. október)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	6	V-POZ-2, V-POZ-3[1], V-POZ-4, V-POZ-5, V-POZ-7, V-POZ-10	10 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. 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 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. 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 – „strihnutie“*

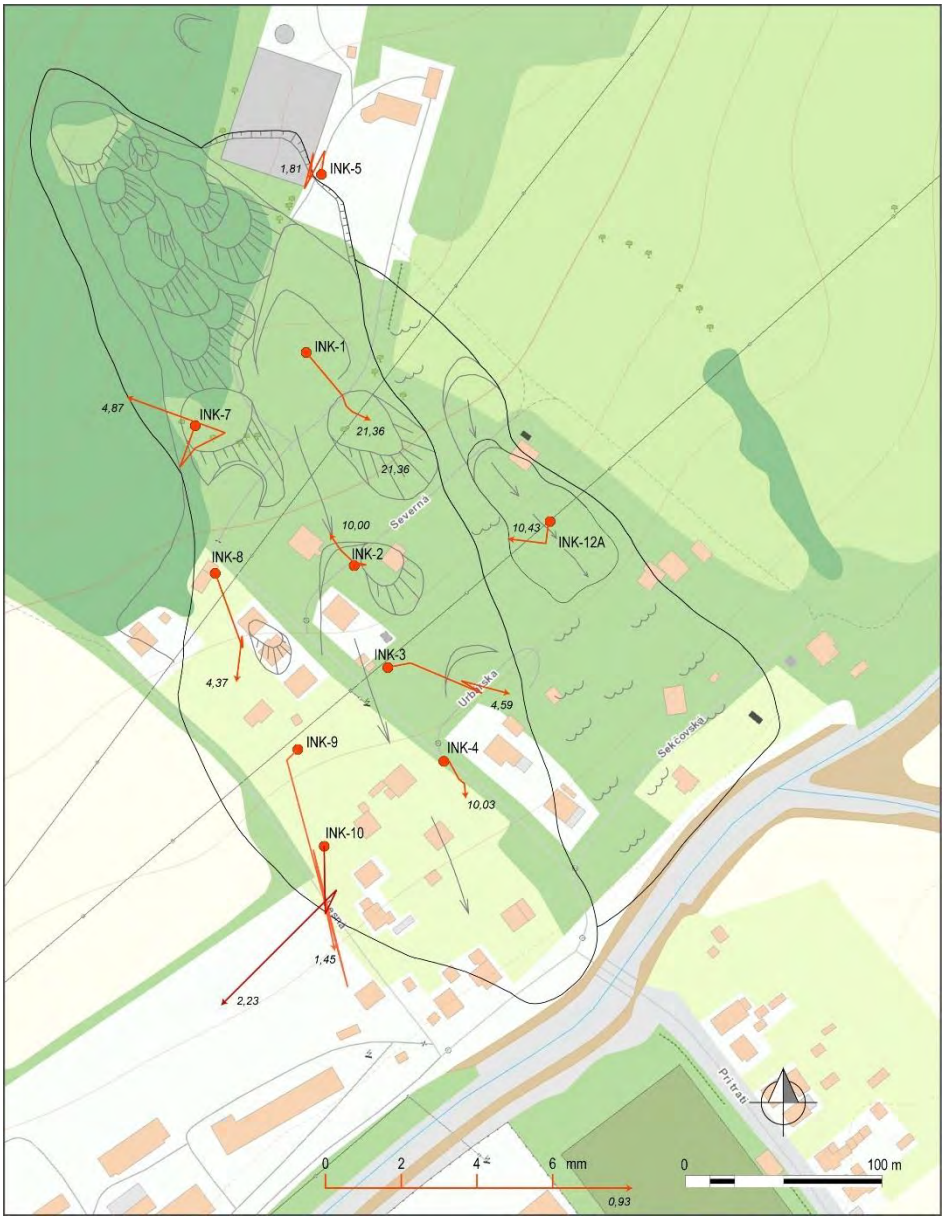
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2016 a 2017 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite Kapušany sa inklinometrické merania vykonávajú v 10 vrtoch. V rokoch 2016 a 2017 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.

V roku 2016 sa v monitorovaní pokračovalo meraním zo dňa 27. apríla. Táto etapa poukázala na pomerne priaznivý stabilitný vývoj zosuvného územia. Najvyššia deformácia bola nameraná vo vrte INK-10 v hĺbke 2,23 m pod terénom (1,80 mm, čo predstavuje priemernú

rýchlosť pohybu 3,62 mm.rok^{-1}). Nad jeden milimeter sa dostali deformácie na predpokladaných šmykových plochách ešte vo vrtoch INK-1 (v hĺbke 21,36 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,49 mm; 2,98 mm.rok^{-1}), INK-7 (v hĺbke 4,87 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,17 mm; 2,35 mm.rok^{-1}), INK-8 (v hĺbke 4,37 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,00 mm, 2,01 mm.rok^{-1}). V ostatných vrtoch sa namerané deformácie pohybovali v rozsahu 0,1 až 0,64 mm. Celkove, na základe získaných výsledkov počas aprílovej etapy, možno zosuvné územie v období od konca októbra 2015 do konca apríla 2016 považovať za relatívne stabilné.

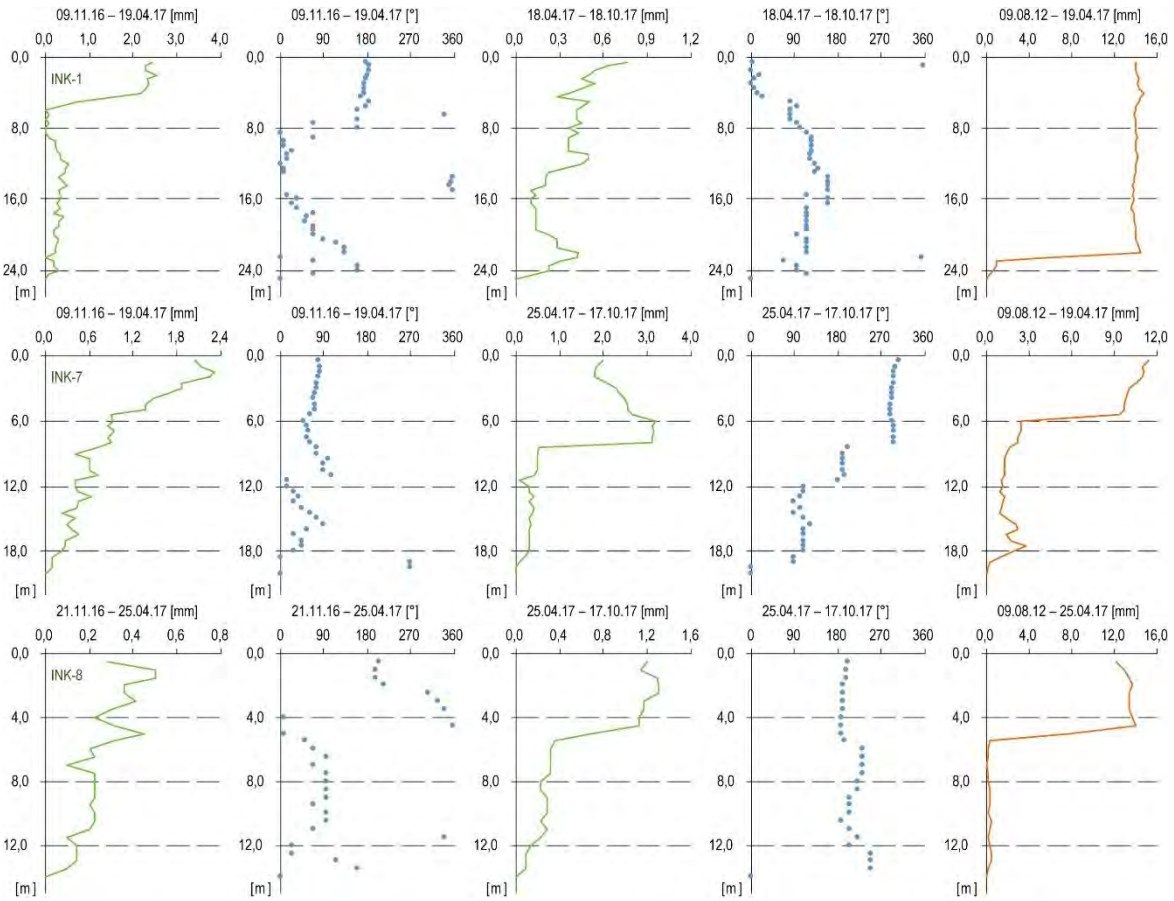


Obr. 4.2.1. Lokalita Kapušany – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.2.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Lafférsa et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®

V nasledujúcom období, ktoré dokumentuje novembrové meranie, bol podobný stav zachovaný vo väčšej časti územia. Výnimku predstavujú len oblasti v blízkosti vrtov INK-9 a INK-3. Vo vrte INK-9 bola plytko pod terénom v hĺbke 1,45 m nameraná deformácia 6,21 mm, ktorá predstavuje priemernú rýchlosť 11,45 mm.rok^{-1}. Smer deformácie bol blízky

azimutu svahu. Dlhodobá deformácia v sledovanom horizonte (od 9. augusta 2012 do 11. novembra 2016) dosiahla 24,10 mm. Priemerná rýchlosť deformácie teda dosiahla 5,66 mm.rok^{-1}. Počas poslednej etapy merania bola v hĺbke 5,95 detegovaná ďalšia šmyková plocha s deformáciou 1,86 mm.

Vo vrte INK-3, ktorý sa nachádza v strednej časti zosuvu, bola v hĺbke 4,59 m pod terénom nameraná deformácia 2,05 mm (3,82 mm.rok^{-1}). Vektor je však orientovaný na východ. Podobne i v predchádzajúcich meraniach azimuty v uvedenej hĺbke nekorešpondujú so spádnicou svahu. Deformácie v rozsahu 1,1 až 1,14 mm boli namerané vo vrtoch INK-5 a 8. V ostatných vrtoch boli na sledovaných šmykových plochách namerané deformácie v rozsahu 0,1 až 0,71 mm.

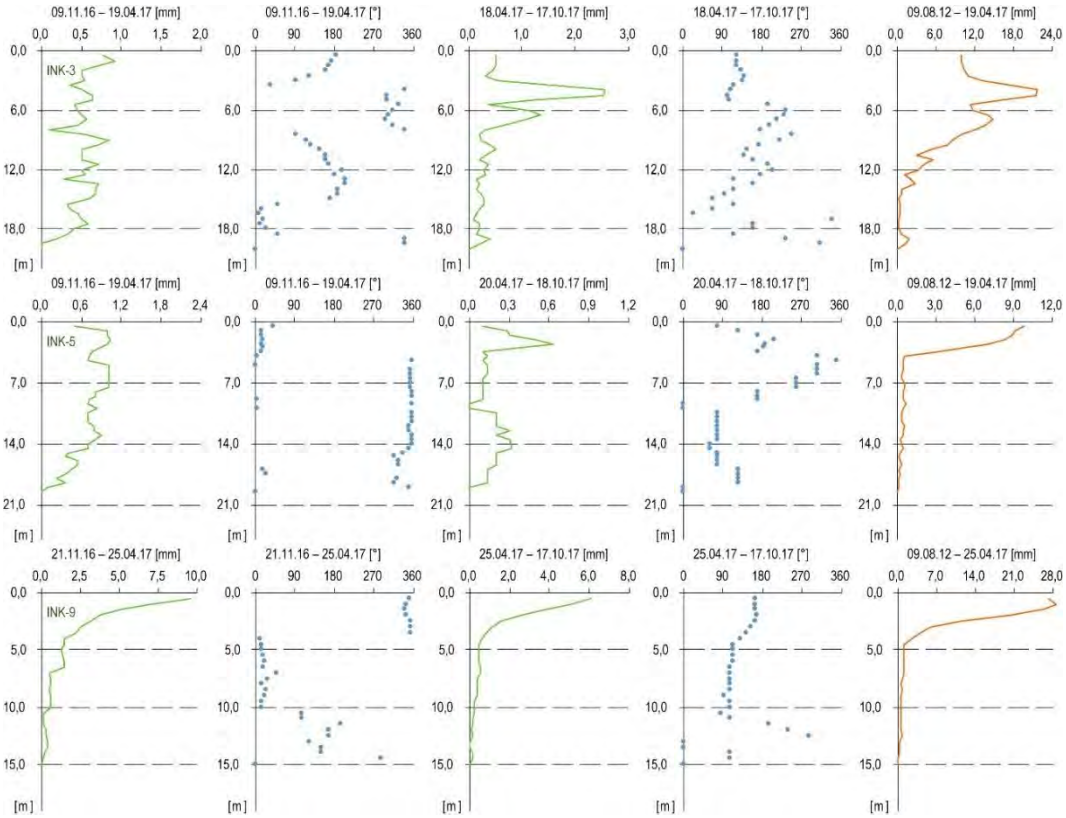


Obr. 4.2.2a. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Kapušany (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

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 jednotlivých sledovaných šmykových plochách namerané deformácie do 1 mm. 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°).

Počas 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.



Obr. 4.2.2b. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Kapušany (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

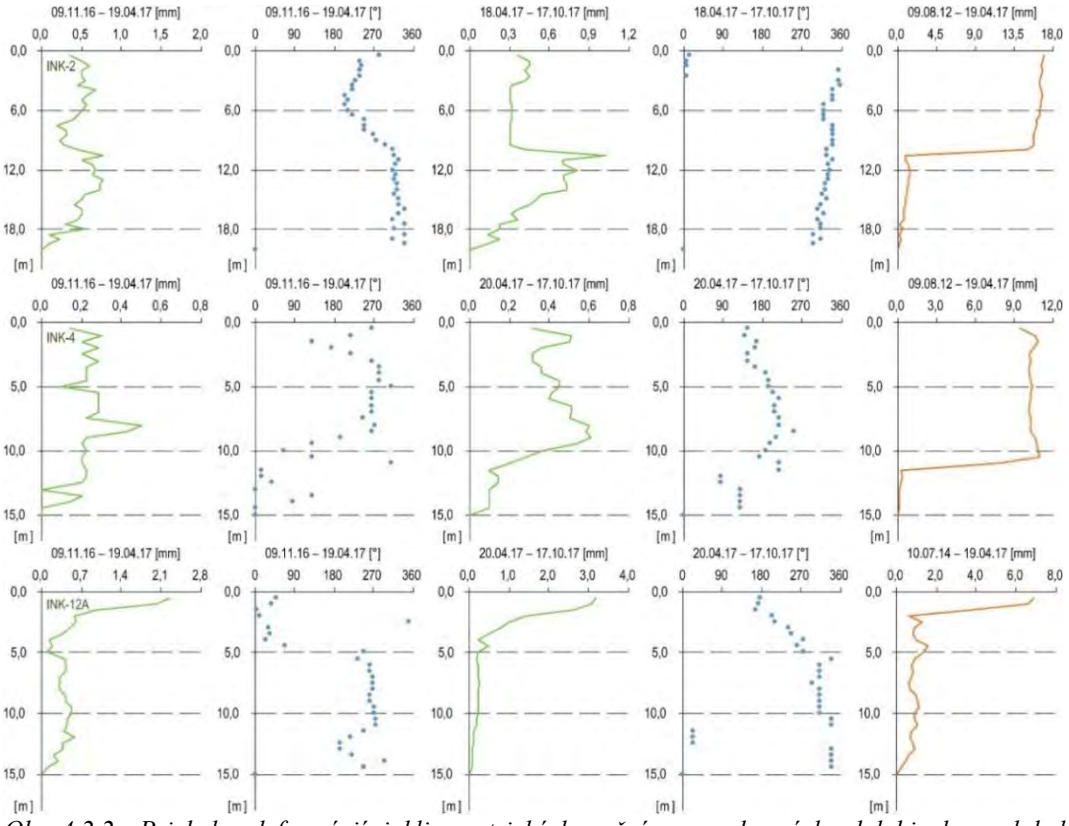
Pri hodnotení výslednej deformácie za obdobie od augusta 2012 do apríla 2017 (obr. 4.2.2) je vidieť, že najvyššie deformácie na šmykových plochách boli namerané vo vrte INK-9 (v hĺbke 1,45 m pod terénom bola zaznamenaná deformácia 20,41 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,35 mm.rok^{-1}). Vysoké hodnoty výslednej deformácie boli namerané aj vo vrte INK-3 (v hĺbke 4,59 m pod terénom – 16,19 mm – 3,45 mm.rok^{-1}) a INK-2 (10,0 m pod terénom – 15,01 mm – 3,20 mm.rok^{-1}). Z jednotlivých obrázkov 4.2.2 je vidieť, že výrazné šmykové plochy sa počas obdobia monitorovania vyprofilovali aj vo vrtoch INK-1 (v hĺbke 21,36 m pod terénom – výsledná deformácia 14,36 mm – priemerná rýchlosť 3,06 mm.rok^{-1}),

INK-4 (10,03 m pod terénom – 10,87 mm – 2,31 mm.rok^{-1}), INK-7 (4,87 m pod terénom – 9,3 mm – 1,98 mm.rok^{-1}) a INK-8 (4,37 m pod terénom – 13,94 mm – 2,97 mm.rok^{-1}).

Tab. 4.2.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Kapušany v rokoch 2016 a 2017

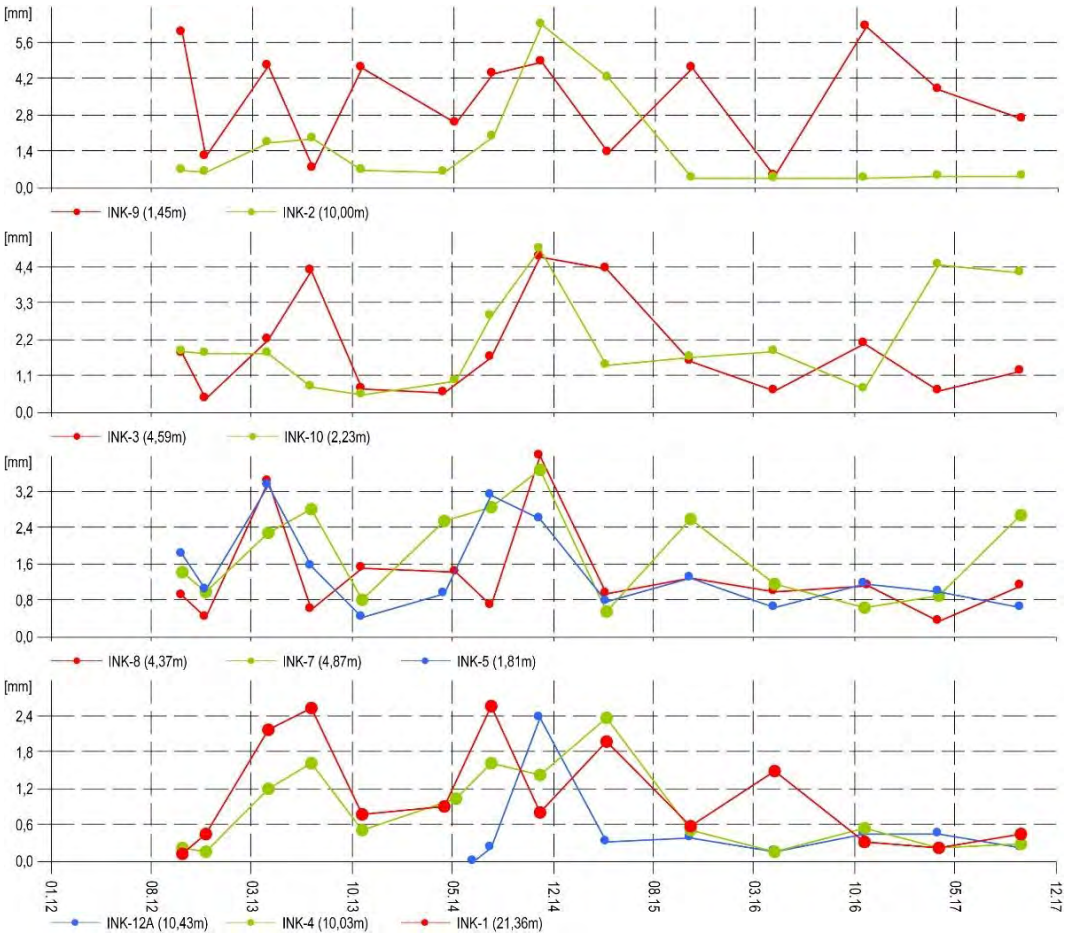
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	28. 10. 15 – 27. 4. 16		27. 4. 16 – 9. 11. 16		9. 11. 16 – 19. 4. 17		20. 4. 17 – 18. 10. 17					
		CD [mm]	ED [mm]	CD [mm]	ED [mm]	CD [mm]	ED [mm]	CD [mm]	ED [mm]	CD [mm]	ED [mm]	CD [mm]	ED [mm]
INK-1	21,36	13,86	1,49	140	14,14	0,30	160	14,36	0,22	133	0,42	0,42	115
INK-2	10,00	15,72	0,32	88	15,45	0,36	284	15,01	0,45	313	0,41	0,41[2]	326[2]
INK-3	4,59	14,91	0,61	79	16,82	2,05	113	16,19	0,64	301	1,22	1,22[2]	105[2]
INK-3	8,59	7,22	0,64	109	7,92	0,70	160	8,58	0,85	115	0,22	0,22[2]	223[2]
INK-3	13,09	3,61	0,10	340	3,42	0,32	142	2,72	0,71	205	0,20	0,20[2]	160[2]
INK-4	10,03	10,15	0,14	85	10,67	0,54	152	10,87	0,20	130	0,28	0,28[2]	175[2]
INK-5	1,81	7,28	0,63	8	7,36	1,14	208	7,04	0,98	14	0,63	0,63[2]	188[2]
INK-7	4,87	9,08	1,17	200	8,98	0,64	39	9,30	0,89	63	2,66	2,66[3]	290[3]
INK-7	16,87	2,66	0,20	270	2,69	0,14	45	2,77	0,28	45	0,32	0,32[3]	108[3]
INK-8	4,37	13,18	1,00	160	14,26	1,10[1]	160[1]	13,94	0,32	358	1,12	1,12[3]	187[3]
INK-9	1,45	17,96	0,41	226	24,10	6,21[1]	165[1]	20,41	3,74	346	2,62	2,62[2]	168[2]
INK-10	2,23	4,72	1,80	179	4,48	0,71	25				4,20	4,20[2]	225[2]
INK-10	6,73	1,36	0,72	104	1,28	0,10	250				0,14	0,14[2]	205[2]
INK-12A	10,43	1,61	0,14	205	1,52	0,45	187	1,08	0,45	277	1,08	0,45[2]	277[2]

CD – celková deformácia od nultého merania (9. 8. 12 – vrty: INK-1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12; 10. 7. 14 – vrt INK-12a); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 27. 4. 16 – 21. 11. 16; [2] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 20. 4. 17 – 17. 10. 17; [3] – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 25. 4. 17 – 17. 10. 17



Obr. 4.2.2c. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Kapušany (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Pri hodnotení celého obdobia monitorovania možno konštatovať, že k nárastu pohybovej aktivity na sledovaných šmykových plochách došlo 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 počas prvých dvoch etáp v roku 2013, ale tiež i počas novembrovej v roku 2016.



Obr. 4.2.3. Priebehy dlhodobých (2012 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Kapušany, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

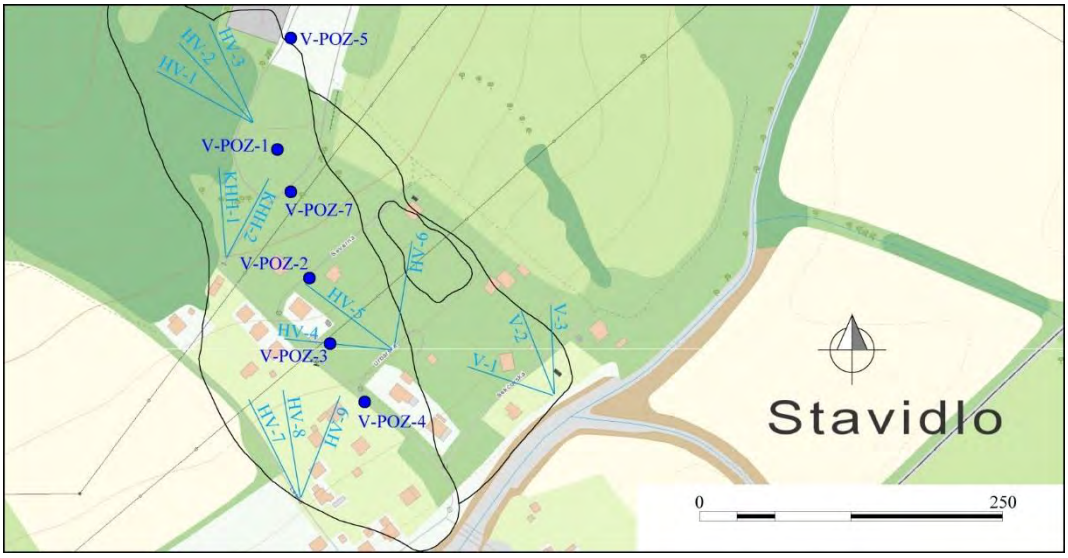
b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Kapušany začal systematický monitoring zmien hĺbky hladiny podzemnej vody až v roku 2015. Monitorovacie aktivity sa začali realizovať na 7 pozorovacích vrtoch (tab. 4.2.1; štatistické 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).

V roku 2016 sa merania vykonávali v 6 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte V-POZ-10 (0,36 m pod terénom – 275,01 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 27. júna. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,36 až 9,80 m pod terénom (V-POZ-2). Vyskytovali sa od 1. marca (napr. vrt V-POZ-5) do 27. júna (napr. vrt V-POZ-10). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte V-POZ-2 (min. hladina podzemnej vody 10,77 m pod terénom bola nameraná dňa 27. júna). Minimálne hladiny podzemnej vody sa najčastejšie vyskytovali 28. septembra.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 6,73 m pod terénom, čo je oproti roku 2015 vzostup o 0,28 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,05 (vrt V-POZ-10) do 10,57 m pod terénom (vrt V-POZ-2). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte V-POZ-3 (2,21 m).

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi z predchádzajúceho obdobia (od 2013 do 2015) vyplýva, že dlhodobé maximá boli prekročené v 1 prípade, a to vo vrte V-POZ-7 (vzostup o 0,74 m). Taktiež boli prekonané aj minimálne stavy, a to až v 3 vrtoch – V-POZ-2 (pokles o 0,07 m), V-POZ-3 (pokles o 0,05 m) a V-POZ-4 (pokles o 0,21 m).



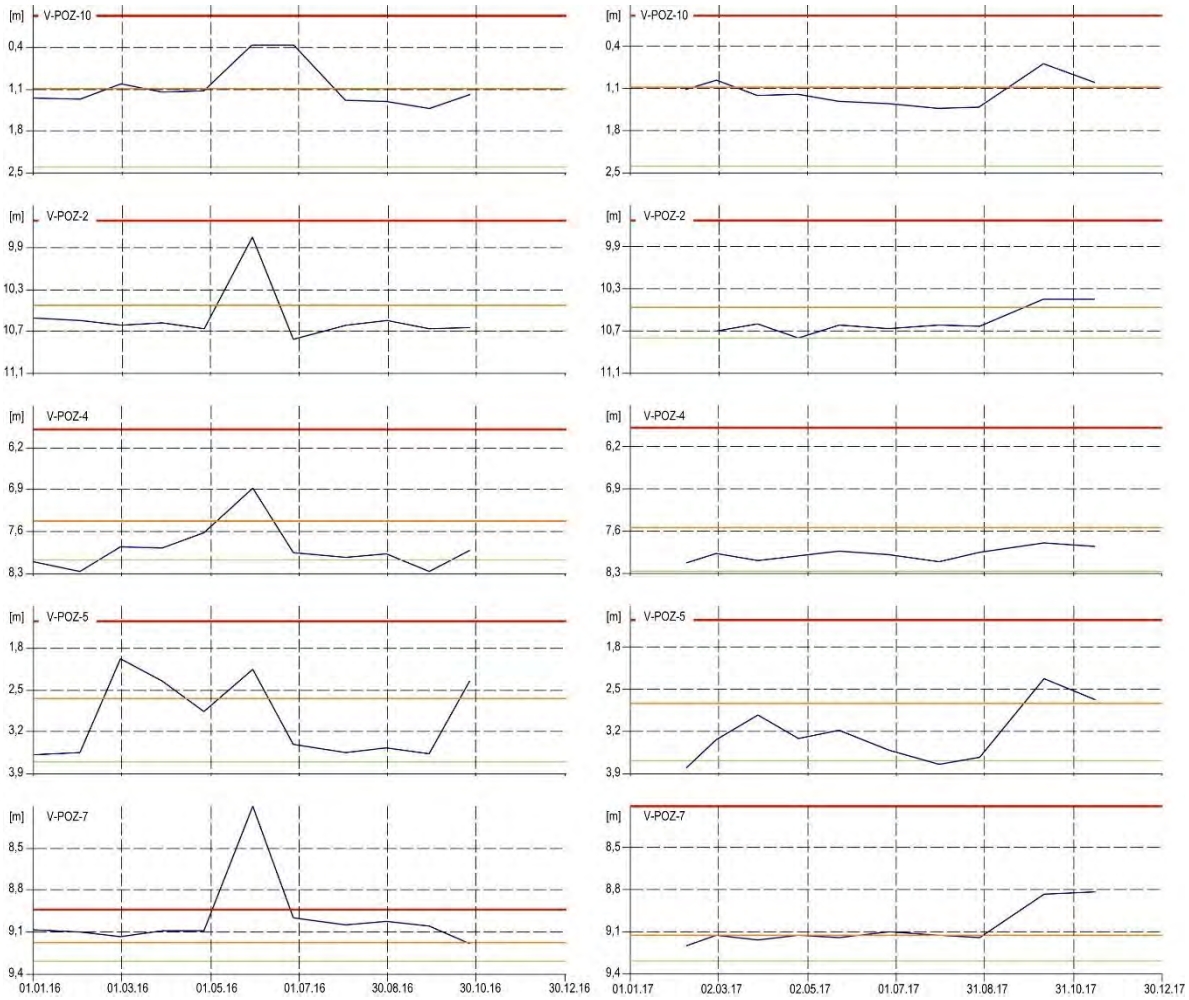
Obr. 4.2.4. Lokalita Kapušany – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty – vo vrte V-POZ-1 je inštalovaný automatický hladinomer, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvu podľa Lafférsa et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.2.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Kapušany v roku 2016

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.]	
V-POZ-10	10	0,36	275,01	27. 6. 16	1,43	273,94	28. 9. 16	1,05	274,32	1,07
V-POZ-2	10	9,80	284,41	30. 5. 16	10,77	283,44	27. 6. 16	10,57	283,64	0,97
V-POZ-3	10	7,86	275,85	30. 5. 16	10,07	273,64	2. 2. 16	8,97	274,74	2,21
V-POZ-4	10	6,88	269,51	30. 5. 16	8,27	268,12	28. 9. 16	7,86	268,53	1,39
V-POZ-5	10	1,98	315,96	1. 3. 16	3,57	314,37	28. 9. 16	2,93	315,02	1,59
V-POZ-7	10	8,20	303,27	30. 5. 16	9,18	302,29	26. 10. 16	8,99	302,48	0,98

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v 5 vrtoch a zrealizovaných bolo 10 meraní, ktoré boli vykonávané od 8. februára do 15. novembra. Najbližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná opätovne vo vrte V-POZ-10 (0,69 m pod terénom – 274,68 m n. m.) počas októbrového merania. Počas 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 až 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; dňa 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 neprekročili maximálne stavy zaznamenané v predchádzajúcom obrobí. V prípade minimálnych stavov hladiny podzemnej vody bola prekročená doteraz najhlbšia 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 hĺbku 3,82 m pod terénom (314,12 m n. m.), čo predstavuje pokles 0,12 m oproti dlhodobému minimu.



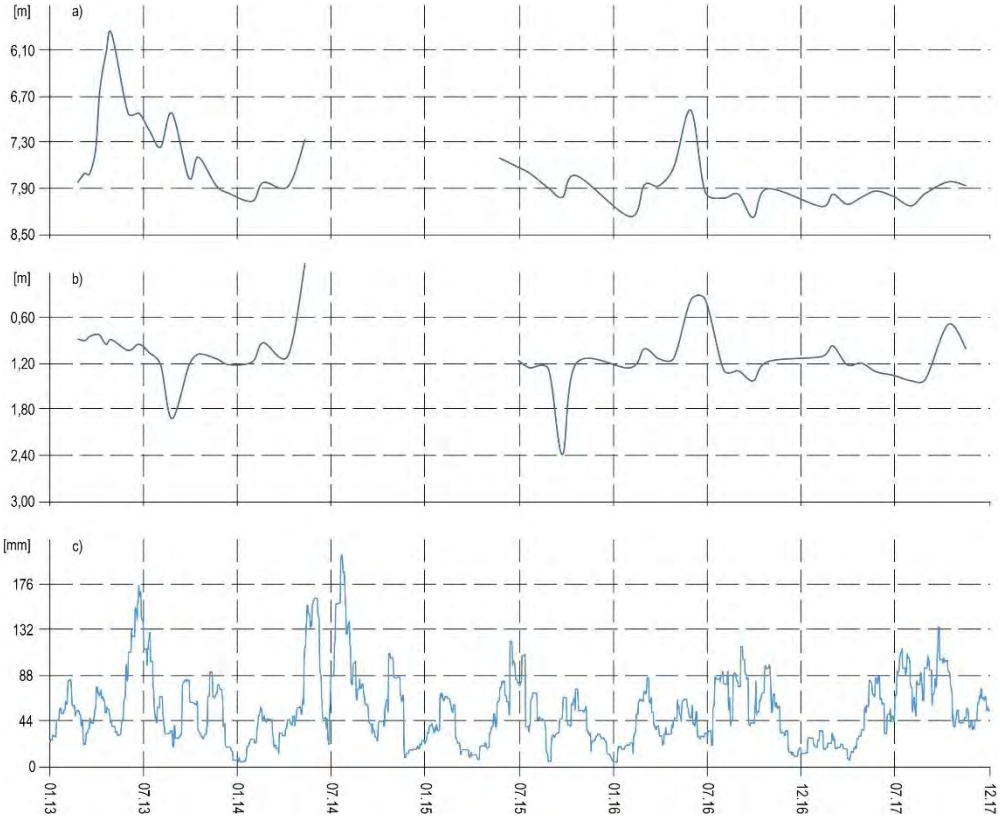
Obr. 4.2.5. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Kapušany, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

Tab. 4.2.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Kapušany 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.]	
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

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 6,42 m pod terénom. Priemerné hĺbky podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch nachádzali v intervale od 1,17 (vrt V-POZ-10) do 10,62 m pod terénom (vrt V-POZ-2). Najväčšia amplitúda hladiny podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte V-POZ-5 (1,5 m). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za roky 2016 a 2017 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.2.5. Priebehy hĺbky hladiny

podzemnej vody spolu s kumulatívnymi zrážkami za celé monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.2.6.



Obr. 4.2.6. Priebeh dlhodobých (2013 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Kapušany. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – V-POZ-4, b –V-PRIES-1; c – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Kapušany).

Z dlhodobého hľadiska je možné pozorovať postupný pokles hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch. Najvyššia hladina podzemnej vody, nameraná na lokalite Kapušany, bola 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).

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 2016 a 2017 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

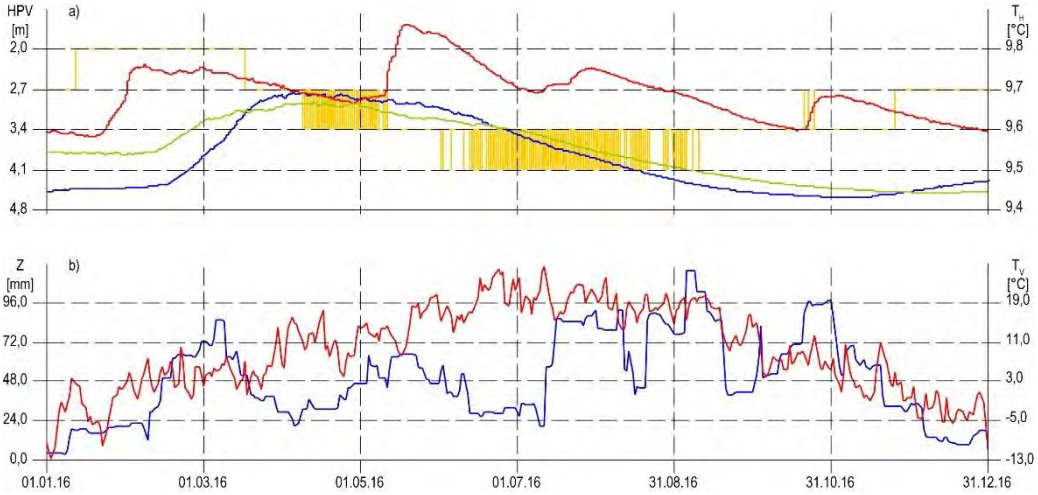
V roku 2016 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 2,75 m pod terénom (302,69 m n. m.; 9. apríl), čo je v porovnaní s rokom 2015 pokles o 0,5 m. Následne začala klesať a minimum s hĺbkou 4,57 m (300,87 m n. m.) dosiahla 27. októbra (oproti roku 2015 ide o pokles o 0,07 m). Z obrázku 4.2.7a vyplýva, že na priebeh hladiny podzemnej vody mali vplyv prevažne jarné zrážky. Výrazné letné a jesenné zrážkové úhrny sa na vzostupe hladiny prejavili len nepatrne, a to miernym vzostupom na konci jesenného obdobia. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 3,88 m pod terénom (301,56 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2015 pokles o 0,34 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,82 m. V porovnaní s rokom 2015 došlo k ustáleniu jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,02 m za deň, čím bola opätovne potvrdená

nízka dynamika zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v sledovanom vrte. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,01 m (čo je len 0,55 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,21 m pod terénom, 2. kvartil 4,19 m pod terénom a 3. kvartil 4,44 m pod terénom.

Tab. 4.2.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kapušany v roku 2016

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.]	
V-POZ-1	8784	2,75	302,69	9. 4. 16	4,57	300,87	27. 10. 16	3,88	301,56	1,82

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. 4.2.7a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Kapušany; a – automatický hladinomer umiestnený vo vrte V-POZ-1 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_v (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Kapušany.

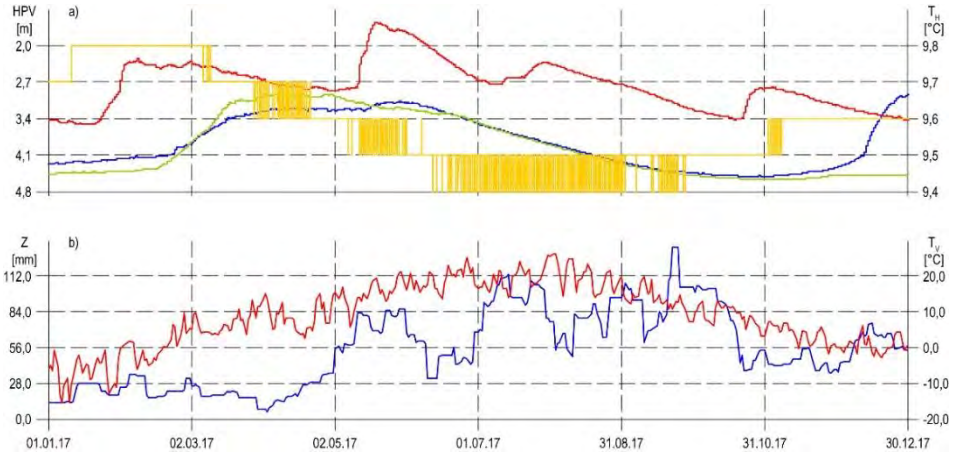
V roku 2017 bola minimálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 4,52 m pod terénom (300,92 m n. m.) počas 24. októbra. Naopak, najvyššie vystúpila 31. decembra, na úroveň 2,94 m pod terénom (302,50 m n. m.; tab. 2.4.5). Okrem pomerne prudkého nárastu hladiny na konci kalendárneho roka so spomenutým 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 hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,30 m pod terénom, 2. kvartil 3,96 m pod terénom a 3. kvartil 4,28 m pod terénom.

Tab. 4.2.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kapušany v 2017

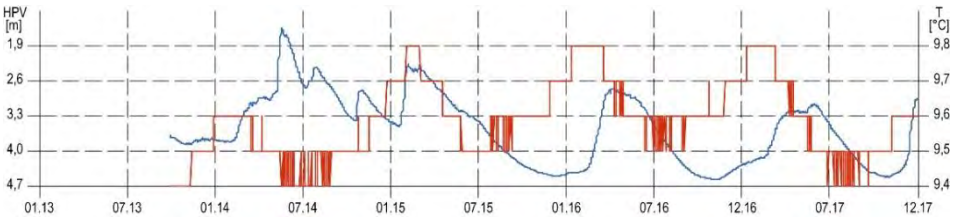
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
V-POZ-1	8760	2,94	302,50	31. 12. 17	4,52	300,92	24. 10. 17	3,85	301,59	1,58

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



Obr. 4.2.7b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Kapušany; a – automatický hladinomer umiestnený vo vrte V-POZ-1 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_v (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Kapušany.

Pri pohľade na dlhšie časové obdobie (obr. 4.2.8) je vidieť trend postupného poklesu hladiny podzemnej vody. Maximálne stavy boli namerané na prelome mesiacov máj a jún v roku 2014 a minimálne v roku 2016 (tab. 4.2.6).



Obr. 4.2.8. Priebeh dlhodobých (2013 – 2017) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickým hladinomerom na lokalite Kapušany. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte V-POZ-1 (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

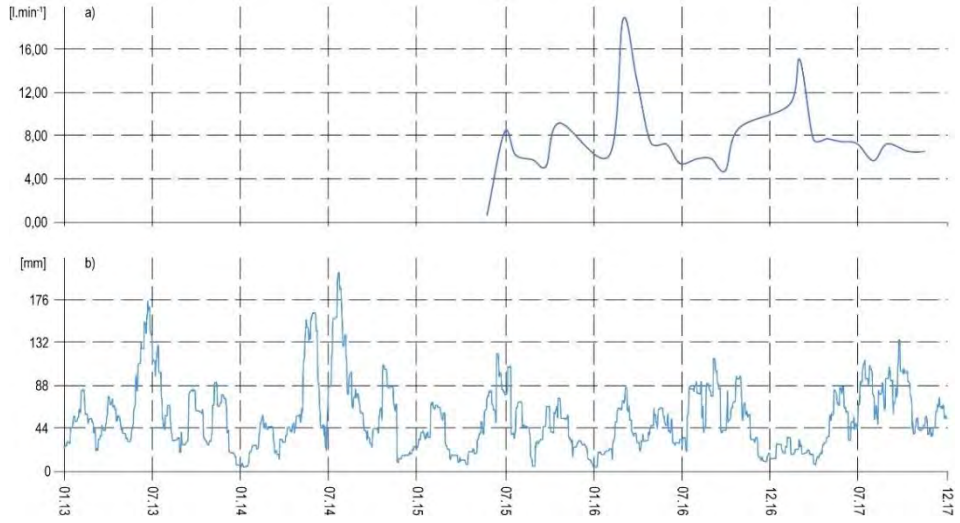
c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Kapušany je pozorovaných 7 odvodňovacích zariadení. Tieto merania sa 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). Počas roka 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, čo je o 5 viac ako vlani. Merania sa realizovali v období od 2. februára do 26. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca na odvodňovacom vrte ST-3 (16,50 $l.min^{-1}$); naopak, najnižšia výdatnosť v tomto vrte bola zaznamenaná 28. septembra s hodnotou 4,72 $l.min^{-1}$ a priemerná výdatnosť dosiahla 7,56 $l.min^{-1}$. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná rovnako ako vlani vo vrte ST-1/1 (0,00 $l.min^{-1}$ – na úrovni kvapkania; 2. február). Počas hodnoteného roku boli skoro všetky vrty minimálne jedenkrát suché, resp. voda z nich len kvapkala. Vrt ST-1/2 bol suchý počas všetkých meraní. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 8,32 $l.min^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 1,35 $l.min^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte ST-3 (11,78 $l.min^{-1}$).

Tab. 4.2.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Kapušany v roku 2016

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	0,10	27. 4. 16	0,00	2. 2. 16	0,02	0,10
ST-1/2	10	suchý					
ST-1/3	10	0,08	30. 8. 16	0,00	2. 2. 16	0,02	0,08
ST-2/1	10	1,20	26. 10. 16	0,00	27. 6. 16	0,33	1,20
ST-2/2	10	1,20	1. 3. 16	0,00	2. 2. 16	0,38	1,20
ST-2/3	10	suchý; kvapkanie					
ST-3	10	16,50	1. 3. 16	4,72	28. 9. 16	7,56	11,78

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 $l.min^{-1}$.



Obr. 4.2.9. Priebeh dlhodobých (2015 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Kapušany; a – spoločná výdatnosť pozorovaných odvodňovacích zariadení na lokalite, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220).

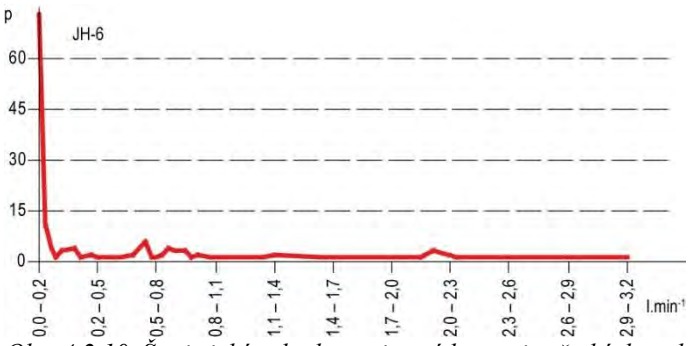
V roku 2017 dosiahla sumárna priemerná výdatnosť zo všetkých meraných objektov hodnotu 8,18 l.min^{-1}. V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa prakticky nezmenila, došlo len k veľmi miernemu poklesu, a to 0,14 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané na odvodňovacom zariadení ST-3 (8,12 l.min^{-1}).

Pri hodnotení celého obdobia monitorovania možno konštatovať, že maximálne výdatnosti boli namerané v roku 2016 (prekročili dlhodobé maximá v 2 prípadoch – ST-3 [pôvodná maximálna výdatnosť 6,90 l.min^{-1} nameraná 30. júna 2015] a ST-2/2 [pôvodná maximálna výdatnosť 0,71 l.min^{-1} nameraná 30. júna 2015]).

Tab. 4.2.8. 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

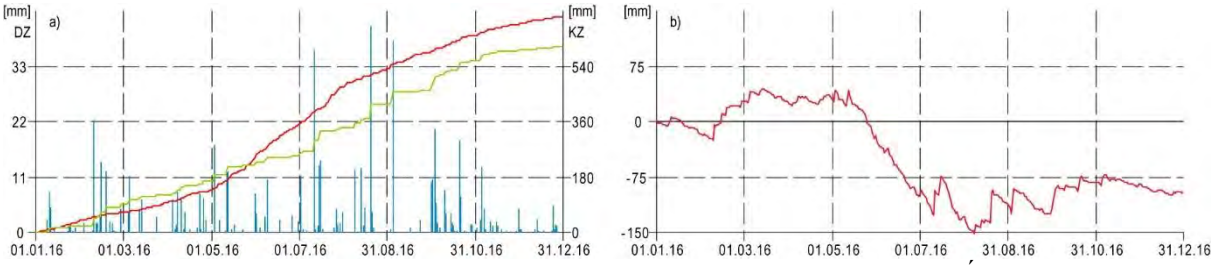
Priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení za dlhšie obdobie sú znázornené na obr. 4.2.9 a štatistické spracovanie nameraných hodnôt výdatnosti je na obr. 4.2.10. Z vyhodnotenia početnosti výskytu jednotlivých prietokov jednoznačne dominujú najnižšie hodnoty. V súbore nameraných údajov sa len vzácne vyskytujú vyššie hodnoty výdatnosti.



Obr. 4.2.10. Štatistické zhodnotenie výdatnosti všetkých odvodňovacích zariadení na lokalite Kapušany. Analyzované obdobie: február 2013 – október 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas analyzovaného obdobia.

e/ Merania zrážkových úhrnov

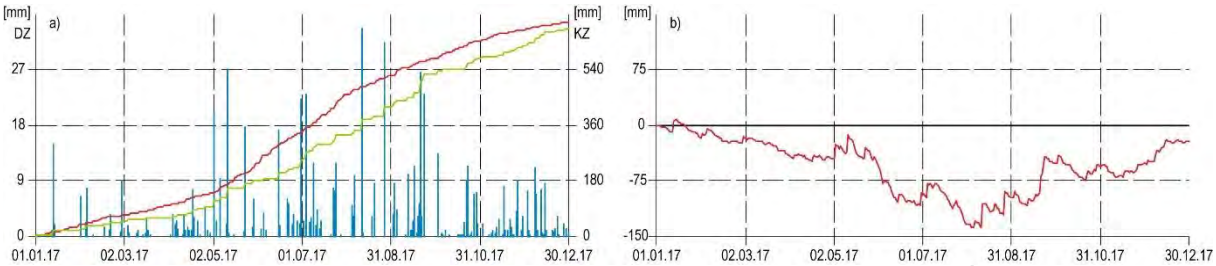
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Kapušany s indikatívom 59220 (obr. 4.2.11 a 4.2.12). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2006 do 31. decembra 2016 predstavuje 691,1 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 995,3 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 58,0 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 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 587,6 mm, čo zodpovedá 83,8 % dlhodobého priemeru, a teda išlo o suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný v októbri (97,7 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (40,9 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 20,7 mm zrážok. Maximálne tridsaťdňové kumulatívne zrážky boli v období od 6. augusta do 5. septembra (115,5 mm).

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.



Obr. 4.2.12. 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.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Kapušany boli v roku 2017 zabezpečené merania pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a režimové pozorovania v piezometrických a odvodňovacích vrtoch. Z výsledkov inklinometrických meraní je možné vidieť, že vo vrtoch INK-7 a INK-10 došlo v porovnaní s predchádzajúcim obdobím k nárastu pohybovej aktivity. Ich vektory sú ale orientované na juhozápad až severozápad, teda v rozpore s generalizovaným azimutom svahovej poruchy. V smere spádnice svahu v roku 2017 boli namerané pohyby vo vrtoch INK-1, INK-4, INK-8 a čiastočne i INK-9. Z hľadiska hodnotenia pohybovej aktivity počas dlhšieho obdobia je možné v uvedených vrtoch pozorovať mierny pokles, respektíve zachovanie rovnakého charakteru ako v roku 2016. Namerané etapové deformácie v hodnotenom roku dosahovali veľkosti v intervale od 0,14 do 4,20 mm.

Základný ukazovateľ stabilitných pomerov zosuvného územia – hĺbka hladiny podzemnej vody, podobne ako v roku 2016, sa vyznačuje ustáleným režimom. Jej zmeny v roku 2017 dosiahli len ojedinele 1,5 m. Najbližšie k terénu sa dostala hladina podzemnej vody vo vrte V-POZ-10, a to až 0,69 m pod terén. K výraznejšiemu vzostupu hladiny podzemnej vody na monitorovanej lokalite došlo až v jesennom období.

Vo vrte V-POZ-1 s automatickým hladinomerom hladina podzemnej vody viac-menej kopírovala dlhodobé minimálne úrovne. Dá sa konštatovať, že od začiatku marca až do polovice apríla sa hladina nachádzala pod odvodenými dlhodobými minimálnymi hodnotami. Najvýraznejšie stúpnutie hladiny podzemnej vody bolo pozorované až na konci jesenného a začiatku zimného obdobia, teda ešte neskôr ako v prípade hladín sledovaných pozorovateľom. Pod koncoročný vzostup hladín sa podpísal pomerne častý výskyt zrážkových udalostí, ktoré bolo možné v území sledovať už od polovice októbra a ktoré trvali prakticky až do konca roka.

Výdatnosti odvodňovacích zariadení sa dlhodobo pohybujú na nízkej úrovni. Výrazne prevládajú hodnoty blízke 0. Viacero vrtov je buď suchých, resp. voda z nich len kvapká. Najspoľahlivejšie odvádza podzemnú vodu odvodňovacie zariadenie označené ako ST-3. Počas maximálnych prietokov odvádzalo viac ako 13 $l.min^{-1}$ a naopak, v čase minimálnych prietokov neklesla výdatnosť pod 5 $l.min^{-1}$. Priemerný prietok na tomto zariadení je 7,49 $l.min^{-1}$. V roku 2017 bola najvyššia spoločná výdatnosť nameraná na začiatku marca, kedy boli dosiahnuté maximálne hodnoty až v troch vrtoch.

V roku 2018 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2016. Režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích vrtov budú realizované v mesačnom intervale (cca 10 meraní za rok). Vo vrte s inštalovaným automatickým hladinomerom bude zachovaný zber s hodinovou frekvenciou. A nakoniec, merania metódou presnej inklinometrie plánujeme zabezpečiť dvakrát, a to počas jarného a jesenného obdobia.

1.4.3. Lokalita Veľká Čausa

Stručná charakteristika lokality

Zosuvný svah sa nachádza v južnej časti intravilánu obce Veľká Čausa (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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, realizovaných v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.3.1.

Tab. 4.3.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
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 *(30. jún)*	1 *(10. jún)*
Geodetické (GNSS)	5 pozorovaných 1 vzťažný	P13, 14, 17, 18, 19 F3	1 *(7. júl)*	1 *(19. júl)*
Inklinometrické	9 *(2016)* 5[1] *(2017)*	VČ-1, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, VE-4	1 – 2 *(24. máj, 2. november, 16. december)*	1 – 2 *(31. marec, 2. október, 14. december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	15	J-107, M-4, 8, 14, PO-1, 2, SŠ-1, 2, VČ-4 – 7, 11, 13, VE-4	13 – 52 *(1x za týždeň)*	49 *(1x za týždeň)*
	1	VČ-2 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	7	VV-102, 103, 104, 107, 108, 109, 110	49 – 52 *(1x za týždeň)*	49 *(1x za týždeň)*
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Ráztočno (indikatív 30100) Prievidza (indikatív 30120)	*Denné úhrny zrážok*	

[1] *– vo vrtoch VČ-1, VČ-5, VČ-9, VČ-10, VE-4;*

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

a/ Geodetické merania

a1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní terestrickou metódou

V roku 2016 sa pokračovalo ďalšou etapou geodetických meraní, ktoré sú na lokalite vykonávané už od roku 1975. Najvýraznejší pohyb nastal v oblasti nad poľnohospodárskym družstvom v bode P2 (33,62 mm; 31,06 mm.rok^{-1}); posuny v rozsahu 10,3 až 13,93 mm (9,51 – 12,87 mm.rok^{-1}) boli namerané v bodoch P19, P17 a P26. Celkovo prevládali posuny od 1 do

5 mm (P16, P14, P3, P23, P12, P27, P29, P22, P24, P11, P13 a P28). Posuny nad 5 mm boli ešte namerané v bodoch P18 a P21 (od 5,39 do 80,6 mm; do 4,98 – 7,45 mm.rok^{-1}).

Tab. 4.3.2. Výsledky geodetických (terestrických) meraní na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2016 a 2017

Bod	1. 6. 15 – 30. 6. 16			30. 6. 16 – 10. 6. 17		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	polohové	polohové	polohové	polohové	výškové	priestorové
P2	33,62	-16,00	37,23	59,35	-10,00	60,19
P3	4,47	-19,00	19,52	12,17	-5,00	13,15
P11	1,00	-3,00	3,16	1,00	3,00	3,16
P12	2,83	-14,00	14,28	3,00	2,00	3,61
P13	1,00	3,00	3,16	1,41	2,00	2,45
P14	4,47	1,00	4,58	1,00	0,00	1,00
P16	5,00	-12,00	13,00	10,44	3,00	10,86
P17	11,18	-1,00	11,22	1,00	-4,00	4,12
P18	5,39	1,00	5,48	0,00	-1,00	1,00
P19	10,30	-11,00	15,07	8,60	0,00	8,60
P21	8,06	-8,00	11,36			
P22	1,41	1,00	1,73	1,00	-1,00	1,41
P23	4,24	-2,00	4,69	3,61	-1,00	3,74
P24	1,00	3,00	3,16	1,41	-2,00	2,45
P26	13,93	-5,00	14,80	4,24	-2,00	4,69
P27	2,24	-2,00	3,00	4,00	-4,00	5,66
P28	1,00	7,00	7,07	2,24	-3,00	3,74
P29	2,24	-5,00	5,48	1,41	1,00	1,73

Počas etapy, ktorá trvala od júna 2016 do júna 2017, bola najväčšia pohybová aktivita opätovne nameraná v bode P2 (59, mm v polohovom smere – Fraštia, 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.

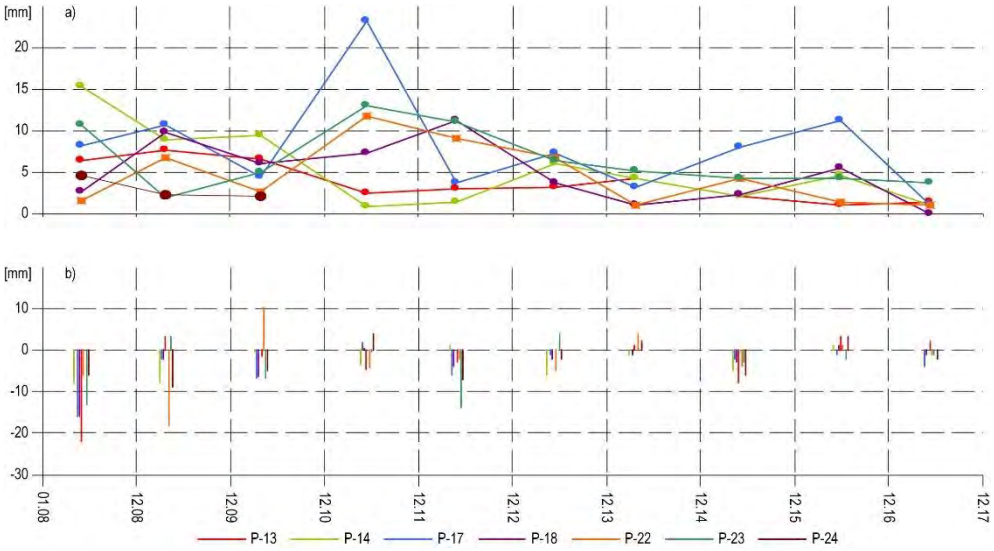


Obr. 4.3.1. Lokalita Veľká Čausa – výsledky geodetických (terestrických) meraní za roky 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.3.2); obrysy zosuvov podľa Šimekovej a Martinčekovej et al. (2006), mapový podklad: ZBGIS®.

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.

Na základe nameraných výsledkov možno konštatovať, že v období medzi jednotlivými termínmi meraní v rokoch 2016 a 2017 sa zosuvný svah nachádzal v relatívne stabilnom stave. Výnimku tvorí len západná časť zosuvného územia a čiastočne centrálna časť zosuvu. Hodnoty nameraných vektorov sú zhrnuté v tab. 4.3.2 a graficky vyjadrené na obr. 4.3.1.



Obr. 4.3.2. Dlhodobé (2008 – 2017) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov, zistené metódou terestrickej geodézie na lokalite Veľká Čausa (podľa Fraštiu, 2016 a 2017); 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 2017 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. Počas prezentovaného obdobia boli najväčšie polohové zmeny pozorované na bode P17 (v roku 2011 – 23,16 mm). Tento bod sa nachádza v centrálnej časti aktívneho zosuvu. V poslednej dekáde je možné na monitorovaných bodoch pozorovať mierne klesajúci trend pohybovej aktivity. Zvýšená hodnota polohového premiestnenia geodetických bodov súvisí prakticky len s rokom 2010 (meranie vykonané v roku 2011).

Pri hodnotení vertikálnej zložky pohybu možno konštatovať, že na väčšine bodov prevládajú zostupné zmeny. Maximálne etapové rozdiely výšok boli zaznamenané na bode P13 (v roku 2008 – 22,0 mm).

a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní metódou GNSS

Na lokalite sa v rokoch 2016 a 2017 pokračovalo v meraniach metódou GNSS, ktoré sa tu vykonávajú od roku 2008. Počas rokov 2016 a 2017 boli celkovo vykonané 2 etapové merania (tab. 4.3.3).

V roku 2016 bolo najväčšie polohové premiestnenie zaznamenané v bode P17 (8,48 mm; 8,66 mm.rok^{-1}). Azimut nameraného vektora je relatívne paralelný s predchádzajúcimi,

zaznamenanými v roku 2015. Celkový posun od nultého merania (jún 2008) dosiahol v tomto bode 49,34 mm (6,12 mm.rok^{-1}) s celkovým poklesom -33,60 mm (celkový priestorový pohyb v období monitorovania dosiahol 59,69 mm). V ostatných bodoch bol pozorovaný priaznivý stabilitný vývoj. Hodnoty posunov nepresiahli ani v jednom prípade 5 mm. Najväčšia vertikálna zmena bola nameraná v bode P18 (-12,2 mm).



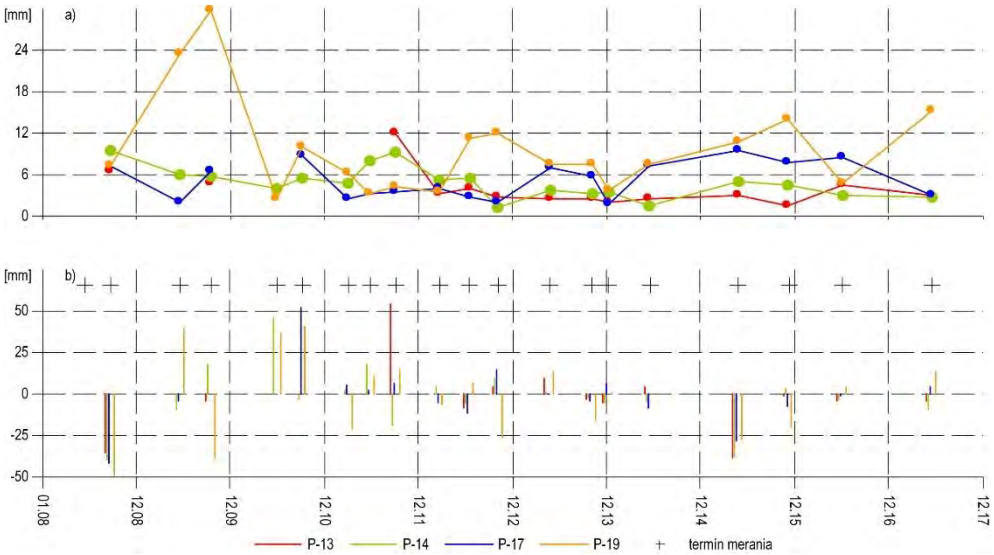
Obr. 4.3.3. Lokalita Veľká Čausa – výsledky geodetických meraní (GNSS) za obdobie rokov 2016 a 2017. Obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.3.3; mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.3.3. Výsledky geodetických (GNSS) meraní na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2016 a 2017

Bod	9. 12. 15 – 7. 7. 16			7. 7. 16 – 19. 6. 17		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	výškové	polohové	výškové	polohové	výškové	priestorové
P13	4,30	-4,20	6,01	2,92	-5,10	5,87
P14	2,96	-3,70	4,74	2,52	-10,00	10,31
P17	8,48	-1,80	8,66	2,87	3,60	4,60
P18	3,06	-12,20	12,58	2,67	0,60	2,73
P19	4,74	3,90	6,14	15,23	13,10	20,09

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 – 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).

Pri hodnotení dlhšieho obdobia je možné pozorovať 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 súvisieť i so zmenou dĺžky observácie (z cca 0,5 hod na cca 5 až 6 hod), vďaka ktorej bola dosiahnutá vyššia presnosť určenia polohy bodu. Počas obdobia monitorovania (jún 2008 až júl 2017) došlo k najväčšiemu polohovému premiestneniu v bode P19 s hodnotou 32,7 mm, čo predstavuje posun s priemernou rýchlosťou 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 (2008 – 2017) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov, zistené metódou GNSS na lokalite Veľká Čausa; a – polohové zmeny geodetického bodu, b – vertikálne zmeny geodetického bodu.

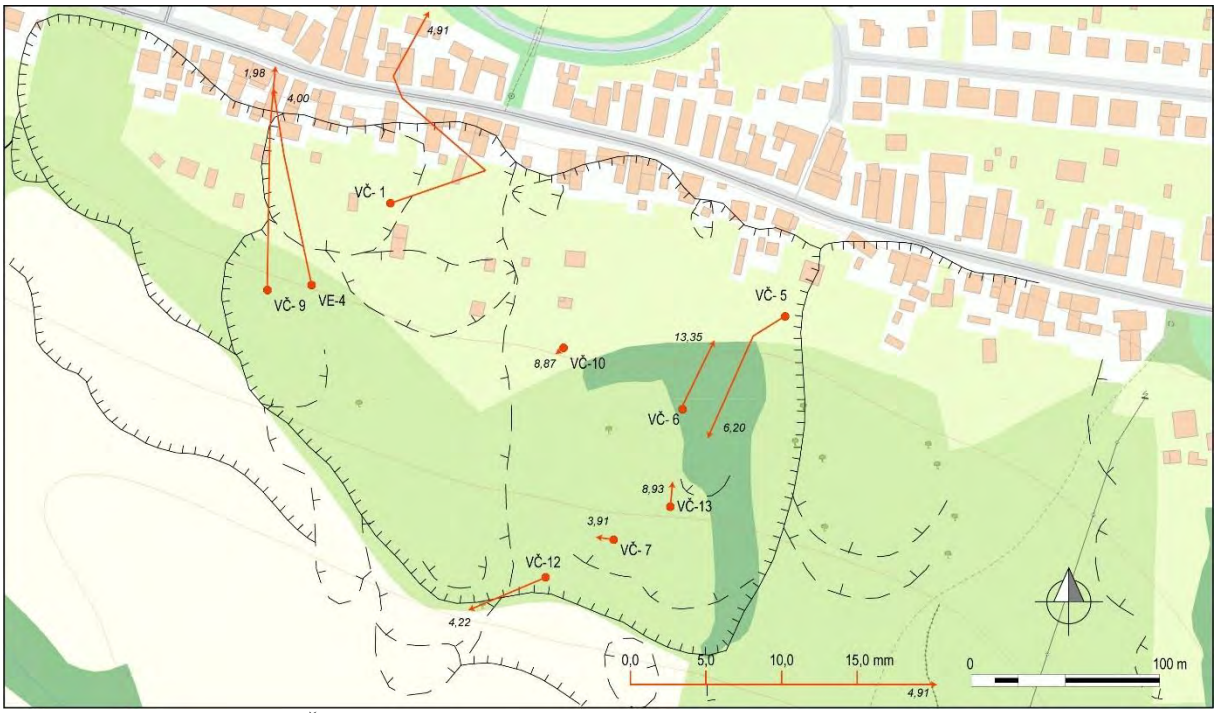
b/ Inklinometrické merania

Na lokalite bola v druhej polovici deväťdesiatich rokov vybudovaná pomerne hustá sieť inklinometrických vrtov (Jadroň et al., 2001). V súčasnosti je z nej využívaná len malá časť. Jedným z dôvodov je, že vrty v najaktívnejších častiach zosuvov sa postupne stali nepriechodné z dôvodu vysokých deformácií inklinometrickej pažnice. To znamená, že v oblastiach, ktoré možno považovať 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 považovať za vyhovujúce. Na týchto vrtoch sú aktuálne zabezpečované monitorovacie merania. Časť vrtov, v prípade ktorých spôsob vystrojenia nevyhovoval technickým požiadavkám danej metódy, je od roku 2017 nemeraná.

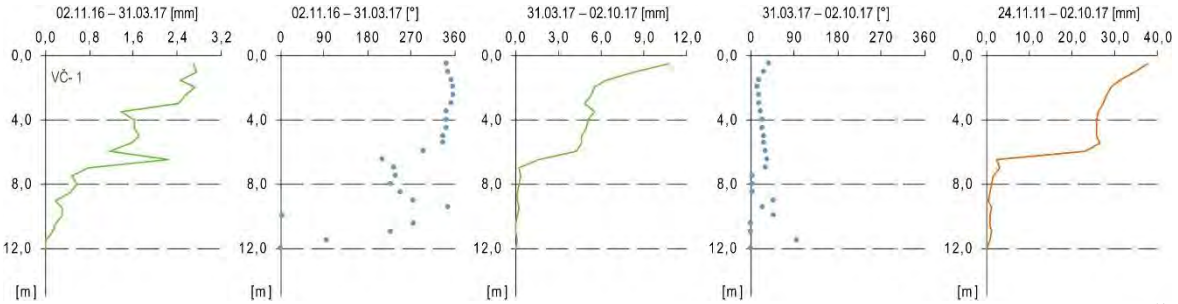
V roku 2016 boli monitorovacie merania zabezpečené na všetkých inklinometrických vrtoch. Na väčšine z nich bolo zabezpečené jedno meranie, výnimočne, a to v prípade vrtu VČ-1, boli zabezpečené merania dve. Z meraní vykonaných v jednotlivých objektoch vyplýva, že najvyššie deformácie postihujú oblasť v okolí vrtov VČ-1, VE-4 a VČ-1 (dĺžky meracích etáp sa v uvedených vrtoch odlišujú). Z dôvodu vysokých deformácií v predchádzajúcom období sa vo vrte VČ-1 zabezpečili dva termíny meraní (jar a koniec jesene). V oboch prípadoch boli namerané pomerne vysoké hodnoty. V máji bola nameraná deformácia 6,67 mm (v hĺbke 4,91 m pod terénom), čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 14,58 mm.rok^{-1} a následne 2. novembra, v rovnakej hĺbke, bola nameraná deformácia 7,30 mm (16,45 mm.rok^{-1}). V prípade objektu VE-4 dosiahla deformácia na šmykovej ploche v hĺbke 4,0 m pod terénom 8,76 mm (6,12 mm.rok^{-1}) a nakoniec, vo vrte VČ-9 bola nameraná deformácia 10,7 mm (v hĺbke 1,98 m pod terénom; priemerná rýchlosť 6,89 mm.rok^{-1}), charakterizujúca obdobie od konca mája 2015 do polovice decembra 2016. Výsledné deformácie za dlhšie obdobie monitorovania (od konca novembra 2011 do decembra 2016) v uvedených vrtoch dosiahli cez 20 mm, v prípade vrtu VČ-9 je to však skoro 30 mm. Azimuty nameraných vektorov počas poslednej etapy mali orientáciu prevažne sever až severozápad.

Mimo uvedenej trojice vrtov bola zvýšená hodnota deformácie nameraná i vo vrte VČ-12. V hĺbke 4,22 m pod terénom vznikla deformácia 5,28 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,68 mm.rok^{-1}. Dlhodobá deformácia v tomto vrte dosiahla 7,81 mm (za obdobie november 2011 – november 2016; 1,58 mm.rok^{-1}). Hodnotu 2,47 mm dosiahla etapová deformácia vo vrte VČ-5 a o niečo nižšiu 1,4 mm vo vrte VČ-13.

Na ostatných sledovaných šmykových plochách, vo vrtoch VČ-6, VČ-7, VČ-10, sa dosiahnuté hodnoty deformácie pohybovali pod 1 mm.



Obr. 4.3.5. Lokalita Veľká Čausa – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (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®.



Obr. 4.3.6a. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Veľká Čausa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

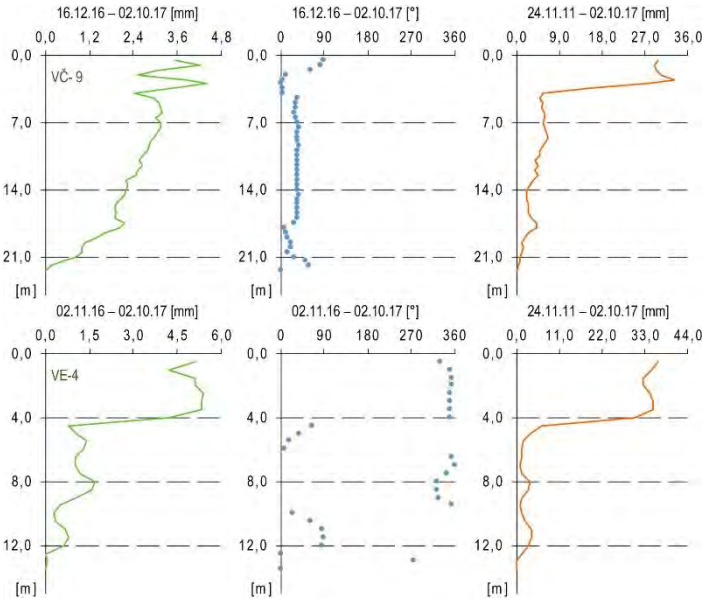
V roku 2017 sa pokračovalo so zúženým výberom monitorovacích objektov. Merania sa uskutočnili v piatich vrtoch, a to prevažne počas jednej etapy, len v prípade vrtu VČ-1 boli zachované dve etapy meraní. Z nameraných výsledkov vyplýva, že najvyššia hodnota pohybovej aktivity bola nameraná vo vrte VČ-5. 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 rýchlosť 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.

Tab. 4.3.4. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2016 a 2017

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	9. 12. 15 – 24. 5. 16			29. 5. 15 – 16. 12. 16			2. 11. 16 – 31. 3. 17			31. 3. 17 – 2. 10. 17			2. 11. 16 – 14. 12. 17		
		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 [°]
VČ-1	4,91	19,42	6,67	71	20,63	7,30[1]	311[1]	21,80	1,57	338	26,35	4,61	29			
VČ-5	6,20				7,10	2,47	238							1,77	7,12	204
VČ-6	13,35				2,05	0,32	8							8,11	4,43	26
VČ-7	3,91				4,88	0,89	278									
VČ-9	1,98				29,24	10,70[2]	1[2]				33,09	3,86[3]	5[3]			
VČ-10	8,87				3,70	0,36	234									
VČ-12	4,22				7,81	5,28	247									
VČ-13	8,93				2,55	1,40	5									
VČ-13	14,93				2,82	1,30	252									
VE-4	4,00				26,18	8,76	348				30,40	4,22[4]	351[4]			

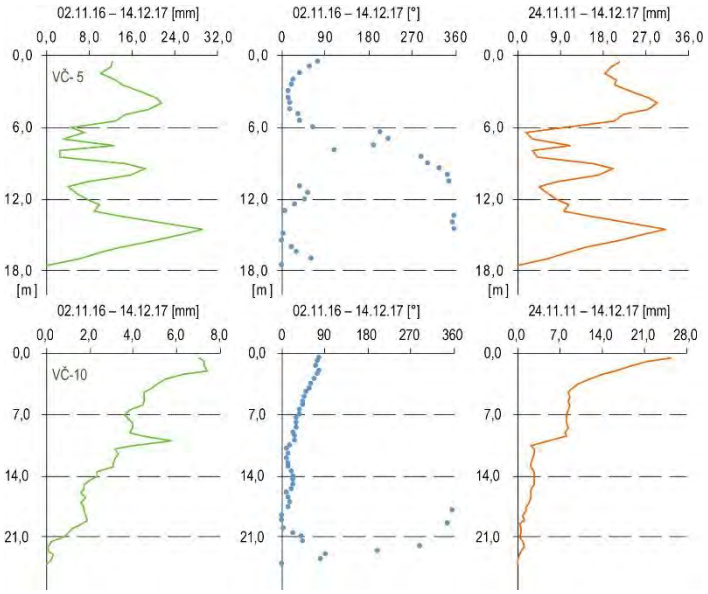
CD – celková deformácia od nultého merania (24. 11. 11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 24. 5. 16 – 2. 11. 16; [2] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 29. 5. 15 – 16. 12. 16; [3] – nameraná etapová deformácia 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.

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}). I keď hodnoty azimutov v uvedenom horizonte kolíšu od severozápadu na severovýchod, z hľadiska dvojročného obdobia je jasne vidieť generálny smer deformácie na severo-severovýchod. 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}.

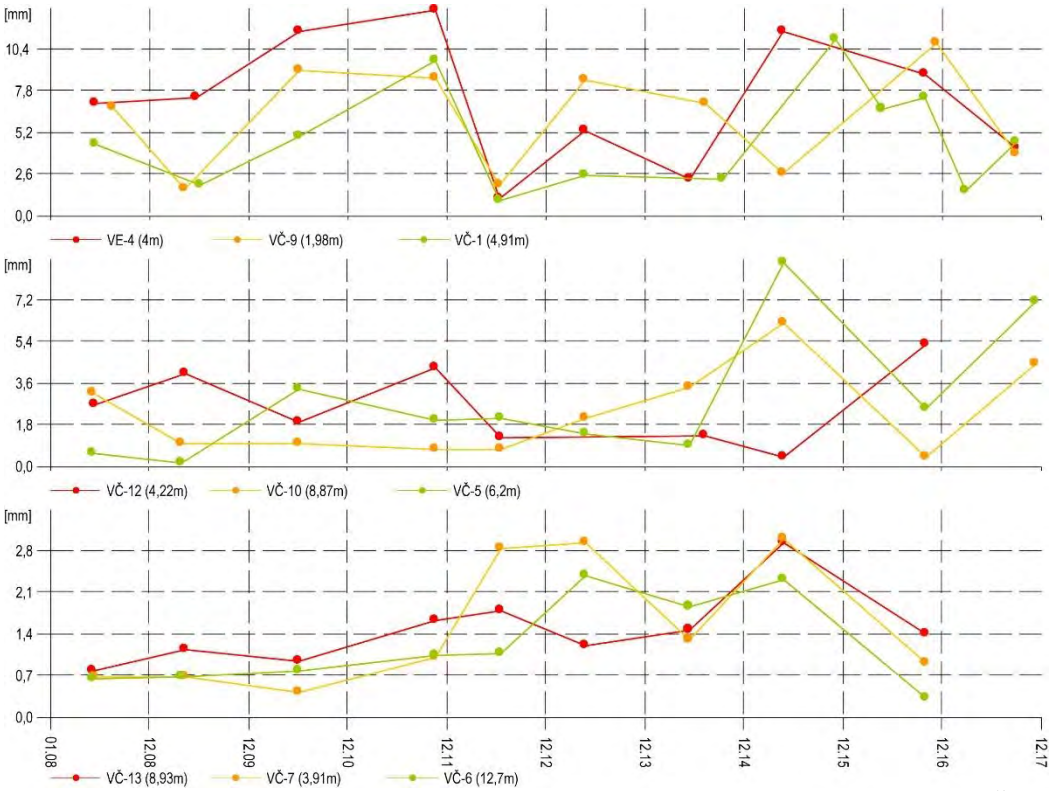


Obr. 4.3.6b. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Veľká Čausa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

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 uvedených vrtoch sú pomerne zreteľné priebehy šmykových plôch a aktuálne výsledné deformácie v týchto hĺbkach dosahujú od 8,11 (vo vrte VČ-6) do 33,09 mm (vo vrte VČ-9).



Obr. 4.3.6c. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Veľká Čausa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



Obr. 4.3.7. Priebehy dlhodobých (2007 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Veľká Čausa, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

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. 4.3.4).

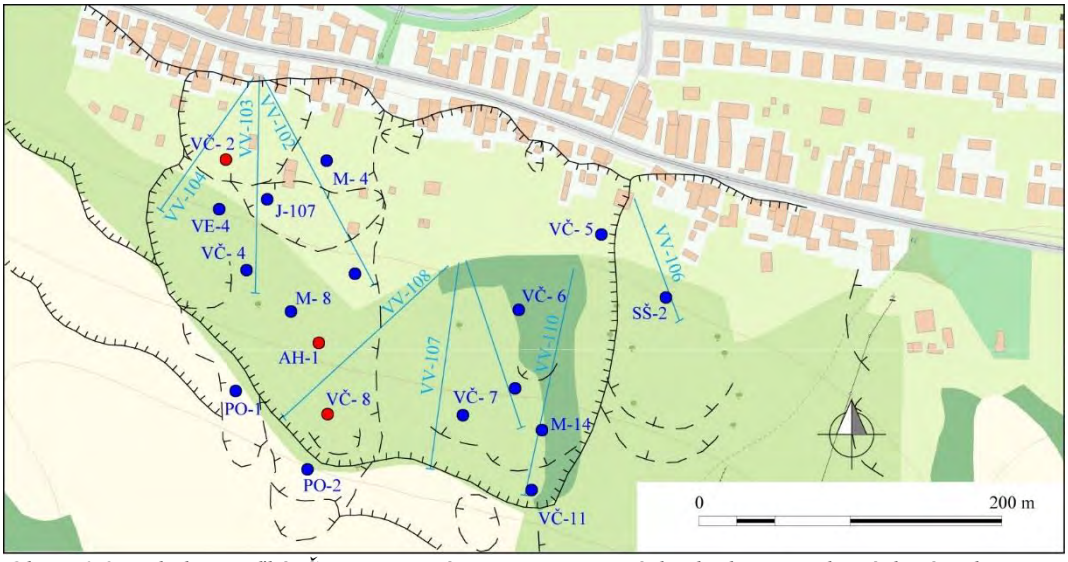
c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Veľká Čausa 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). V roku 2016 bolo zabezpečených 52 kontrolných meraní (3. január – 30. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte PO-1 (0,80 m nad terénom – preliv cez ústie pažnice; 334,83 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný od 5. marca počas 13 meracích etáp. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa teda nachádzali v intervale od -0,80 až do 13,94 m pod terénom (VČ-6). Vyskytovali sa od 14. februára (napr. vrt M-8) do 27. novembra (napr. vrt VE-4). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte VČ-6 (min. hladina podzemnej vody 14,48 m pod terénom bola nameraná dňa 3. januára). Celkovo sa minimálne hladiny podzemnej vody vyskytovali od 3. januára do 25. septembra, najčastejšie však 3. januára. V roku 2016 bolo taktiež pozorované, že vrt bol suchý (SŠ-2 – päťkrát).

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2016 dosiahla hĺbku 5,39 m pod terénom, čo je oproti roku 2015 nepatrná zmena (vzostup o 0,09 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od -0,37 (vrt PO-1) do 14,24 m pod terénom (vrt VČ-6). Najvýraznejšie zaznamenané kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte SŠ-2 (7,38 m), naviac treba brať do úvahy i skutočnosť, že vrt bol počas viacerých meraní suchý.

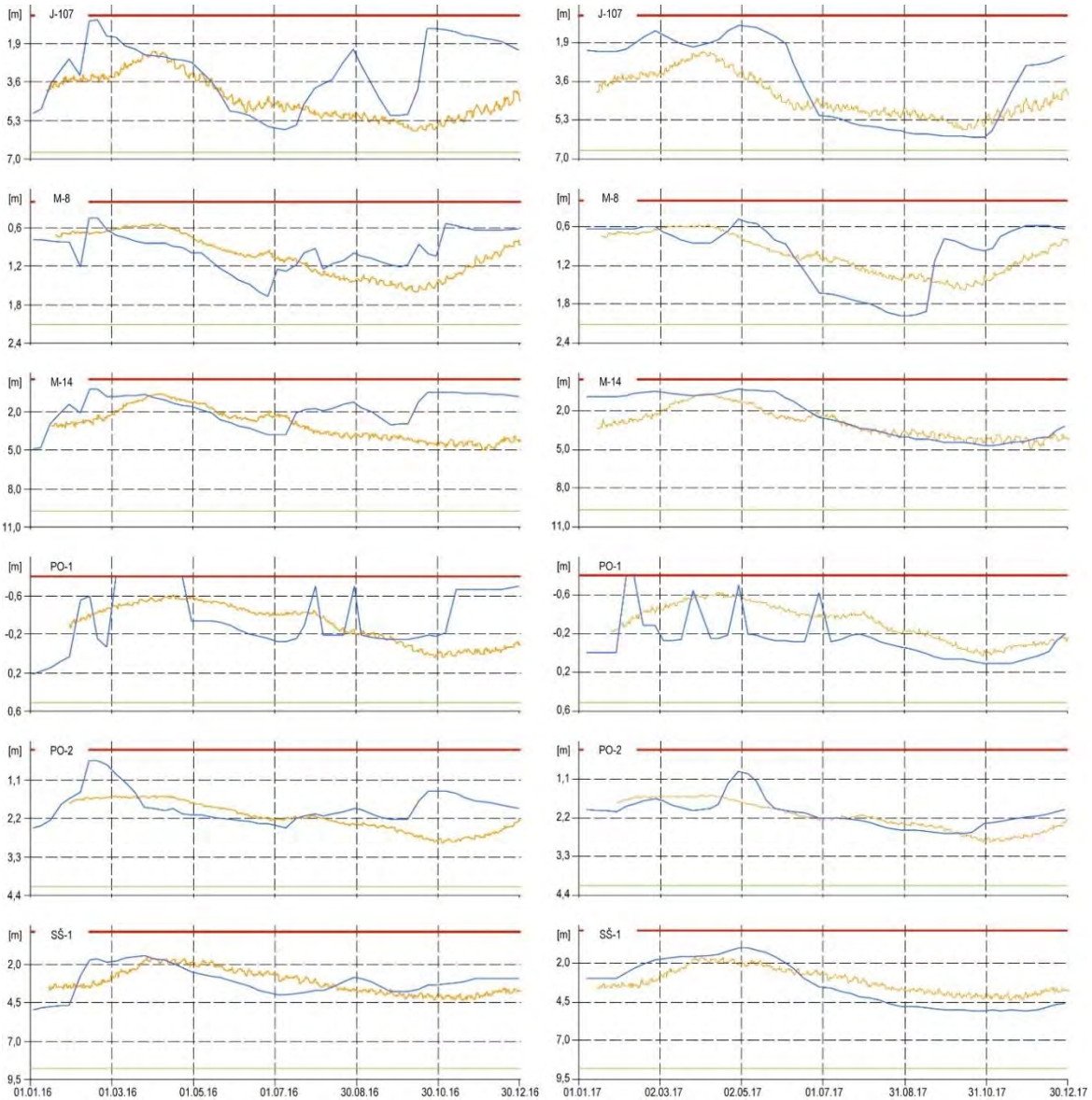
Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 1995 do 2015) vyplýva, že vo vrte VČ-4 bolo prekročené dlhodobé maximum (vzostup o 0,82 m; pôvodný maximálny stav bol zaznamenaný v marci 2015).



Obr. 4.3.8. Lokalita Veľká Čausa – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty: modré – merané pozorovateľom, červené – s automatickými hladinomermi – VČ-2 a AH-1 do roku 2016; objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.3.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Veľká Čausa v roku 2016

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	52	0,87	322,42	20. 2. 16	5,70	317,59	9. 7. 16	3,21	320,08	4,83
M-4	48	1,38	316,70	20. 2. 16	5,87	312,21	25. 9. 16	4,62	313,46	4,49
M-8	52	0,46	328,83	14. 2. 16	1,67	327,62	26. 6. 16	0,97	328,32	1,21
M-14	52	0,25	334,70	20. 2. 16	4,94	330,01	3. 1. 16	1,84	333,11	4,69
PO-1	52	-0,80	334,83	5. 3. 16	0,22	333,81	3. 1. 16	-0,37	334,40	1,02
PO-2	52	0,55	339,01	14. 2. 16	2,49	337,07	3. 1. 16	1,88	337,68	1,94
SŠ-1	52	1,45	326,54	26. 3. 16	4,99	323,00	3. 1. 16	3,14	324,85	3,54
SŠ-2	13	2,62	318,95	14. 2. 16	10,00	311,57	9. 1. 16	8,31	313,26	7,38
VČ-4	52	5,22	322,10	20. 2. 16	8,09	319,23	25. 9. 16	6,87	320,45	2,87
VČ-5	14	6,48	311,96	21. 5. 16	7,31	311,13	9. 1. 16	7,05	311,39	0,83
VČ-6	52	13,94	312,43	26. 3. 16	14,48	311,89	3. 1. 16	14,24	312,13	0,54
VČ-7	52	3,79	331,72	14. 2. 16	6,13	329,38	25. 9. 16	4,87	330,64	2,34
VČ-11	52	6,43	332,38	26. 3. 16	7,85	330,96	3. 1. 16	7,00	331,81	1,42
VČ-13	52	0,81	332,20	23. 10. 16	6,28	326,73	3. 1. 16	3,62	329,39	5,47
VE-4	52	13,58	309,20	27. 11. 16	13,73	309,05	3. 1. 16	13,64	309,14	0,15



Obr. 4.3.9. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Veľká Čausa, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo s rovnakým počtom monitorovacích objektov ako v roku 2016. Zabezpečených bolo prevažne 49 kontrolných meraní, ktoré boli vykonávané od 7. januára do 29. decembra. Vo vrtoch SŠ-2 a VČ-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 – 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 však 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.

Do blízkosti terénu vystúpila hladina podzemnej vody aj vo vrtoch M-14, VČ-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 SŠ-2 (2,13 m pod terénom; prekonaný bol maximálny stav zo dňa 24. februára 2013 s hodnotou 2,38 m pod terénom) a VČ-5 (4,56 m pod terénom; prekonaný bol maximálny stav zo dňa 22. augusta 2010 s hodnotou 5,33 m pod terénom).

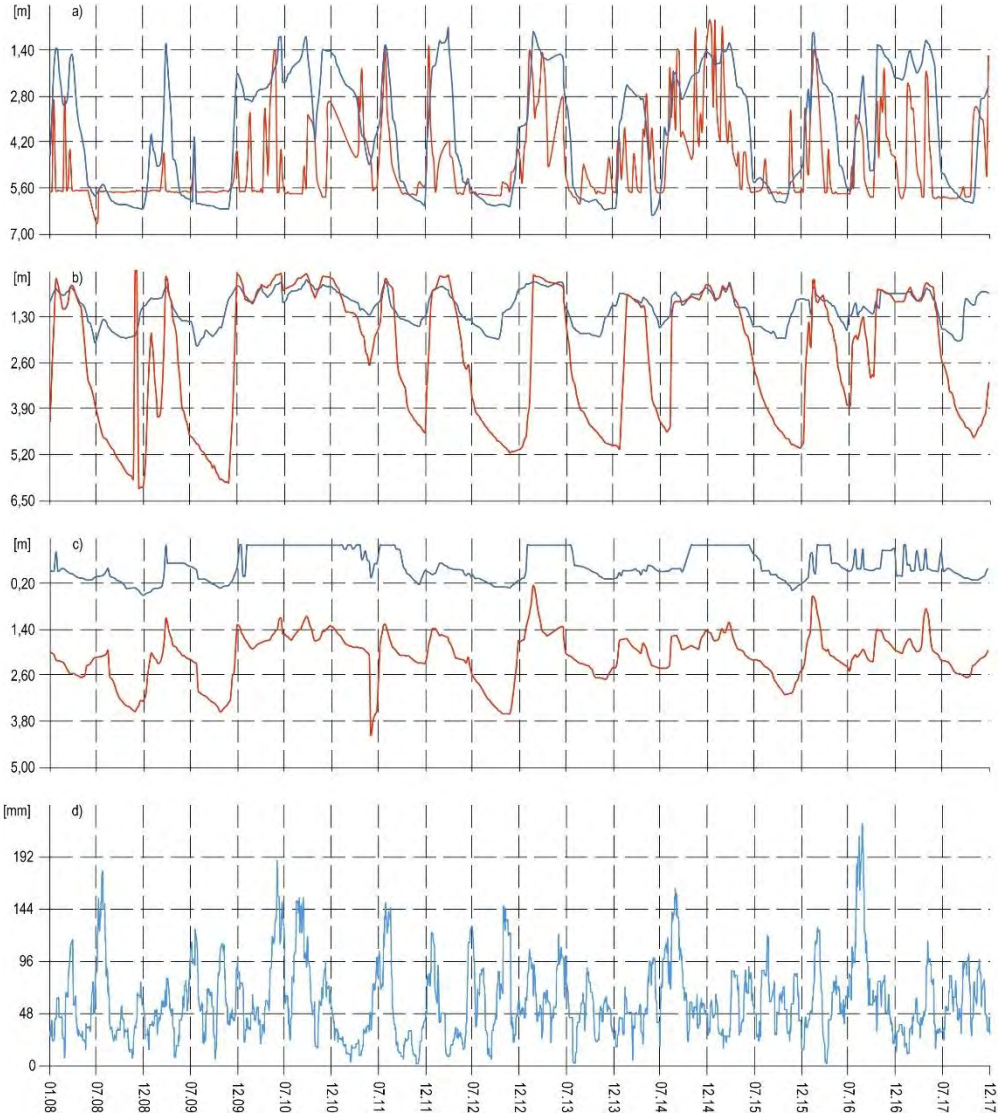
Minimálne hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch vyskytovali priebežne počas celého roku, výraznejšie však v jeho druhej polovici, najčastejšie v októbri (v 6 vrtoch). Najhlbšie hladiny podzemnej vody boli namerané vo vrtoch VČ-6 (14,58 m pod terénom; 311,79 m n. m.) a VE-4 (14,59 m pod terénom; 308,19 m n. m.). Vrt SŠ-2 bol počas 6 meraní suchý.

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2017 dosiahla hĺbku 5,33 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,06 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od -0,15 (vrt PO-1) do 14,16 m pod terénom (vrt VČ-6). Najväčšie namerané kolísanie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte VČ-13 (6,00 m). Vzhľadom na skutočnosť, že vrt SŠ-2 bol počas roka 2017 dlhšiu dobu suchý, predpokladáme, že kolísanie v tomto vrte dosiahlo viac ako 7 m.

Tab. 4.3.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Veľká Čausa 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
SŠ-1	49	1,01	326,98	30. 4. 17	5,09	322,90	30. 10. 17	3,40	324,59	4,08
SŠ-2	20	2,13	319,44	30. 4. 17	suchý					
VČ-4	49	6,07	321,25	27. 2. 17	9,26	318,06	18. 3. 17	7,45	319,87	3,19
VČ-5	20	4,65	313,79	13. 5. 17	7,56	310,88	29. 8. 17	6,85	311,59	2,91
VČ-6	49	13,61	312,76	27. 2. 17	14,58	311,79	30. 11. 17	14,16	312,21	0,97
VČ-7	49	3,61	331,90	27. 2. 17	5,75	329,76	29. 7. 17	4,75	330,76	2,14
VČ-11	49	5,86	332,95	27. 2. 17	7,56	331,25	30. 11. 17	6,70	332,11	1,70
VČ-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

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za roky 2016 a 2017 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.



Obr. 4.3.10. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Veľká Čausa. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – J-107 (modrá) a M-4 (červená), b – M-14 (červená) a M-4 (modrá), c – PO-1 (modrá) a PO-2 (červená); d – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prievidza s indikatívom 30120).

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 automatickými hladinomermi

Vo vrte VČ-8 v roku 2016 hladina podzemnej vody dosiahla maximálny stav 19. februára (0,91 m pod terénom) a minimálny v druhej polovici júla (3,51 m pod terénom – tab. 4.3.7). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody bola vypočítaná na úrovni 1,88 m pod terénom.

Na priebehu hladiny podzemnej vody v roku 2016 je vidieť striedajúce sa obdobia vzostupu a poklesu. Vzostup bol zaznamenaný najmä v zimnom období. Následne, od začiatku marca do druhej polovice júna hladina, začala mierne klesať. V nasledujúcom relatívne krátkom období došlo k jej prudkému poklesu (od 17. júna do 25. júna o viac ako jeden meter). Mierny zostup hladiny bol vo vrte pozorovaný približne ešte mesiac. V súvislosti so zrážkovou činnosťou v druhej polovici júla (25. júl 2016 – SHMÚ Prievidza: 21,8 mm; 26. júl 2016 – SHMÚ Ráztočno: 22,1 mm) hladina podzemnej vody v priebehu jednej hodiny stúpla o 1,17 m. V nasledujúcom období sa hĺbka hladiny menila v závislosti od klimatických podmienok. Celková amplitúda ročných zmien dosiahla 2,6 m. Priemerná denná hodnota kolísania dosiahla hodnotu 0,07 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 1,17 m (čo je až 45 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 1,61 m pod terénom, 2. kvartil 1,76 m pod terénom a 3. kvartil 1,96 m pod terénom.

Tab. 4.3.7. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Veľká Čausa v roku 2016

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.]	
VČ-8	8784	0,91	335,29	19. 2. 16	3,51	332,69	26. 7. 16	1,88	334,32	2,60

Teplota podzemnej vody bola meraná v rovnakých intervaloch ako jej hĺbka. Jej maximálna hodnota 9,5 °C bola nameraná 1. januára. Najnižšia teplota s hodnotou 9,1 °C bola zaznamenaná 14. apríla. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 9,3 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla 0,4 °C.

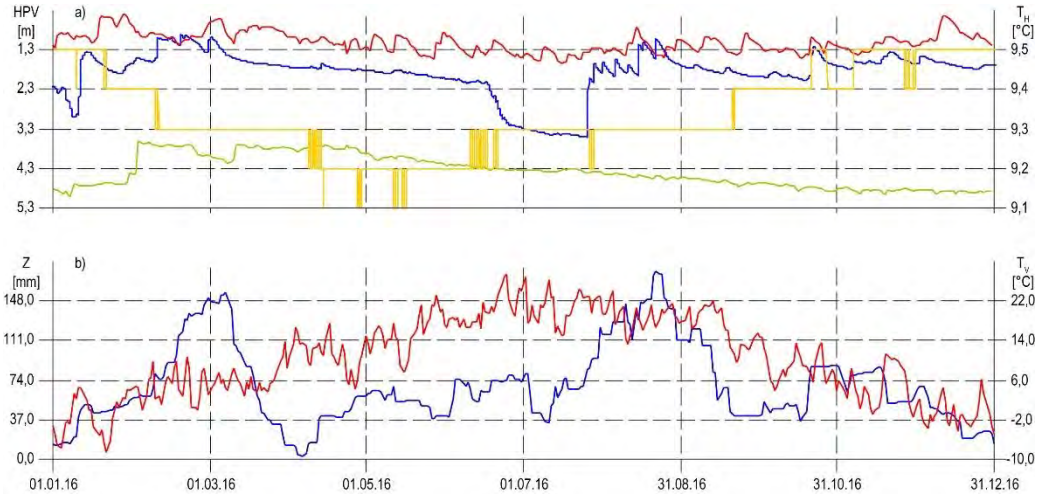
Tab. 4.3.8. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Veľká Čausa v roku 2017

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.]	
VČ-8	8760	0,98	335,22	31. 12. 17	3,33	332,87	20. 10. 17	2,07	334,13	2,35

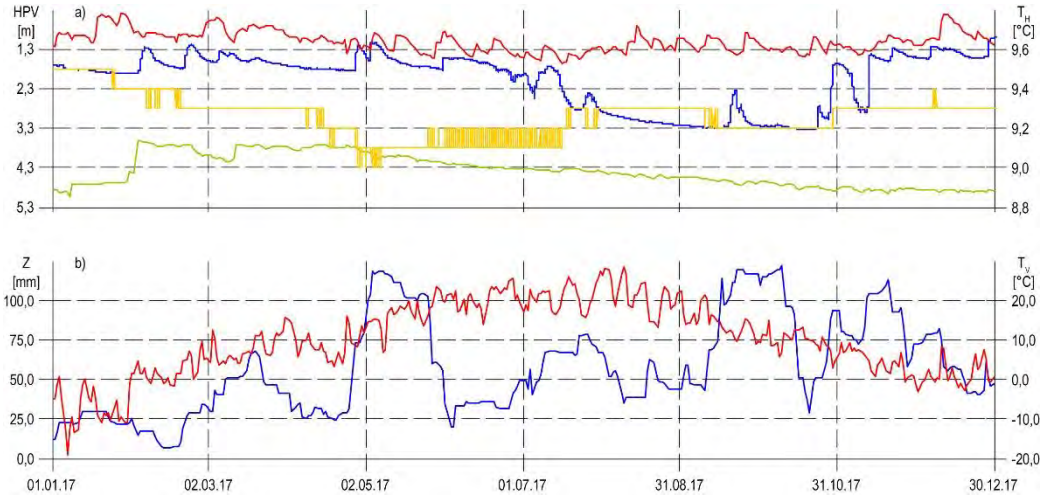
V roku 2017 bola minimálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 3,33 m pod terénom (332,87 m n. m.) počas 20. októbra. Naopak, najvyššie vystúpila 31. decembra, na úroveň 0,98 m pod terénom (335,22 m n. m.; tab. 2.4.5). Hladina podzemnej vody mala počas prvých deviatich mesiacov klesajúci charakter. 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 1,56 m pod terénom, 2. kvartil 1,79 m pod terénom a 3. kvartil 2,8 m pod terénom.

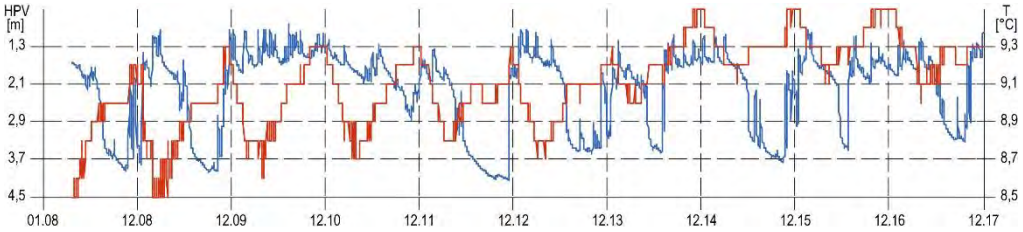
Maximálna teplota podzemnej vody s hodnotou 9,5 °C bola nameraná 1. januára a naopak, najnižšia teplota s hodnotou 9,0 °C 29. apríla. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 9,26 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla 0,50 °C.



Obr. 4.3.11a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Veľká Čausa. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte: a – VČ-8 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_v (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Prievidza (indikatív 30120).



Obr. 4.3.11b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Veľká Čausa. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte: a – VČ-8 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_v (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Prievidza (indikatív 30120).



Obr. 4.3.12. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickým hladinomerom na lokalite Veľká Čausa. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte VČ-8 (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

Pri hodnotení dlhšieho obdobia (10 rokov – obr. 4.3.12) možno pozorovať pomerne pravidelný ročný cyklus zmien hĺbok hladiny podzemnej vody. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytujú prevažne na konci prvého a počas druhého štvrťroku. Výnimkou sú roky 2010 a 2011, kedy vplyvom nadpriemerných zrážkových úhrnov z roku 2010 (zaznamenaných v mesiacoch máj a jún) hladiny podzemnej vody počas celého roka dosahovali relatívne vysokú úroveň. V hodnotenom desaťročí hladina podzemnej vody vystúpila najbližšie k povrchu terénu počas 30. januára 2008 (0,44 m pod terénom).

d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

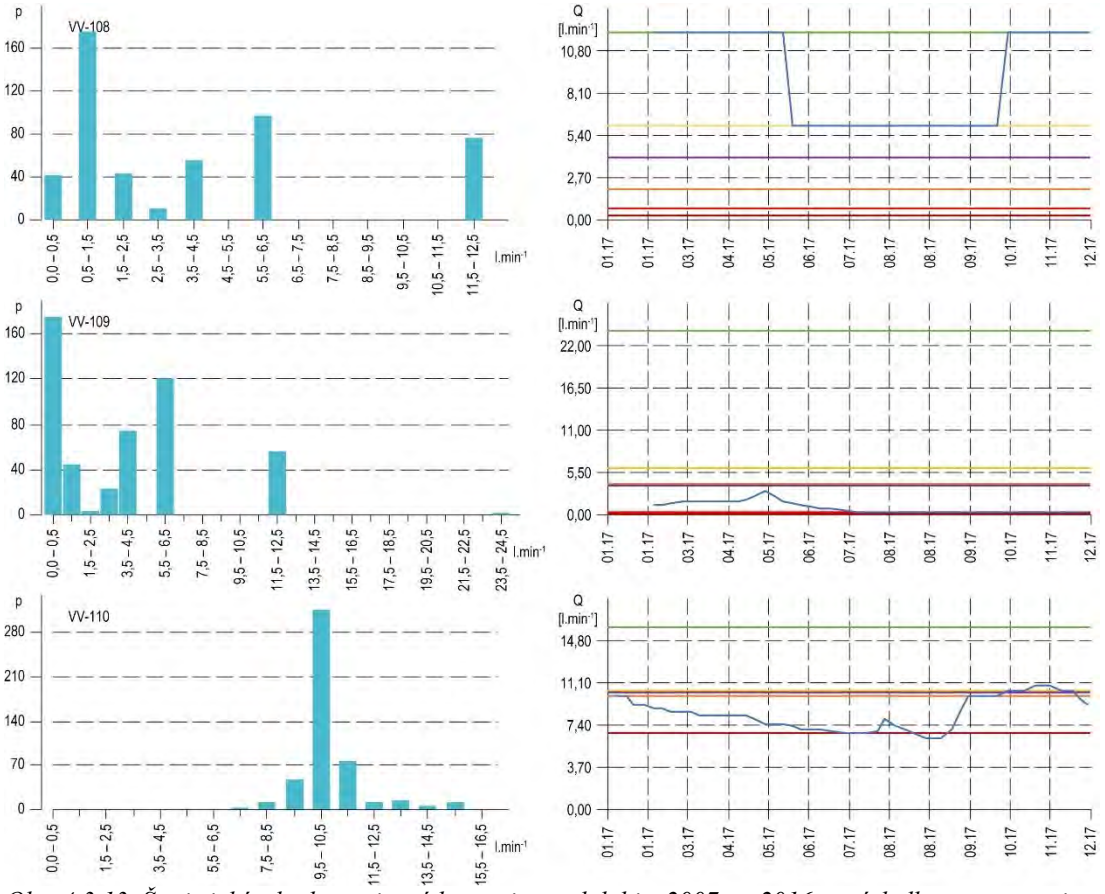
Na lokalite Veľká Čausa je pozorovaných sedem odvodňovacích zariadení (tab. 4.3.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.3.9 a 4.3.10). Počas roka 2016 bolo zabezpečených 52 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 3. januára do 30. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 7. februára na odvodňovacom vrte VV-108 (12,00 l.min^{-1}). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 19. júna s hodnotou 4,00 l.min^{-1}, pričom priemerná výdatnosť dosiahla až 8,73 l.min^{-1}. V ostatných vrtoch boli maximálne výdatnosti namerané najmä počas 14. februára (napr. vrt VV-102). Počas hodnotného roku boli 4 vrty suché (minimálne počas jedného merania z nich voda len kvapkala, alebo boli bez akéhokoľvek prietoku). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 12,16 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pomerne výrazný pokles, a to až o 7,35 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VV-110 (9,43 l.min^{-1}).

Tab. 4.3.9. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Veľká Čausa v roku 2016

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}]
VV-102	51	0,32	14. 2. 16	0,00	15. 5. 16	0,02	0,32
VV-103	52	2,00	14. 2. 16	0,00	19. 6. 16	0,42	2,00
VV-104	49	0,26	14. 2. 16	0,00	21. 5. 16	0,01	0,26
VV-107	51	0,00	9. 1. 16	0,00	7. 5. 16	0,00	0,00
VV-108	52	12,00	7. 2. 16	4,00	19. 6. 16	8,73	8,00
VV-109	52	3,00	14. 2. 16	0,18	24. 1. 16	0,56	2,82
VV-110	52	10,43	20. 2. 16	1,00	26. 3. 16	2,43	9,43

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 roku 2016, 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 udržal do konca októbra, kedy došlo k vzostupu na hodnotu 12,00 l.min^{-1}. Priemerná hodnota v roku 2017 v tomto vrte dosiahla 9,13 l.min^{-1}. Z obrázku 4.3.13 vyplýva, že 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 prevažne v intervale nultého až prvého kvartilu. V auguste bola vo vrte zároveň nameraná najnižšia hodnota výdatnosti za celé monitorované obdobie (6,32 l.min^{-1}). Pri komplexnom hodnotení dosiahnutých maximálnych prietokov z odvodňovacích zariadení je možné konštatovať, že ich výskyt bol viazaný prevažne 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}.



Obr. 4.3.13. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2007 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Veľká Čausa. Analyzované obdobia (AO): január 2007 – december 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

Tab. 4.3.10. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Veľká Čausa v roku 2017

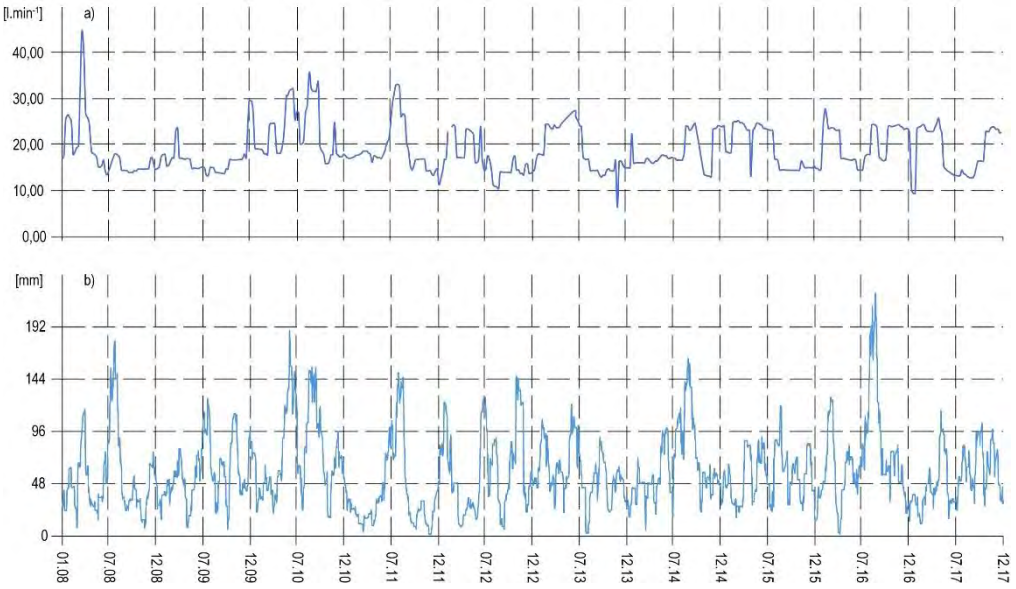
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
VV-102	49	0,40	27. 2. 17	0,00	27. 3. 17	0,05	0,40
VV-103	49	2,00	30. 4. 17	0,00	23. 7. 17	0,43	2,00
VV-104	49	1,09	30. 4. 17	0,00	27. 5. 17	0,06	1,09
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

Najnižšia hodnota bola nameraná vo vrte VV-109 (0,22 l.min^{-1}) na konci apríla. Vrty VV-107, VV-103, VV-104, VV-102 boli minimálne počas jedného merania suché, resp. dosahovaný prietok sa nachádzal na úrovni kvapkania. Vo všeobecnosti, k poklesu výdatnosti,

v rámci celej lokality došlo v druhej polovici mája. Najnižšia spoločná výdatnosť bola zaznamenaná 9. septembra. Ide o obdobie, kedy boli namerané i najnižšie stavy hladiny podzemnej vody v piezometrických vrtoch.

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 18,92 $l.min^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom 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 $l.min^{-1}$). Štatistické zhodnotenie množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení s aktuálne hodnotenými prietokmi je znázornené na obr. 4.3.13. Dlhodobý vývoj spoločnej výdatnosti je na obr. 4.3.14.

Na základe analýzy, ktorá je zameraná na štatistické zhodnotenie efektívnosti odvodňovacích zariadení, a to formou početnosti výskytu určitej hodnoty prietoku (obr. 4.3.13 – modré histogramy) sú prezentované odvodňovacie zariadenia, na ktorých je možné dlhodobo sledovať vyššie hodnoty výdatností. Z uvádzaných príkladov 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. Priebeh dlhodobých (2007 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Veľká Čausa; a – spoločná výdatnosť všetkých odvodňovacích zariadení na lokalite, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Prievidza (indikatív 30120).

Za posledné desaťročie boli najvyššie hodnoty sumárnej výdatnosti odvodňovacích vrtov namerané v roku 2008. 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.

f/ Merania zrážkových úhrnov

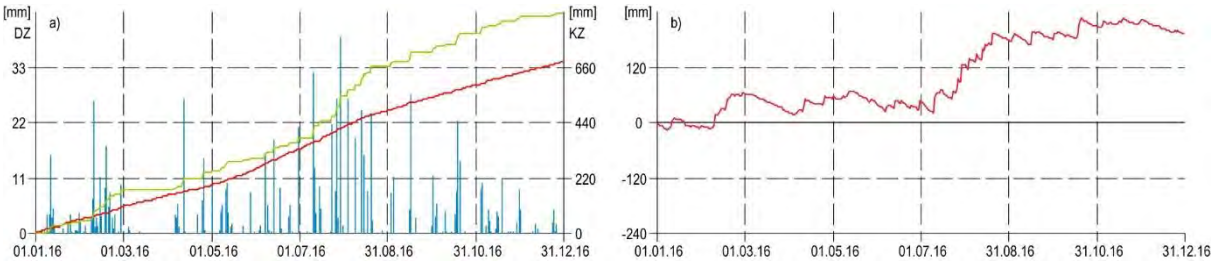
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Prievidza s indikatívom 30120 (obr. 4.3.15 a 4.3.16) a Ráztočno s indikatívom 30100 (obr. 4.3.17 a 4.3.18). Dlhodobý ročný zrážkový priemer na stanici Prievidza, nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2016, predstavuje 686,3 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 887,3 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 57,5 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.

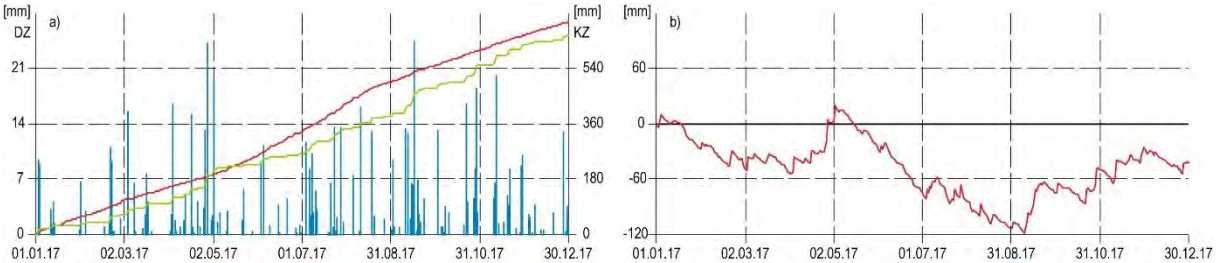
Na stanici Ráztočno dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2016, dosiahol 750,8 mm; maximálny ročný úhrn 1191,4 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 62,6 mm a maximálny mesačný úhrn 263,1 mm (august 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 18. júla 2010 do 17. augusta 2010) dosiahol 311,8 mm.

Na stanici Prievidza bol v roku 2016 zaznamenaný zrážkový úhrn 846,7 mm (125,1 % dlhodobého priemeru do roku 2015 – veľmi vlhký rok). V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (183,5 mm) a najvyšší denný úhrn 31. júla (39,0 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 10,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 23. júla do 22. augusta (221,3 mm).

V roku 2017 bol nameraný zrážkový úhrn 648,8 mm, čo zodpovedá 94,54 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol 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) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 14. januára do 13. februára), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 10,0 mm.



Obr. 4.3.15. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Ráztočno (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.

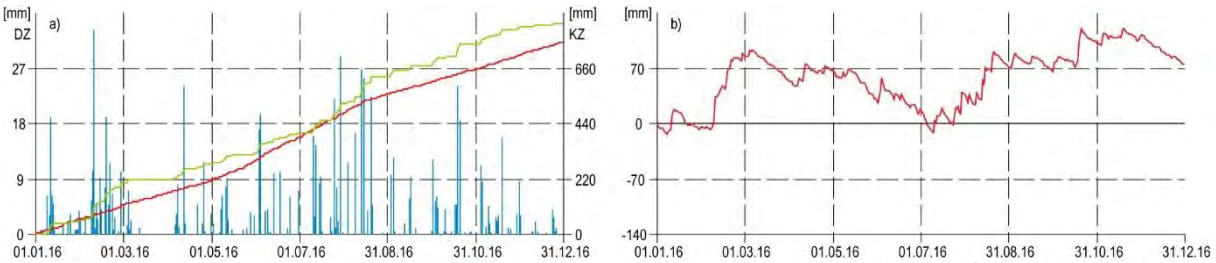


Obr. 4.3.16. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Ráztočno (indikatív 30100); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2017 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2016); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.

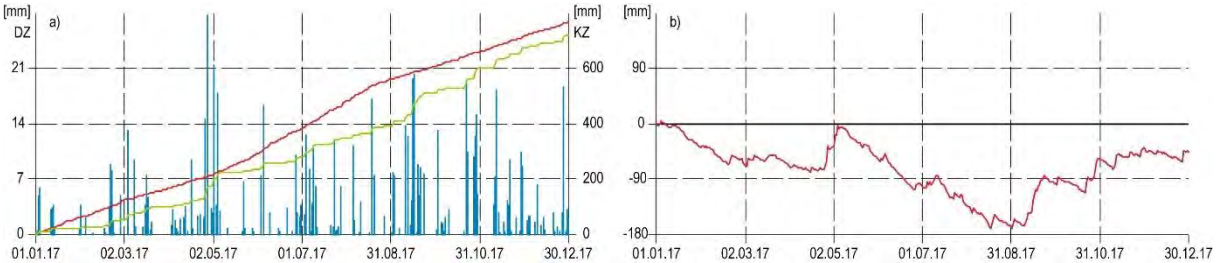
Na stanici Ráztočno bol v roku 2016 nameraný zrážkový úhrn 837,6 mm. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas februára, dosiahol 141,0 mm a najvyšší denný úhrn bol nameraný 10. februára s hodnotou 33,2 mm. Najsuchším mesiacom bol marec s úhrnom 22,4 mm. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky zaznamenali najvyššiu hodnotu 176,4 mm, a to v období od 23. júla do 22. augusta.

V roku 2017 bol nameraný zrážkový úhrn 720,5 mm, čo predstavuje 95,97 % dlhodobého priemeru a je ho možné charakterizovať ako normálny rok. 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.



Obr. 4.3.17. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Prievidza (indikatív 30120); 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. 4.3.18. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Prievidza (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.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Veľká Čausa boli monitorovacie aktivity zamerané na sledovanie pohybovej aktivity geodetickými meraniami a meraním metódou presnej inklinometrie. Zároveň boli zabezpečované režimové pozorovania v piezometrických odvodňovacích vrtoch. Na základe nameraných výsledkov pohybovej aktivity možno konštatovať, že už dlhšie obdobie je najaktívnejšou oblasťou západná časť 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 piatimi 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 2017 dosiahla pohybová aktivita v tomto bode v polohovom smere približne 60 mm. V ostatných bodoch polohové vektory len ojedinele prekračovali hranicu 10 mm (P3 a P16).

Na úrovni sledovaných šmykových plôch bola metódou presnej inklinometrie potvrdená vysoká pohybová aktivita v centrálnej časti zosuvu. Ide územie, ktoré je sledované vrtmi VČ-1, VČ-9 a VE-4. Zvýšené hodnoty etapových prírastkov deformácie boli namerané aj vo vrtoch VČ-5 a VČ-6. V súčasnosti hrozí, že vrt VČ-1, prestane byť v dôsledku dlhodobej deformácie inklinometrickej pažnice priechodný, teda 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 projekčnej, ako aj realizačnej časti výstavby. Ide najmä o zvolenie vhodného spôsobu založenia 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 2017 možno konštatovať, že priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody, predovšetkým tie, ktoré sú sledované kontinuálnym automatickým hladinomerom, citlivo reagovali na vývoj klimatických faktorov. Maximálne úrovne boli vo väčšine monitorovaných vrtov dosiahnuté prevažne na prelome apríla a mája. Následne sa začal prejavovať zrážkový deficit, čo spôsobilo pokles hladín v jednotlivých sledovaných piezometrických vrtoch. Situácia sa zmenila až na konci letného obdobia. K vzostupu hladiny začalo dochádzať v priebehu jesenných mesiacov. Podobne sa vyvíjali i prietoky na funkčných odvodňovacích vrtoch. V súčasnosti spoľahlivo odvádzajú podzemnú vodu prakticky len tri vrty (VV-8, 9 a 110). Ostatné vrty sú vo väčšine prípadov suché, resp. z nich voda len kvapká. V zosuvnom území naviac už dlhšie obdobie pretrvávajú nepriaznivé odtokové pomery. Vody sa kumulujú v bezodtokových depresiách a zarastených rigoloch, kde postupne infiltrujú do horninového – 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 ľahšie uplatňujú na doplňaní zásob podzemnej vody. O tomto nepriaznivom stave sú pravidelne informovaní i zástupcovia obce.

V roku 2018 plánujeme opätovne požiadať obecné zastupiteľstvo o súčinnosť pri zabezpečovaní údržby rigolu, ktorý sa nachádza v blízkosti vrtu PO-1. Ako sme už viackrát naznačili, ide o oblasť, v ktorej vyteká voda z vrtu a spätne infiltruje do zosuvného prostredia. Zároveň budeme žiadať o obnovenie kosenia v oblasti telesa zosuvu, čím sa zlepšia odtokové pomery územia.

V rámci monitorovacích aktivít v roku 2018 plánujeme pokračovať s pôvodným sortimentom monitorovacích metód. Geodetické merania (terestrické a GNSS) budú realizované jedenkrát, jeden až dvakrát budú zabezpečené merania metódou presnej inklinometrie. Režimové pozorovania budú realizované s týždenným intervalom (vo vrte inštalovaným automatickým hladinomerom budú sledované zmeny v hodinovom režime).

1.4.4. Lokalita Prievidza-Hradec

Stručná charakteristika lokality

Hradec je súčasťou mestskej časti Prievidza V.-Štvrte. 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 Ilkanič et al. (2013), Fekeč a Ilkanič (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 2016 a 2017

Na lokalite sa v roku 2017 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 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	6	Pavlovská ul.: IGH-1i, IGH-2i, IGH-3i, IGP-9i, ulica Na Stanište: IGH-5, IGP-10	2 – 3 *(23. máj, 22. september, 17. október)*	1 – 3 *(31. marec, 24. apríl, 2. október, 6. december)*
	1	IGP-10[1] – stacionárna inklinometrická sonda	Kontinuálne *(každý deň)*	–
Radarová interferometria (InSAR)	168 260	Prirodzené odrážače (body): dráha č. 175: 1 – 168 dráha č. 51: 1 – 260	dráha č. 175: 36 snímok dráha č. 51: 32 snímok *(január – december)*	dráha č. 175: 60 snímok dráha č. 51: 54 snímok *(január – december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	IGH-7, IGH-8[2]	52 *(1x za týždeň)*	49 *(1x za týždeň)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	5	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4, HV-5	52 *(1x za týždeň)*	49 *(1x za týždeň)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prievidza (indikatív 30120)	*Denné úhrny zrážok Teploty vzduchu (priemerná a minimálna)*	

[1] – monitoring bol zabezpečený od 17. októbra 2016 do 8. decembra 2016; [2] – meranie zabezpečované do 18. septembra 2016, od 25. septembra je objekt poškodený

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

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Prievidza-Hradec od roku 2015 zabezpečujú na šestici 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; ulica Na Stanište – IGH-5i, IGP-10i). 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 uskutočnených v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Prievidza-Hradec

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	10. 12. 15 – 23. 5. 16			23. 5. 16 – 22. 9. 16			23. 5. 16 – 23. 9. 16			23. 5. 16 – 17. 10. 16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IGH-1i	3,44	1,03	0,20	160				1,65	1,14[1]	302[1]			
IGH-2i	6,66	3,83	2,48	90							4,98	1,17[2]	81[2]
IGH-2i	8,66	1,39	0,22	347							1,80	0,41[2]	334[2]
IGH-3i	2,31	1,70	0,58	319				2,22	0,61[1]	269[1]			
IGH-3i	6,81	0,86	0,22	107				0,85	0,14[1]	305[1]			
IGH-5i	4,61	31,81	10,32	276	35,44	3,64	273						
IGH-5i	7,11	1,92	0,90	220	2,01	0,14	175						
IGP-10i	6,43	27,39	14,99	291	35,75	8,37	295				34,96	1,21[2]	64[2]
IGP-10i	14,43	1,40	0,30	220	1,94	0,58	341				3,42	1,50[2]	310[2]
IGP-9i	6,42	1,60	1,10	135	2,14	0,64	101						
IGP-9i	8,92	0,91	0,61	131	1,50	0,61	131						
IGP-9i	14,92	0,54	0,14	185	1,04	0,51	151						

Pokračovanie Tab. 4.4.2

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	17. 10. 16 – 31. 3. 17			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 [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IGH-1i	3,44				2,28	1,39	181				0,14	2,42	46
IGH-2i	6,66				5,63	0,85[3]	29[3]				6,74	2,82	146
IGH-2i	8,66				2,21	0,41[3]	334[3]				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[4]	156[4]	75,87	4,24	186	75,89	0,78[5]	270[5]
IGH-5i	7,11				1,40	2,25[4]	8[4]	1,12	0,32	148	3,10	2,01[5]	316[5]
IGP-10i	6,43	50,65	16,04	280									
IGP-10i	14,43	3,61	0,51	29									
IGP-9i	6,42				1,30	0,85	299				1,70	0,73	66
IGP-9i	8,92				0,70	0,80	320				1,25	0,72	84
IGP-9i	14,92				0,54	0,51	331				0,22	0,42	5

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 deformácia a azimut je za obdobie: 23. 5. 16 – 23. 9. 16; [2] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 23. 5. 16 – 17. 10. 16; [3] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 17. 10. 16 – 24. 4. 17; [4] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 22. 9. 16 – 24. 4. 17; [5] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 2. 10. 17 – 6. 12. 17.

Na Pavlovskej ul. bola v roku 2016 zvýšená pohybová aktivita nameraná vo vrte IGH-2i. V hĺbke 8,66 m pod terénom vznikla deformácia 2,48 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 5,49 mm.rok^{-1}. Následne, počas októbrovej etapy, v danej hĺbke došlo k zníženiu pohybovej aktivity na 1,17 mm (2,90 mm.rok^{-1}). V oboch prípadoch bol vektor orientovaný na východ, pričom predpokladaný smer pohybu je na západ. V ostatných vrtoch v tejto časti obce sa deformácie na sledovaných šmykových plochách pohybovali v intervale od 0,14 (vo vrte IGH-3i počas septembrovej etapy, v hĺbke 6,81 m pod terénom) do 1,14 mm (vo vrte IGH-1i v hĺbke 3,44 m pod terénom).

V aktívnejšej časti obce boli vykonané dve až tri etapy meraní. Najvyššie deformácie boli namerané počas májového merania. Vo vrte IGP-10i v hĺbke 4,61 m pod terénom bola zaznamenaná deformácia 14,99 mm. Priemerná rýchlosť deformácie v tomto vrte v období od decembra 2015 do mája 2016 dosiahla až 33,16 mm.rok^{-1}. V nasledujúcich dvoch etapách bol v zóne šmykovej plochy sledovaný postupný útlm deformácie. V septembri dosiahla deformácia 8,37 mm a v októbri už len 1,21 mm. Celé zosuvné teleso malo počas prvého a druhého termínu merania zhodnú orientáciu pohybu na západ. Práve šmyková plocha v tomto vrte presne oddeľuje hlbšie horizonty, ktoré síce majú v porovnaní s telesom zosuvu zanedbateľnú pohybovú aktivitu, ale ich orientácia sa výrazne líši (obr. 4.4.3b). Výsledná

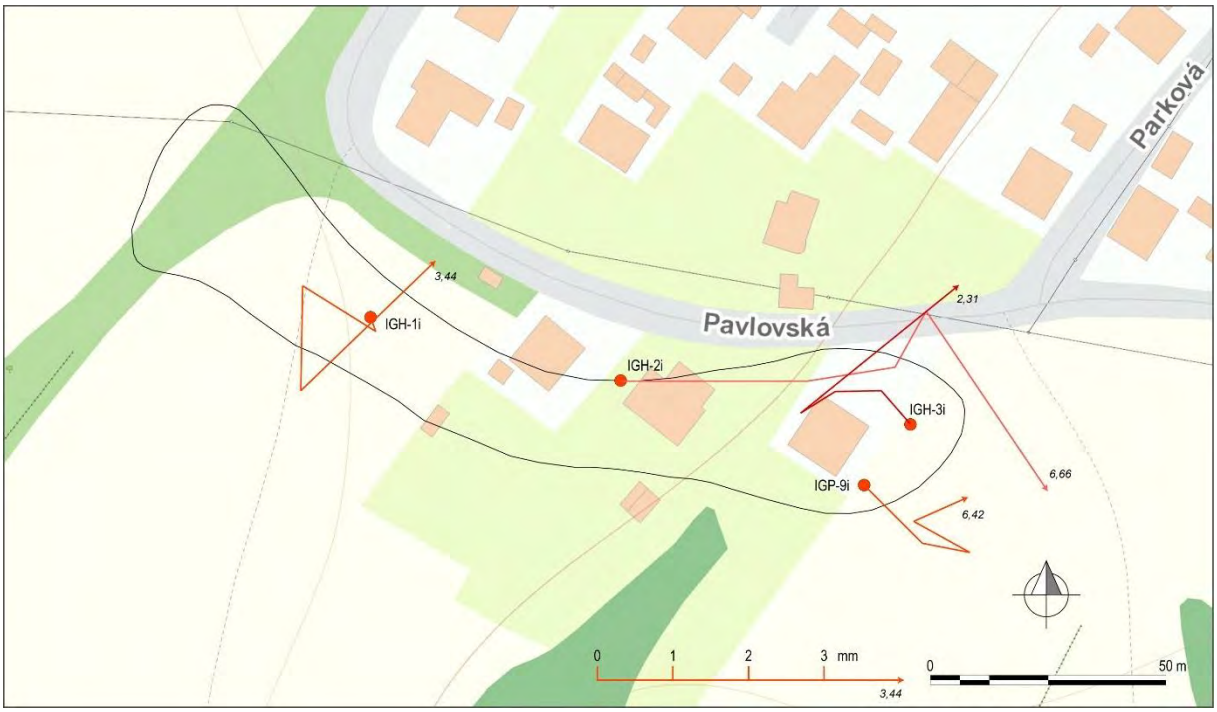
deformácia inklinometrickej pažnice za obdobie od marca 2015 do septembra 2016 predstavuje 35,75 mm (23,47 mm.rok^{-1}).

Z dôvodu, že zosuv priamo ohrozuje početnú skupinu obyvateľov ulice Na Stanište a Lesnej ul. a prejavuje sa deštrukčne na stavebných objektoch, bola v polovici septembra do vrtu IGP-10i inštalovaná stacionárna inklinometrická sonda. Merania, vykonávané do 8. decembra 2016, potvrdili, že územie je neustále v pohybe. Priemerné rýchlosti deformácie (merané každých 24 hod) sa pohybovali v rozsahu od 7,06 (20. október) do 68,28 mm.rok^{-1} (20. november).

Len o niečo nižšia deformácia bola nameraná vo vrte IGH-5i v hĺbke 4,61 m pod terénom. Počas májovej etapy dosiahol vektor deformácie hodnotu 10,32 mm (22,82 mm.rok^{-1}). Vrt sa nachádza v blízkosti križovatky ulíc Na Stanište a Lesná. Podobne i v tomto vrte sú jednotlivé azimuty deformácií v oblasti zosuvného telesa orientované na západ. Počas nasledujúcej etapy sa i v tomto vrte situácia mierne upokojila a v septembri bola zaznamenaná deformácia 3,64 mm. Celková deformácia na sledovanej šmykovej ploche v období od novembra 2014 do septembra 2016 dosiahla 35,44 mm (18,85 mm.rok^{-1}).

V roku 2017 boli zabezpečené prevažne dve etapy meraní, výnimočne však tri (IGH-5). V oblasti Pavlovskej ul. boli merania zabezpečené v apríli a v decembri. Na sledovaných málo výrazných šmykových 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 nameraného vektoru 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}).

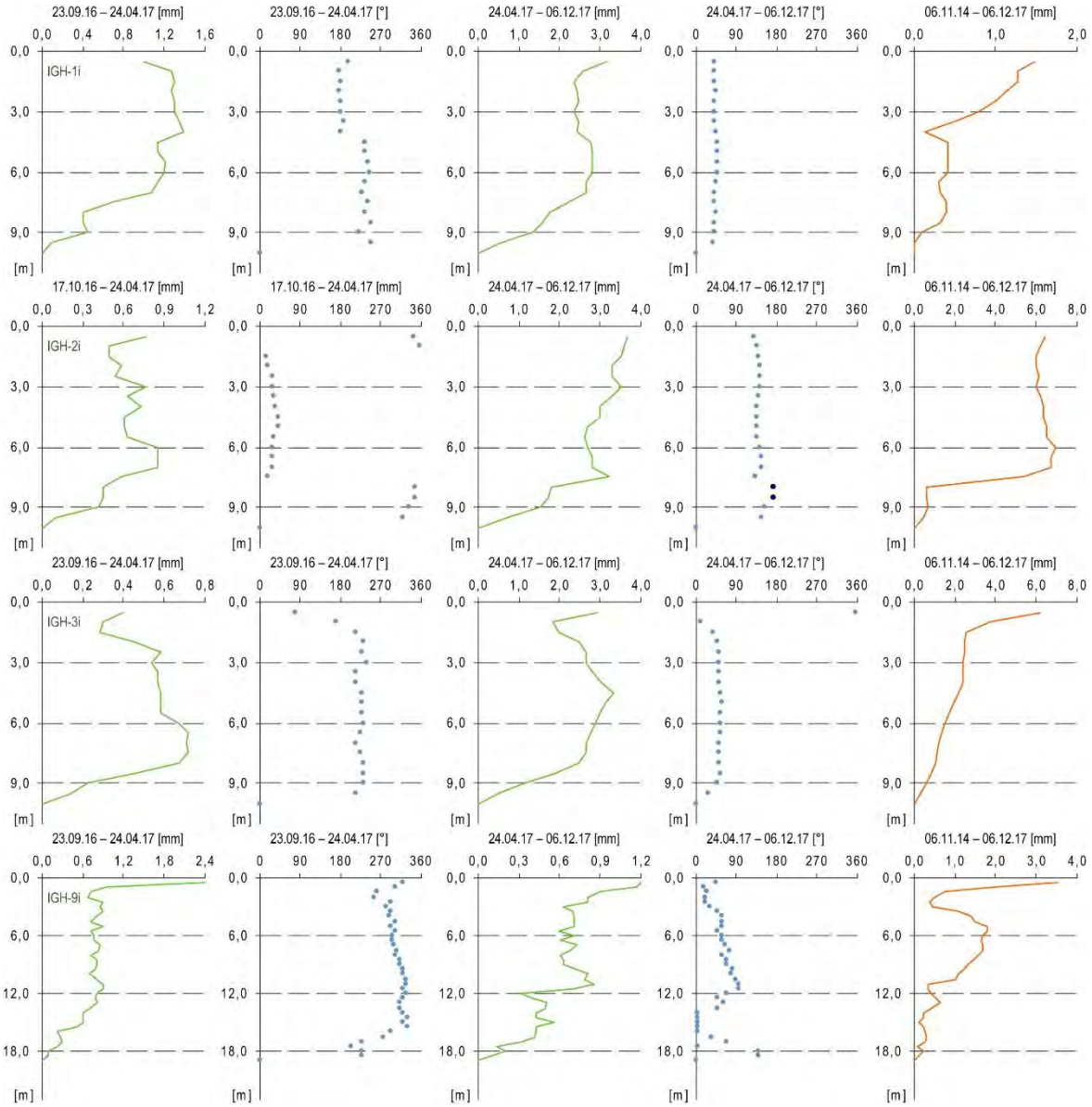
Stabilitnú situáciu v oblasti ulice Na Stanište možno považovať za kritickú. Počas celého roka 2017, boli pri jednotlivých etapách sledované vysoké prírastky deformácií. Naviac, vo vrte IGH-10i bola v apríli spozorovaná kritická deformácia inklinometrickej pažnice, vďaka čomu sa vrt stal nepriechodný,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



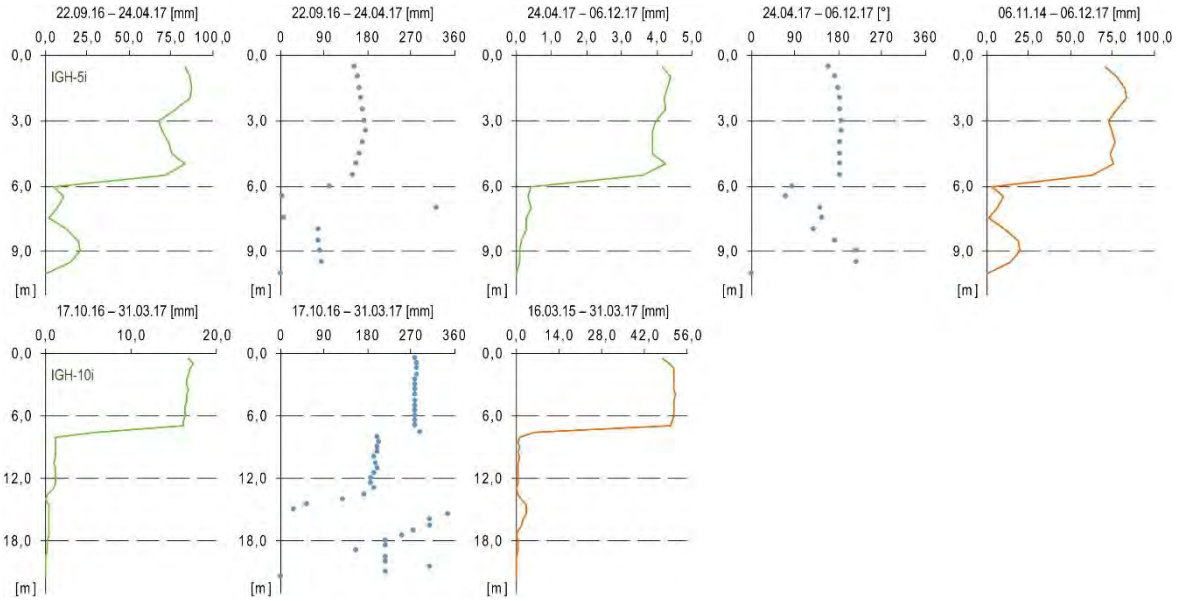
Obr. 4.4.1. Lokalita Prievidza-Hradec (Pavlovská ul.) – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.4.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Ilkaniča et al. (2013), mapový podklad: ZBGIS®.



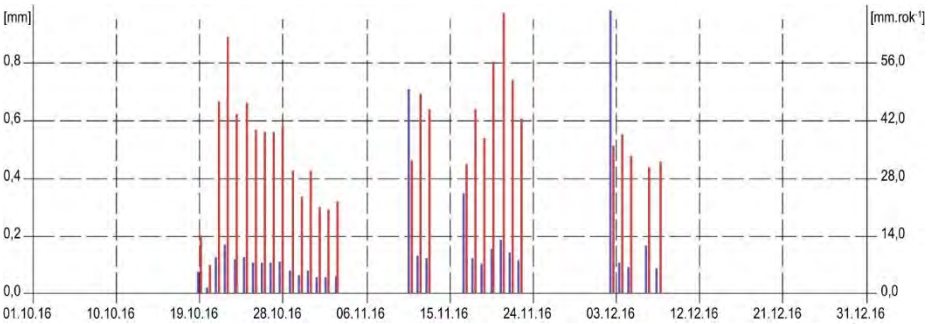
Obr. 4.4.2. Lokalita Prievidza-Hradec (ul. Na Stanište) – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 1.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Ilkaniča et al. (2013), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.4.3a. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Prievidza-Hradec (Pavlovská ulica; označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



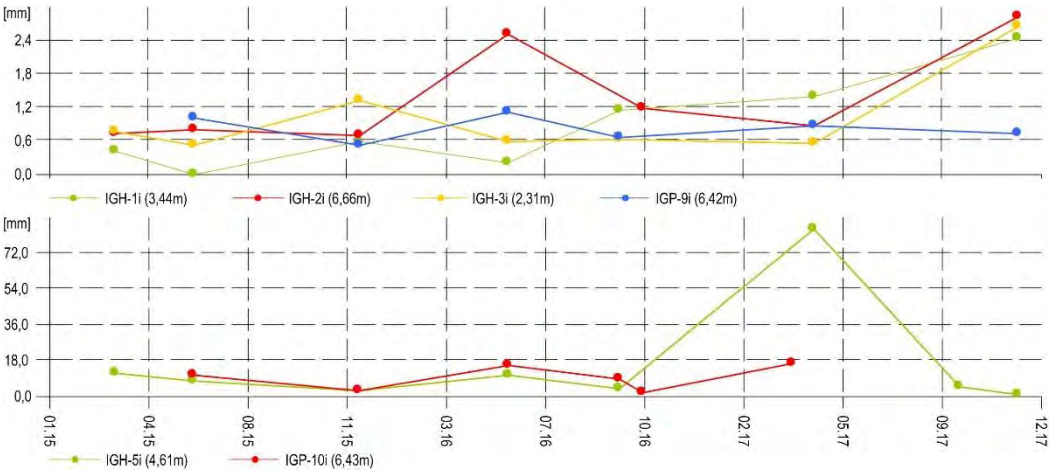
Obr. 4.4.3b. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Prievidza-Hradec (ulica Na Stanište; označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



Obr. 4.4.4. Prírastky deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte IGP-10i v hĺbke šmykovej plochy (6,43 m pod terénom) na lokalite Prievidza-Hradec (ulica Na Stanište), zaznamenané stacionárnou inklinometrickou sondou; modrá – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je spravidla jeden deň), červená – rýchlosť deformácie inklinometrickej pažnice.

Pri hodnotení celého časového radu meraní, realizovaných v jednotlivých vrtoch, na lokalite Prievidza-Hradec je vidieť, že medzi etapovými deformáciami v oblastiach Pavlovskej ul. a ulice Na Stanište 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 koncu roku 2017.

Iná situácia je na ulici Na Stanište. V rokoch 2015 a 2016 priemerná hodnota deformácie, odvodená z etapových vektorov, nameraných na hlavných šmykových plochách, dosiahla 7,93 mm. V prípade, že je do výpočtu priemernej deformácie zahrnutý aj rok 2017, kedy bol počas aprílového merania zaznamenaný vektor 83,63 mm, stúpne výsledná hodnota na 12,66 mm.



Obr. 4.4.5. Priebehy dlhodobých (2015 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Prievidza-Hradec, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

b/ Radarová interferometria

Na lokalite Prievidza-Hradec bola ako ďalšia monitorovacia metóda (na určenie pohybovej aktivity) aplikovaná radarová interferometria. Kompletné analýzy údajoch z družice Sentinel-1A Európskej vesmírnej agentúry sú spracované v samostatných správach (Papčo a Bakoň, 2017 a 2018). V predloženej časti podávame len najdôležitejšie informácie, týkajúce sa pohybovej aktivity v mestskej časti Hradec, ktoré sú prebraté so 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.

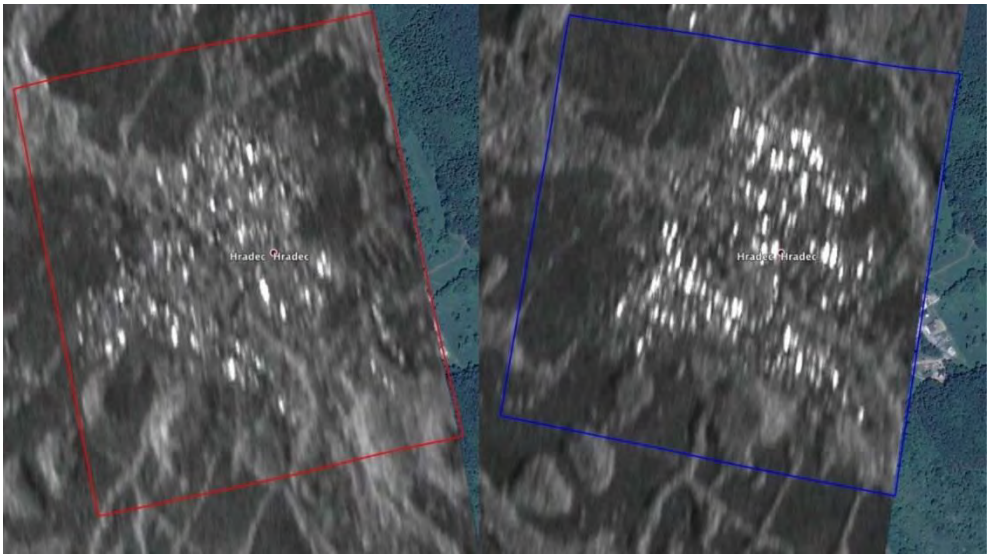
Spracovanie radarovej interferometrie technológiou permanentných odrážačov bolo vykonané v softvérovom balíku SARPROZ (Perissin, 2017). Tento predstavuje komplexný nástroj umožňujúci spracovanie pomocou štandardných diferenčných, ale aj pokročilých metód využívajúcich multištatistický prístup k riešeniu 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 obidvoch 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). 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.

Na elimináciu efektu topografie bol použitý model SRTM-1 s krokom 1“ (30 m). Výber referenčného bodu, voči ktorému sa určujú relatívne zmeny, resp. pohyby v sledovanom území, musí spĺňať podmienku dobrej identifikácie, vhodnej vzdialenosti od sledovaného územia, odrazivosti, koherencie a stability počas 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 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 "skutočným" 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 poukazovať 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.

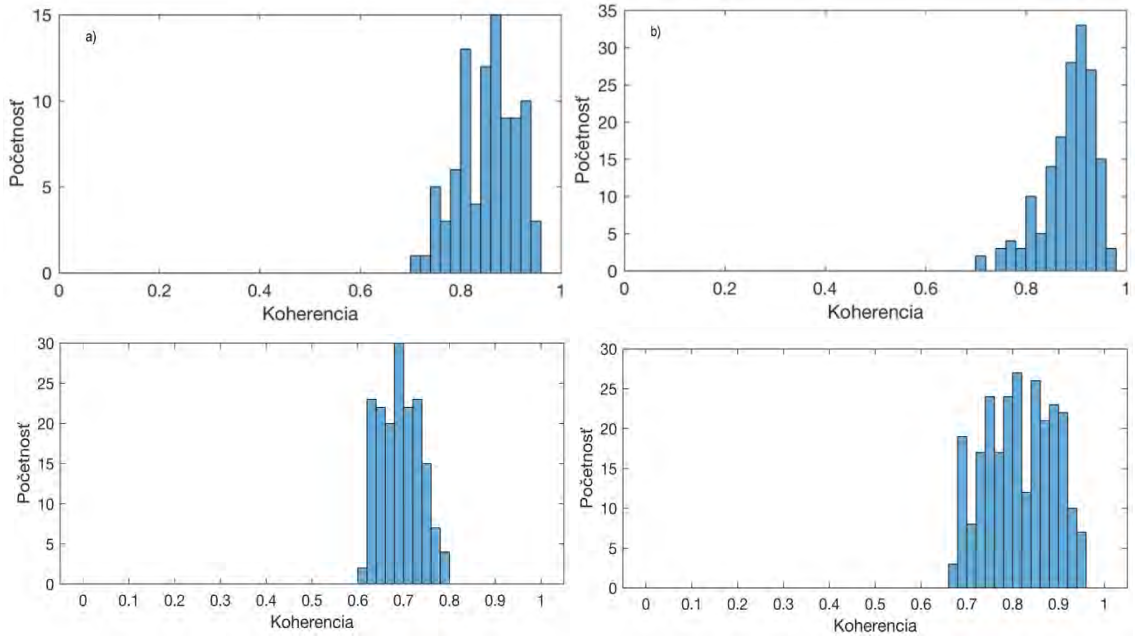
Na vymedzenie vhodných prirodzených odrážačov boli stanovené nasledovné kritériá:

– rýchlosť pohybu bodov v rozsahu ± 30 $mm.rok^{-1}$,

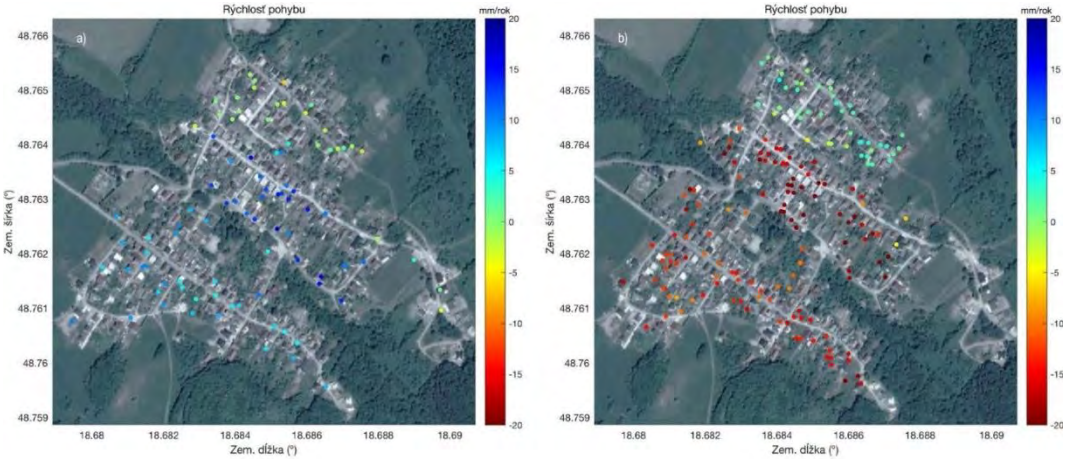
– koherencia v rozsahu 0,7 – 1,0,

– rozdiel odhadnutej výšky bodu voči referenčnému DMR v rozsahu ± 20 m.

V roku 2016 bolo celkovo v riešenej oblasti Hradca detegovaných 91 (vzostupná dráha č. 175), resp. 165 (zostupná dráha č. 51) vhodných prirodzených odrážačov. V roku 2017 sa ich počet zvýšil, na vzostupnej dráhe na 168 a zostupnej dráhe na 260. Grafické zhodnotenie vo forme histogramov je znázornené na obr. 4.4.7.



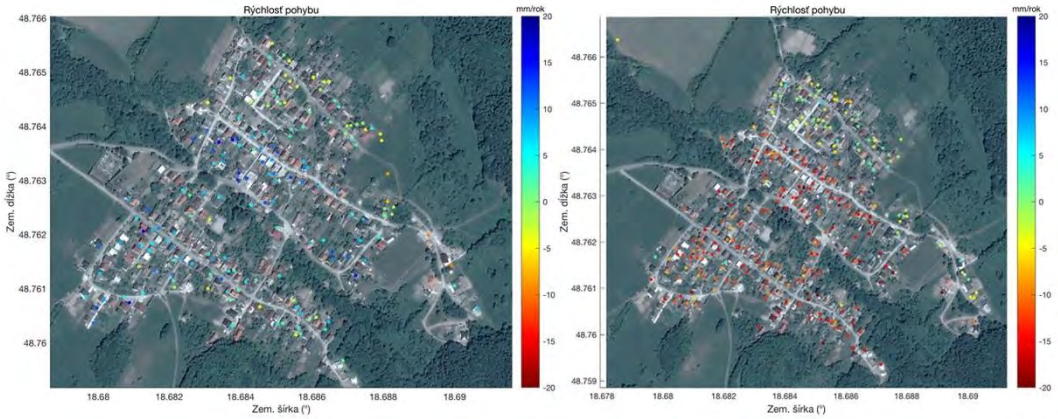
Obr. 4.4.7. Histogramy početnosti koherencie odrazových bodov na lokalite Prievidza-Hradec v rokoch 2016 (horná časť obrázku) a 2017 (spodná časť obrázku); a – vzostupná dráha č. 175; b – zostupná dráha č. 51 (spracované podľa Papčo a Bakoň, 2017b a 2018b)



Obr. 4.4.8a. Rýchlosť pohybu sledovaných bodov v smere dráhy lúča na lokalite Prievidza-Hradec v roku 2016; a – vzostupnú dráhu č. 175; b – 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 – stúpajúcu tendenciu vo vzostupnej obežnej dráhe (obr. 4.4.8 a 4.4.9) 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. 4.4.8b. Rýchlosť pohybu sledovaných bodov v smere dráhy lúča na lokalite Prievidza-Hradec v roku 2017; a – vzostupnú dráhu č. 175; b – zostupná dráha č. 51.

Autori Papčo a Bakoň (2018) 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 ľahkým vegetačným pokryvom.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Prievidza-Hradec boli zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované pôvodne v 2 vrtoch, od roku 2017, v súvislosti s poškodením vrtu IGH-8, je pozorovaný 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).

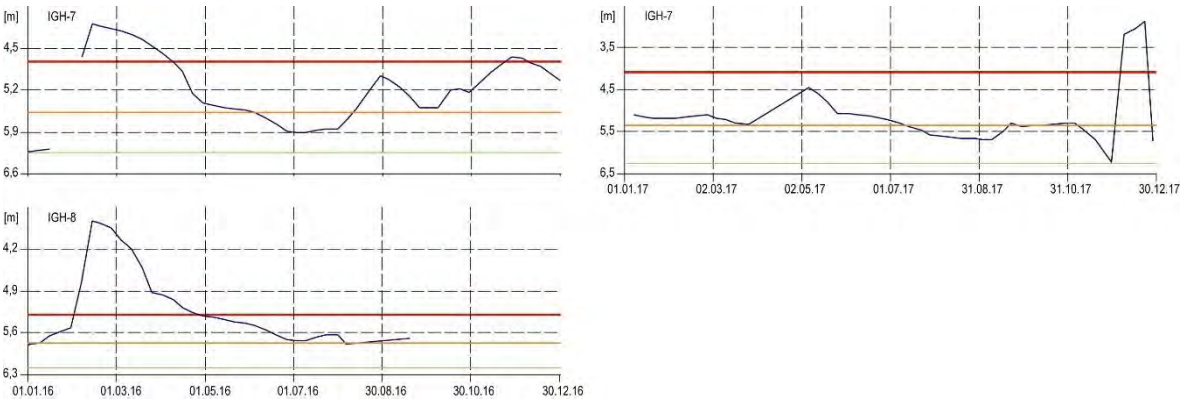
V roku 2016 bolo zabezpečených 52 kontrolných meraní, a to v období od 3. januára do 30. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte IGH-8 (3,74 m pod terénom; 435,96 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 14. februára. V rovnakom termíne bol zaznamenaný i maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte IHG-7 (4,09 m pod terénom). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala 3. januára (IGH-7 – bola nameraná 6,23 m pod terénom; IGH-8 – bola nameraná 5,79 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 5,21 m pod terénom, čo je oproti roku 2015 vzostup o 0,46 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody boli v sledovaných horizontoch prakticky identické (v rozsahu od 5,20 – vrt IGH-7 – do 5,22 m pod terénom – vrt IGH-8). Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte IGH-7 (2,14 m).

Tab. 4.4.3 Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2016 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	52	4,09	469,56	14. 2. 16	6,23	467,42	3. 1. 16	5,20	468,45	2,14
IGH-8	52	3,74	435,96	14. 2. 16	5,79	433,91	3. 1. 16	5,22	434,48	2,05

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v režimových meraniach 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 počas celého roka nachádzala v blízkosti dlhodobého priemeru, len začiatkom mája zaznamenala výraznejší vzostup. Na konci novembra sa dokonca priblížila k hodnote dlhodobého minima. Následne, počas 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, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom len mierny vzostup (o 0,03 m). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za roky 2016 a 2017 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 spolu s kumulatívnymi zrážkami sú znázornené na obr. 4.4.11.



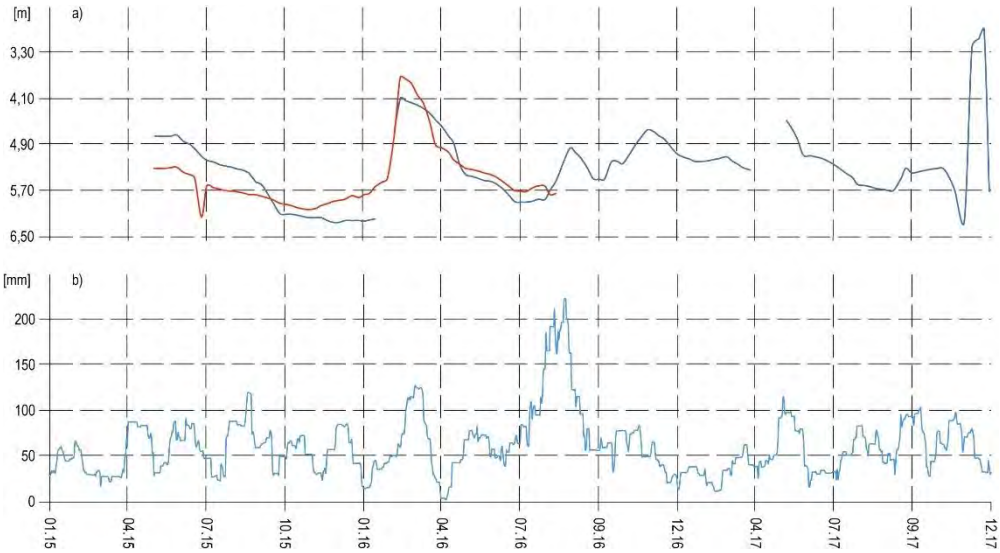
Obr. 4.4.10. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Prievidza-Hradec, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

Tab. 4.4.4 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

I keď režimové pozorovania sú na lokalite zabezpečované relatívne krátke obdobie, z výsledkov meraní vyplýva, že pozorovanú hladinu podzemnej vody do veľkej miery ovplyvňujú klimatické faktory. Maximálne hladiny sú spojené s koncom zimného a začiatkom jarného obdobia. Naopak, minimálne stavy sa vyskytujú na konci leta, resp. počas jesenných mesiacov (obr. 4.4.11). Výnimkou je posledný vzostup hladiny podzemnej vody.

Problém pri meraní hladiny podzemnej vody predstavujú samotné monitorovacie objekty, konkrétne spôsob zabudovania ich nadzemnej časti. Vrty nemajú ochrannú oceľovú pažnicu, čo je pravdepodobným dôvodom poškodenia vrtu IGH-8. Predpokladáme, že vrt bol zničený prejazdom poľnohospodárskeho stroja.



Obr. 4.4.11. Priebeh dlhodobých (2015 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Prievidza-Hradec. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – IGH-7 (modrá) a IGH-8 (červená); b – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prievidza s indikatívom 30120).

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. 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 Stanište s orientáciou na východ a juhovýchod a drénujú futbalové ihrisko a jeho okolie.

Počas roka 2016 bolo zabezpečených 53 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 3. januára do 30. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 14. februára na odvodňovacom vrte HV-5 (12,0 l.min^{-1}). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 30. decembra s hodnotou 1,5 l.min^{-1} a priemerná výdatnosť dosiahla 3,53 l.min^{-1}. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte HV-3 (0,21 l.min^{-1}; 10. október), čo pravdepodobne súvisí so zrážkovým deficitom v letnom období, ktorý sa prejavil i poklesom hladín podzemnej vody v sledovaných piezometroch. Počas hodnotného roka boli 2 vrty suché (HV-3 a HV-4; ojedinele boli na nich pozorované nízke prietoky alebo kvapkanie). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 8,96 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s rokom 2015 nárast o 3,55 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-5 (10,50 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. 4.4.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v roku 2016 na lokalite Prievidza-Hradec

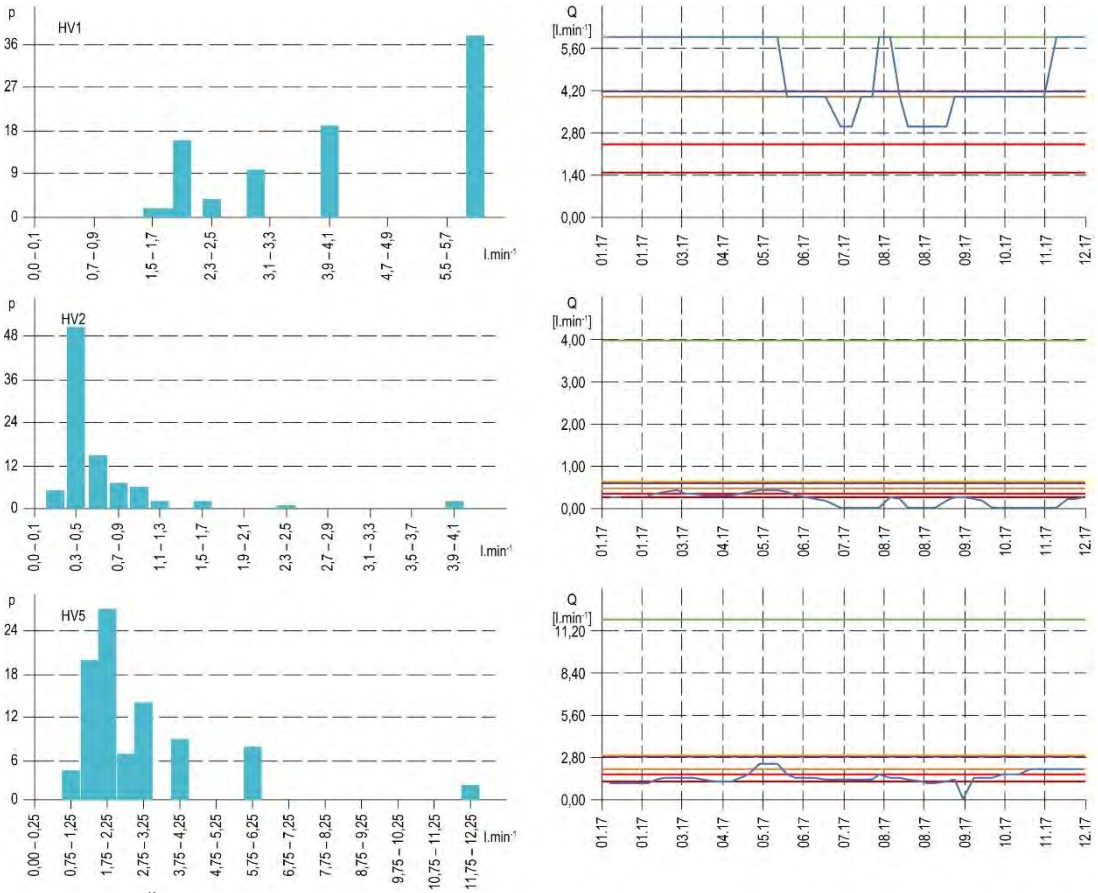
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	53	6,00	12. 3. 16	2,00	3. 1. 16	4,42	4,00
HV-2	53	4,00	14. 2. 16	0,29	29. 5. 16	0,53	3,71
HV-3	53	0,55	14. 2. 16	0,00	10. 10. 16	0,33	0,55
HV-4	53	0,21	27. 11. 16	0,00	10. 10. 16	0,15	0,21
HV-5	53	12,00	14. 2. 16	1,50	30. 12. 16	3,53	10,50

V roku 2017 bolo zabezpečených 49 kontrolných meraní, čo je o 4 menej ako vlani. 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. Na obr. 4.4.12 je vidieť, 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 (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).

Tab. 4.4.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v roku 2017 na lokalite Prievidza-Hradec

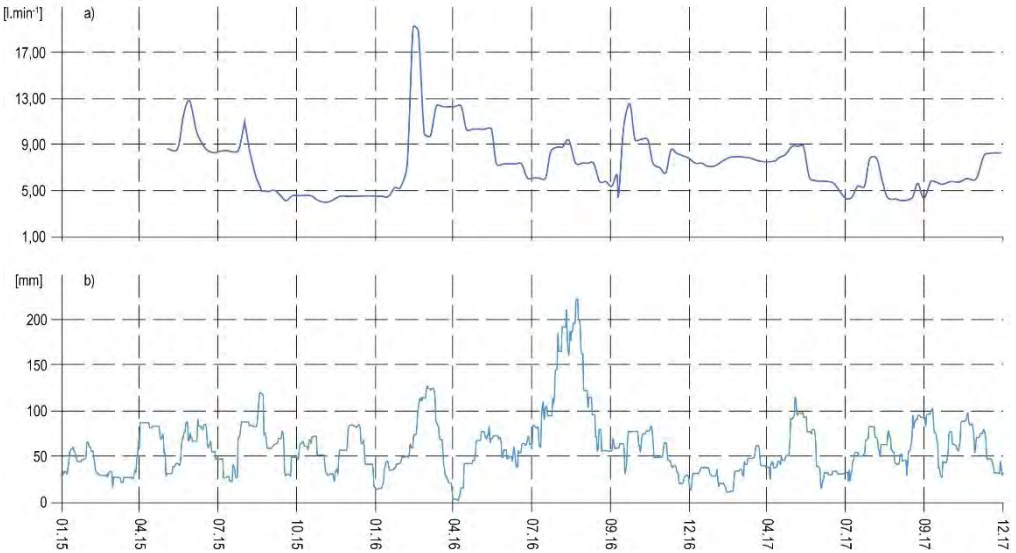
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	49	6,00	7. 1. 17	3,00	30. 6. 17	4,84	3,00
HV-2	49	0,43	30. 4. 17	0,00	30. 6. 17	0,20	0,43
HV-3	49	kvapkanie, suché					
HV-4	49						
HV-5	49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



Obr. 4.4.12. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2015 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Prievidza-Hradec. Analyzované obdobie (AO): máj 2015 – december 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých 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}).

Štatistické zhodnotenie výdatnosti v jednotlivých vrtoch, spolu s prietokmi v roku 2017, je znázornené na obr. 4.4.12. Kumulatívne množstvo odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení, porovnané so zrážkovými úhrnmi je znázornené na obr. 4.4.13.



Obr. 4.4.13. Priebeh dlhodobých (2015 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Prievidza-Hradec; a – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov na lokalite; b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Prievidza (indikatív 30120).

Z obdobia monitorovania, ktoré je síce relatívne krátke, je ale vidieť, že priebeh výdatnosti, podobne ako v prípade zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, podlieha klimatickým faktorom (obr. 4.4.11 a 4.4.13). Najväčšie výdatnosti sú teda späté s výskytom maximálnych úrovní hladiny podzemnej vody.

Zo štatistického zhodnotenia efektívnosti odvodňovacích zariadení formou početnosti výskytu určitých intervalov prietokov 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 spomenuté vrty HV-3 a HV-4.

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 a 4.3.16). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú v popise lokality Veľká Čausa.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Prievidza-Hradec boli monitorovacie aktivity zabezpečované v oblasti Pavlovskej ulice a v pod futbalovým ihriskom. Zároveň, technológiou InSAR bola sledovaná pohybová aktivita celej mestskej časti, ako aj jej širšieho okolia.

V roku 2017 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 najaktívnejšia je oblasť pod futbalovým ihriskom. Tento fakt potvrdila i relatívne krátkodobá prevádzka stacionárnej inklinometrickej sondy vo vrte IGP-10i počas roka 2016. V roku 2017 bolo možné vo vrte

vykonať len jednu etapu meraní, pretože vrt, vzhľadom na spomínanú pohybovú aktivitu, sa stal nepriechodný pre inklinometrickú sondu. Mimoriadne vysoká hodnota etapového prírastku bola nameraná i vo vrte IGH-5i, avšak s výrazným odklonom od pôvodného dlhodobého azimutu.

Z analýz družicových údajov vyplýva, že pohybovo aktívna je prevažná časť územia mestskej štvrte Prievidza-Hradec; relatívne stabilnú oblasť predstavuje len jej najsevernejšia oblasť. Najproblémovejšie miesta sú aktuálne tam, kde dochádza ku kontaktu aktívnych a stabilnejších prostredí. Pre tieto oblasti sú typické deštrukčné javy na akýchkoľvek stavebných objektoch. Najväčšie rýchlosti pohybu (nad 20 $mm.rok^{-1}$) sú pozorované v centrálnej časti mestskej štvrte (ulica 1. mája). Táto oblasť však zostáva bez viditeľného negatívneho dopadu na stavebných objektoch. Zjednodušene by sa dalo povedať, že sa „vezie".

Vážnym problémom pri monitorovaní hladiny podzemnej vody sú nekvalitne vybudované piezometrické vrty. V dôsledku chýbajúcej nadzemnej ochrannej pažnice bol v roku 2016 jeden vrt zničený poľnohospodárskym strojom a v roku 2017 boli merania zabezpečované len v jednom vrte. Z nameraných údajov vyplýva, že počas prevažnej časti hodnoteného roka sa hladina nachádzala v blízkosti dlhodobého priemeru a len pri posledných meraniach zaznamenala výrazné kolísanie. Koncoročné zmeny hladiny mali najskôr klesajúci charakter, ktorý sa však náhle zmenil na prudký vzostup, počas ktorého došlo i k prekročeniu doposiaľ známeho maxima.

V roku 2017 došlo k najvýraznejšiemu poklesu výdatnosti odvodňovacích vrtov. Dva vrty boli prakticky celé monitorované obdobie suché a len jeden vrt (HV-1) efektívne odvádzal podzemnú vodu.

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.

Sanačné opatrenia, vybudované v roku 2014, rozhodne prispievajú k zlepšeniu stabilitných pomerov oboch zosuvných lokalít, je ale potrebné uviesť, že vzhľadom na rozsah územia postihnutého svahovými deformáciami (ktorý bol overený metódou InSAR), nie sú postačujúce.

V roku 2018 plánujeme pokračovať v realizácii inklinometrických a režimových pozorovaní na piezometrických vrtoch, ale i odvodňovacích vrtoch. Plánovaná frekvencia meraní bude rovnaká ako v roku 2017.

1.4.5. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka

Stručná charakteristika lokality

Lokalita Veľká Lehôtka je podobne ako Hradec súčasťou mesta Prievidza v rámci mestskej časti Prievidza V.-Štvrte. Nachádza sa približne 1,5 km juhozápadne od mestskej časti Hradec. Lokality sú si blízke i geologickou stavbou a genézou zosuvného javu. I v tomto prípade zohráva kľúčovú úlohu gravitačný rozpad Vtáčnika.

Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správ z prieskumu (Ilkanič et al., 2013, Fekeč a Ilkanič, 2014b in Šimeková et al., 2014) a sanácia (Tupý et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014; Ondrejka et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka boli v rokoch 2016 a 2017 monitorovacie aktivity zamerané na sledovanie pohybovej aktivity (pomocou inklinometrických meraní) a režimových ukazovateľov (hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích vrtov). Termíny realizácie jednotlivých meraní sú zhrnuté v tab. 4.5.1.

Tab. 4.5.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	8	Remeselnícka ul.: IGP-1i, IGP-4i, IGP-4i, Podhorská ul.: IGP-1i, IGP-3i, IGP-4i, IGP-7i, IGP-8i	2 *(23. máj, 23. september)*	2 *(24. apríl, 6. december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	IGR-4, IGR-5, IGP-6	52 *(1x za týždeň)*	49 *(1x za týždeň)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	7	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4 HV-5, HV-6, HV-7	52 *(1x za týždeň)*	49 *(1x za týždeň)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prievidza (indikatív 30120)	*Denné úhrny zrážok Teploty vzduchu (priemerná a minimálna)*	

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

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka zabezpečujú od roku 2014 na šiestich vrtoch (vybudovaných počas prieskumu), ku ktorým v roku 2015 pribudli ďalšie dva vrty (vybudované počas 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 časti obce pretína Remeselnícku ul. – vrty IGR-4i, 5i a 1i – a pokračuje 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 2016, počas májovej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu za posledné päťmesačné obdobie, bola pomerne vysoká deformácia nameraná vo vrte IGP-4iN. V hĺbke 2,5 m pod terénom bola nameraná deformácia 3,14 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 7,20 mm.rok^{-1}. Vektor deformácie bol orientovaný na severo-severovýchod. Vrt sa nachádza

nad miestnym futbalovým ihriskom. V oblasti Podhorskej ulice boli zvýšené hodnoty deformácie namerané ešte i vo vrte IGP-7i, ktorý leží približne 60 m juho-juhozápadným smerom od vrtu IGP4iN. V hĺbke 6,96 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,44 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 3,29 mm.rok^{-1}. Deformácie nad 1 mm boli namerané i v oblasti Remeselníckej ulice vo vrtoch IGR-5i a IGR-4i. Oba vrty sa nachádzajú na severovýchodne orientovanom svahu; smery pohybu v uvedených vrtoch mali však protichodný charakter. Kým vo vrte IGR-4i bol vektor orientovaný na východ, vo vrte IGR-5i naopak na západ. V ostatných vrtoch bola situácia v sledovaných horizontoch relatívne pokojná.



Obr. 4.5.1. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka, Remeselnícka ul. – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (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); ohraničenie zosuvu podľa Fekeča a Ilkaniča, (2014b in Šimeková et al., 2014), mapový podklad: ZBGIS®.

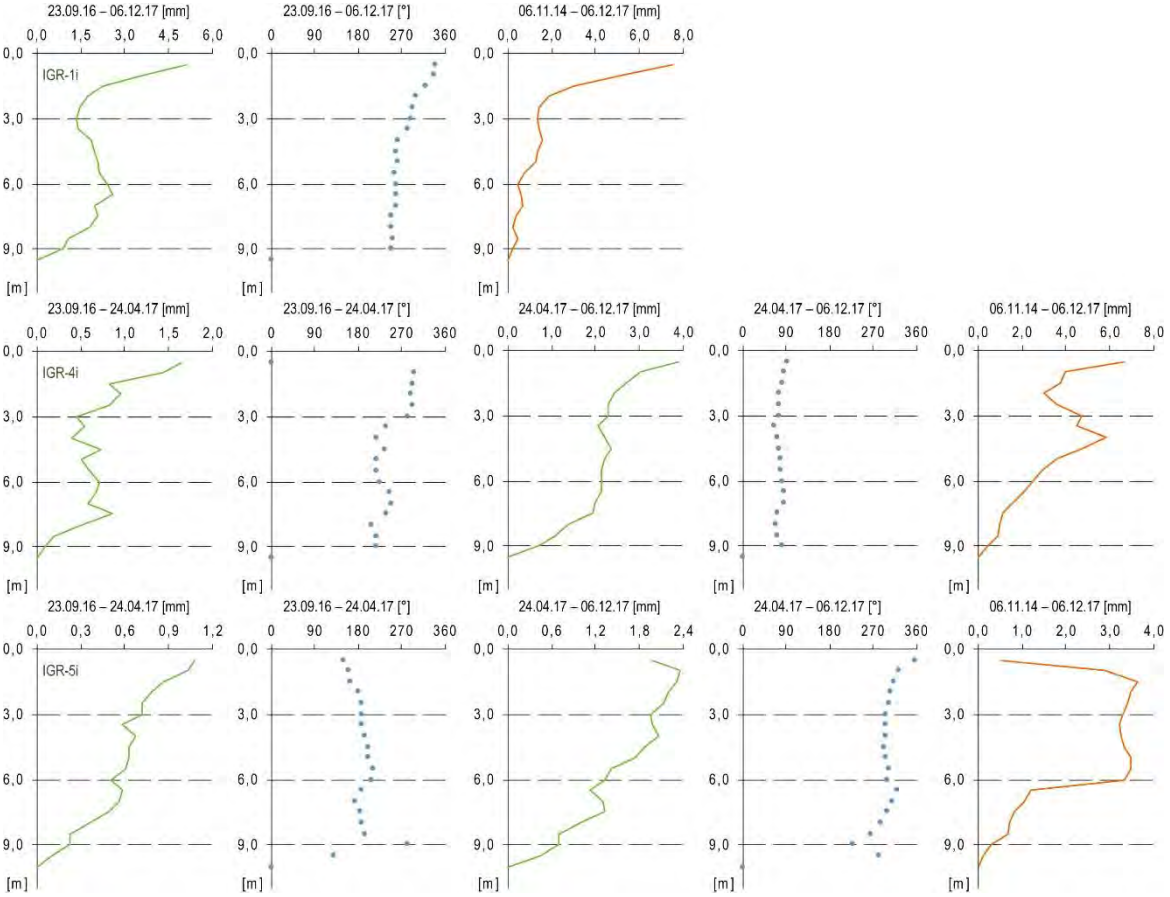
Tab. 4.5.2. Výsledky inklinometrických meraní uskutočnených v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	15. 12. 15 – 23. 5. 16			23. 5. 16 – 23. 9. 16			23. 9. 16 – 24. 4. 17			24. 4. 17 – 6. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IGP-1i	7,00	1,60	0,61	121	2,10	0,50	310	2,60	0,50	310	0,81	1,81	136
IGP-3i	6,60	2,44	0,67	217	2,78	0,61	199	2,39	0,41	86	3,18	2,28	341
IGP-4iN	2,50	3,14	3,14	29	4,80	1,66	27	3,47	1,70	240	6,51	3,05	11
IGP-7i	6,96	0,58	1,44	331	2,06	1,70	157	0,71	2,25	333	1,06	0,81	358
IGP-7i	17,46	1,04	0,22	302	2,06	1,03	156	1,32	0,85	320	1,00	0,32	347
IGP-8i	12,04	1,03	0,58	211	1,04	1,92	51	1,08	1,91	227	0,63	0,45	27
IGR-1i	6,38	3,05	0,20	185	2,82	0,32	293				0,60	2,60[1]	259[1]
IGR-4i	3,52	3,21	1,22	119	4,40	1,24	114	4,42	0,40	218	5,87	2,22	74
IGR-4i	6,02	1,08	0,61	119	1,20	0,20	128	1,58	0,67	245	2,10	2,13	87
IGR-5i	5,57	2,19	1,50	273	2,00	0,30	130	2,37	0,51	209	3,32	1,32	301

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 deformácia a azimut je za obdobie: 23. 9. 16 – 6. 12. 17.



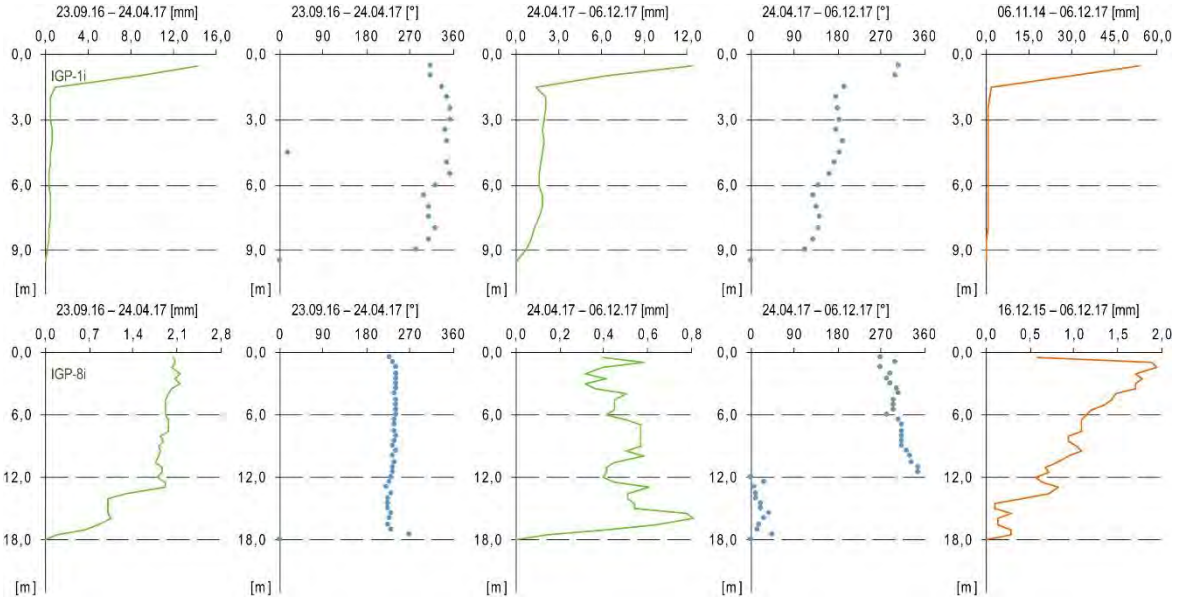
Obr. 4.5.2. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka, Podhorská ul. – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.5.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Fekeča a Ilkaniča, (2014b in Šimeková et al., 2014), mapový podklad: ZBGIS®.



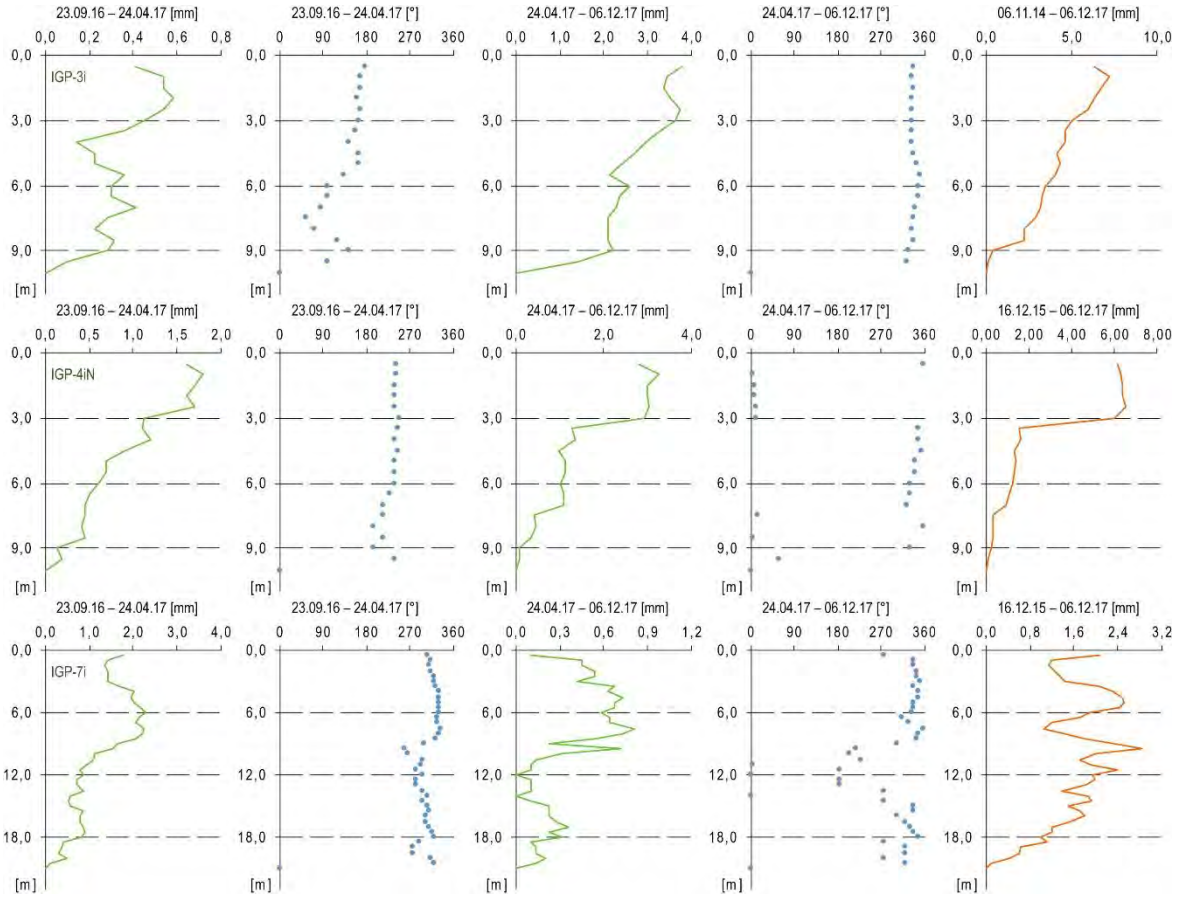
Obr. 4.5.3a. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka (Remeselnícka ulica; označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Nasledujúce septembrové meranie sa vo väčšine vrtov prejavilo poklesom pohybovej aktivity. V spomenutých vrtoch, v ktorých boli počas májového merania zaznamenané vyššie hodnoty deformácie (nad 3 mm), došlo k určitému upokojeniu. Naopak, vo vrtoch, v ktorých boli zaznamenané len minimálne hodnoty, došlo počas septembra k miernemu oživeniu pohybovej aktivity (napr. vrt IGP-8i – tab. 4.5.2). Deformácie väčšie ako 1 mm boli namerané vo vrtoch IGP-7i, IGR-4i, IGP-4iN, IGP-7i a IGP-8i.

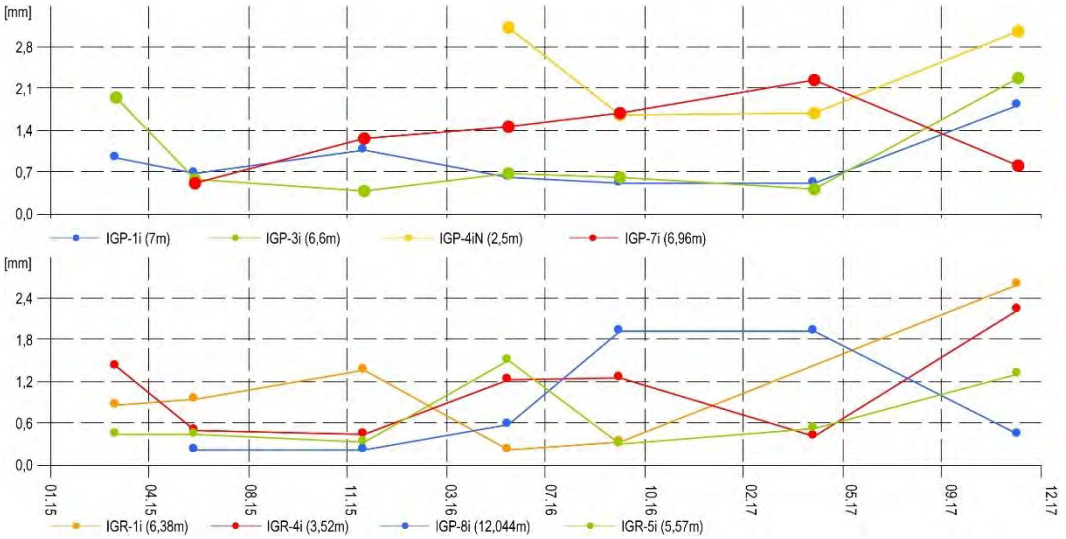
V roku 2017 boli v jednotlivých zosuvných častiach obce zrealizované dve etapy inklinometrických meraní. Prvé meranie bolo vykonané v druhej polovici apríla a charakterizovalo pohybovú aktivitu za cca sedemmesačné obdobie. Najväčší prírastok deformácie inklinometrickej pažnice počas tejto etapy bol nameraný 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). Najvyšší nameraný etapový prírastok bol vo vrte IGR-4i v hĺbke 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 – 2,28 mm – 3,68 mm.rok^{-1}, IGR-1i – 2,6 mm – 2,16 mm.rok^{-1}, IGR-4i – 2,22 mm – 3,58 mm.rok^{-1}). Najvyššia hodnota výslednej deformácie za monitorované obdobie je vo vrte IGP-4iN v hĺbke 2,5 m pod terénom. V období od 6. novembra 2014 do 6. decembra dosiahla veľkosť 6,51 mm. Zároveň ide o vrt s jasne vyprofilovanou šmykovou plochou (obr. 4.5.3.c). Z decembrového kontrolného merania vyplýva, že až v štyroch vrtoch (IGP-3i, IGP-1i, IGR-1i a IGR-4i) boli namerané najvyššie etapové vektory za celé monitorované obdobie (tab. 4.5.2).



Obr. 4.5.3b. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka (Podhorská ulica – severná časť; označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



Obr. 4.5.3c. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka (Podhorská ulica – nad futbalovým ihriskom; označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



Obr. 4.5.4. Priebehy dlhodobých (2015 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

Pri hodnotení celého obdobia monitorovania je pozorovateľný mierne vzostupný trend prírastkov etapových deformácií. V časti inklinometrických vrtov, tak ako to bolo už vyššie

spomenuté, boli najvyššie deformácie namerané v prvej polovici decembra 2017. Medzi najaktívnejšie oblasti patrí územie v okolí vrtu IGP-4iN.

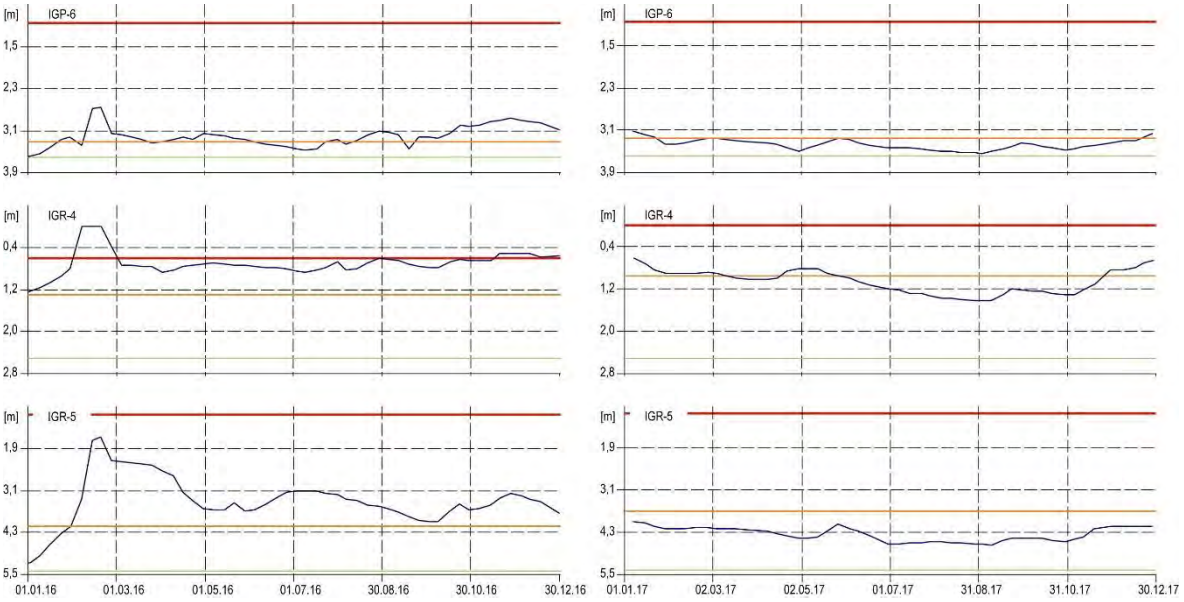
c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.5.3 a 4.5.4). Počas roka 2016 bolo zabezpečených 52 kontrolných meraní (3. január – 30. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte IGR-4. Avšak v tomto prípade vystúpila až nad úroveň terénu (444,40 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 7. februára, ale tiež počas ďalších 2 meracích etáp. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,00 (preliv) až 2,67 m pod terénom (IGP-6). Vyskytovali sa od 7. februára do 20. februára (IGP-6, IGR-5). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte IGR-5 (min. hladina podzemnej vody 5,16 m pod terénom bola nameraná dňa 3. januára). Aj v ostatných pozorovacích vrtoch boli minimálne hladiny podzemnej vody zaznamenané práve 3. januára.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 2,43 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2015 vzostup o 0,48 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,70 (vrt IGR-4) do 3,38 m pod terénom (vrt IGR-5). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte IGR-5 (3,59 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za predchádzajúce monitorované obdobie (rok 2015) vyplýva, že dlhodobé maximum bolo prekročené vo vrte IGR-4.

Tab. 4.5.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2016 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	52	2,67	423,70	20. 2. 16	3,58	422,79	3. 1. 16	3,20	423,17	0,91
IGR-4	52	0,00	444,40	7. 2. 16	1,24	443,16	3. 1. 16	0,70	443,70	1,24
IGR-5	52	1,57	419,15	20. 2. 16	5,16	415,56	3. 1. 16	3,38	417,34	3,59

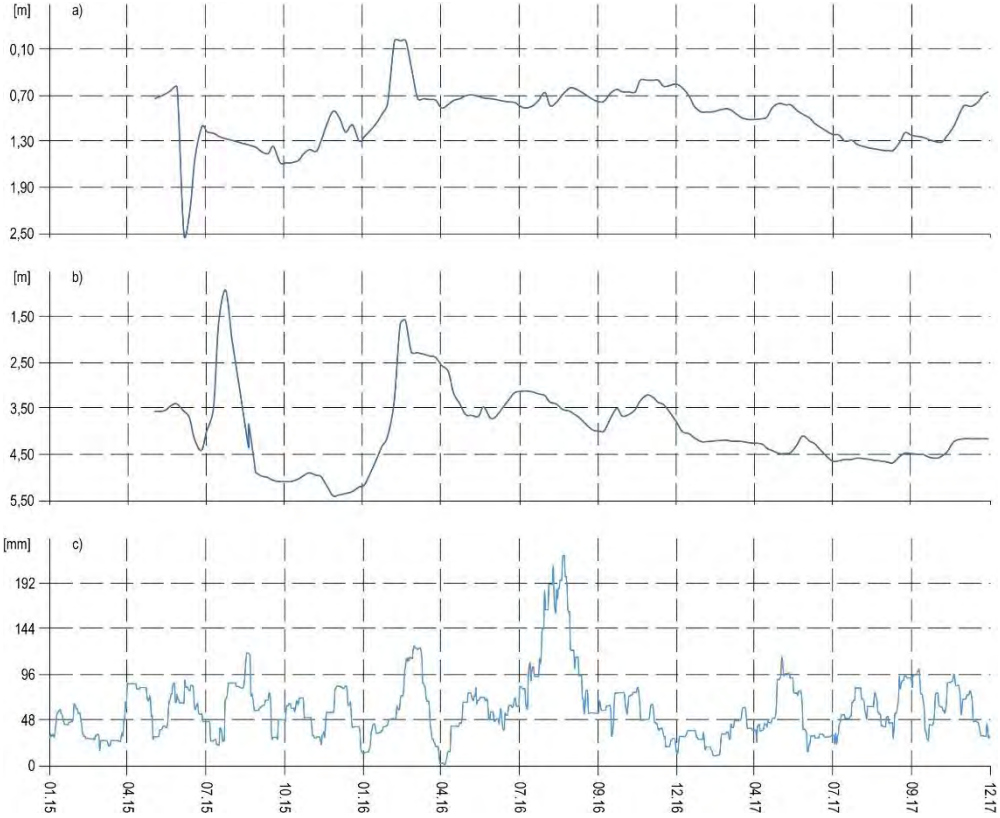


Obr. 4.5.5. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpečených bolo 49 kontrolných meraní. Merania boli zabezpečované od 7. januára do 29. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte IGR-4 v hĺbke 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 počas 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 všetkých vrtoch mierne stúpli. Najhlbšie 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.

Tab. 4.5.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2017 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	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. 4.5.6. Priebeh dlhodobých (2015 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – IGR-4, b – IGR-5n; c – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prievidza s indikatívom 30120).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 2,93 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku zostup o 0,50 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale od 1,06 (vrt IGR-4) do 3,37 m pod terénom (vrt IGP-6). Najväčšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte IGR-4 (0,81 m). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za roky 2016 a 2017 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.5.5. Priebehy

hĺbky hladiny podzemnej vody za monitorované obdobie spolu s kumulatívnymi zrážkami sú znázornené na obr. 4.5.6.

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 dopĺňanie 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. 4.5.3), 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.

Počas roka 2016 bolo zabezpečených 53 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 3. januára do 30. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 20. februára na odvodňovacom vrte HV-5 (6,00 $l.min^{-1}$). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 27. novembra s hodnotou 1,33 $l.min^{-1}$ a priemerná výdatnosť dosiahla 3,68 $l.min^{-1}$. Z uvedených údajov vyplýva, že vrt HV-5 v roku 2016 efektívne odvádzal podzemné vody aj počas suchých období. V ostatných vrtoch boli maximálne výdatnosti namerané najmä počas 14. februára (HV-2, HV-4) a 16. októbra (HV-6, HV-7). Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte HV-2 (0,17 $l.min^{-1}$; 30. december), čo súvisí s nízkymi zrážkovými úhrnmi počas jesenného obdobia. V tomto období došlo i k poklesu hladiny podzemnej vody vo vrtoch IGP-6 a IGR-5n. Pozitívne môžeme hodnotiť skutočnosť, že ani jeden vrt nebol počas roka suchý. Aritmetický priemer minimálnych výdatností dosahuje až 0,61 $l.min^{-1}$. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 12,73 $l.min^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 1,21 $l.min^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-5 (4,67 $l.min^{-1}$).

Tab. 4.5.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v rokoch 2016 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka

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	53	1,71	23. 10. 16	0,20	10. 10. 16	0,55	1,52
HV-2	53	4,00	14. 2. 16	0,17	30. 12. 16	1,76	3,83
HV-3	53	4,00	7. 2. 16	0,30	27. 11. 16	1,80	3,70
HV-4	53	4,00	14. 2. 16	1,33	27. 11. 16	2,65	2,67
HV-5	53	6,00	20. 2. 16	1,33	27. 11. 16	3,68	4,67
HV-6	53	4,00	16. 10. 16	0,63	10. 10. 16	1,34	3,37
HV-7	53	2,00	16. 10. 16	0,31	10. 10. 16	0,94	1,69

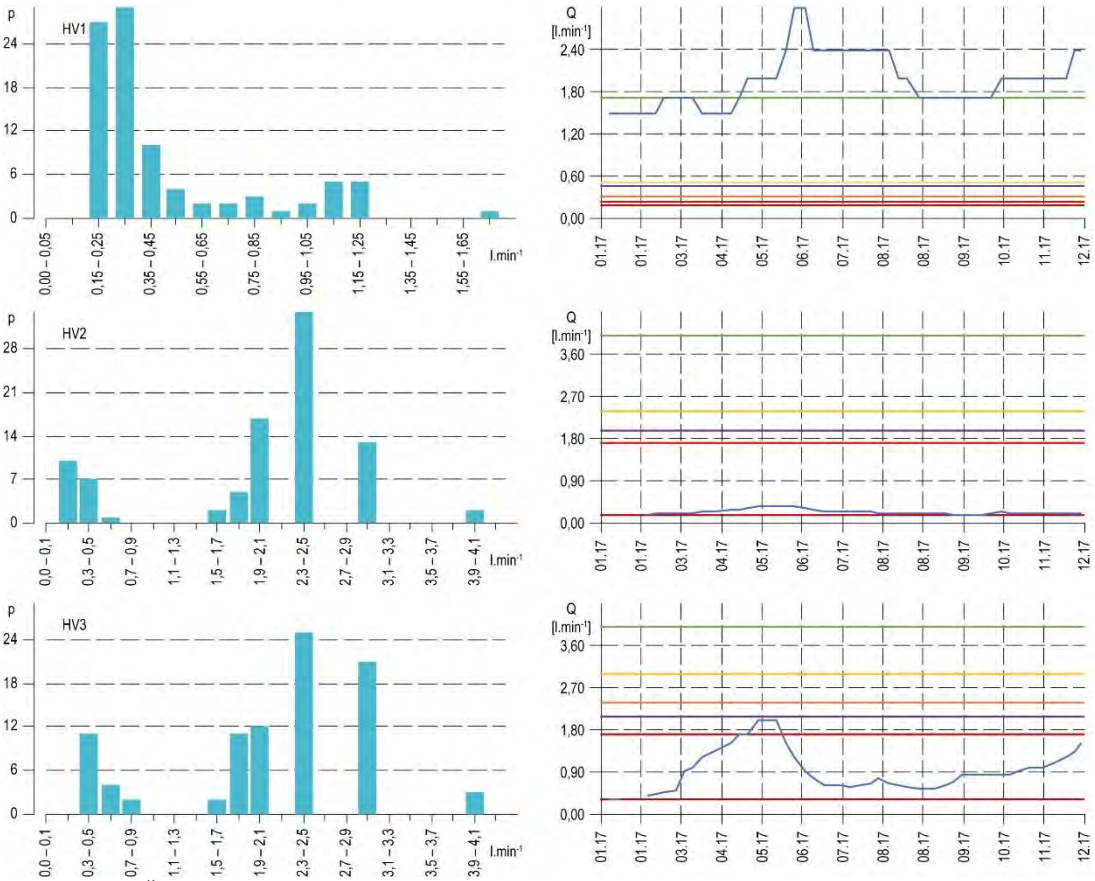
V roku 2017 bolo zrealizovaných 49 meracích etáp. Merania sa realizovali v období od 7. januára do 29. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte HV-1 27. mája (3,0 $l.min^{-1}$). Približne v rovnakom termíne boli zaznamenané maximálne hodnoty prietokov aj vo vrtoch HV-6 a HV-7. V ostatných 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

najnižšia výdatnosť nameraná 8. októbra, s hodnotou 0,18 l.min^{-1} a jeho priemerná výdatnosť dosiahla len 0,23 l.min^{-1}. Najnižšia spoločná výdatnosť v roku 2017 dosiahla 5,16 l.min^{-1}.

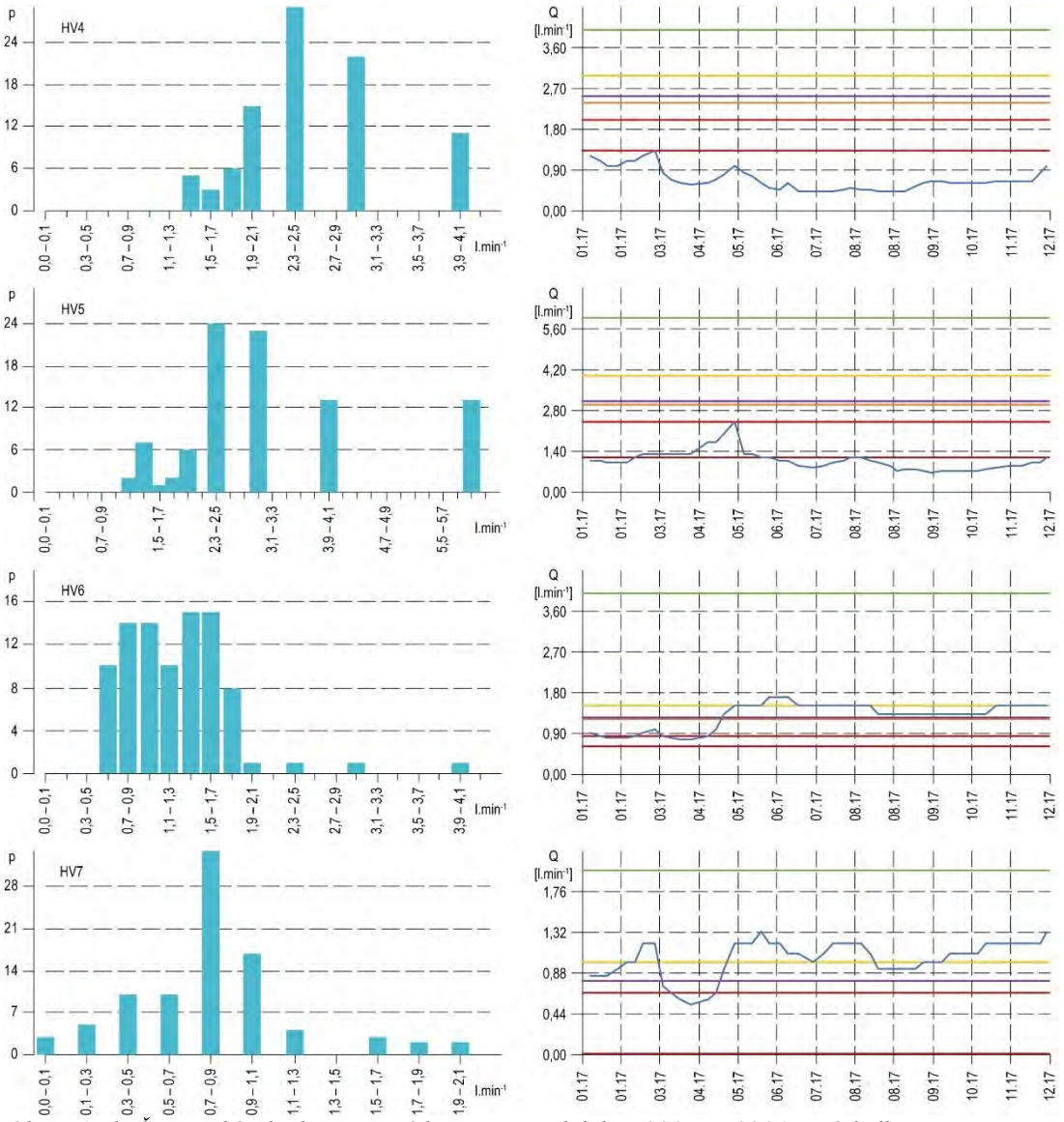
Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2017 dosiahla 7,23 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s rokom 2016 výrazný prepad (o 5,5 l.min^{-1}). Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-5 (1,73 l.min^{-1}).

Tab. 4.5.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v rokoch 2017 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka

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	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. 4.5.7a. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2015 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka (zosuvné územie v južnej časti Remeselníckej ulice). Analyzované obdobie (AO): máj 2015 – december 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).



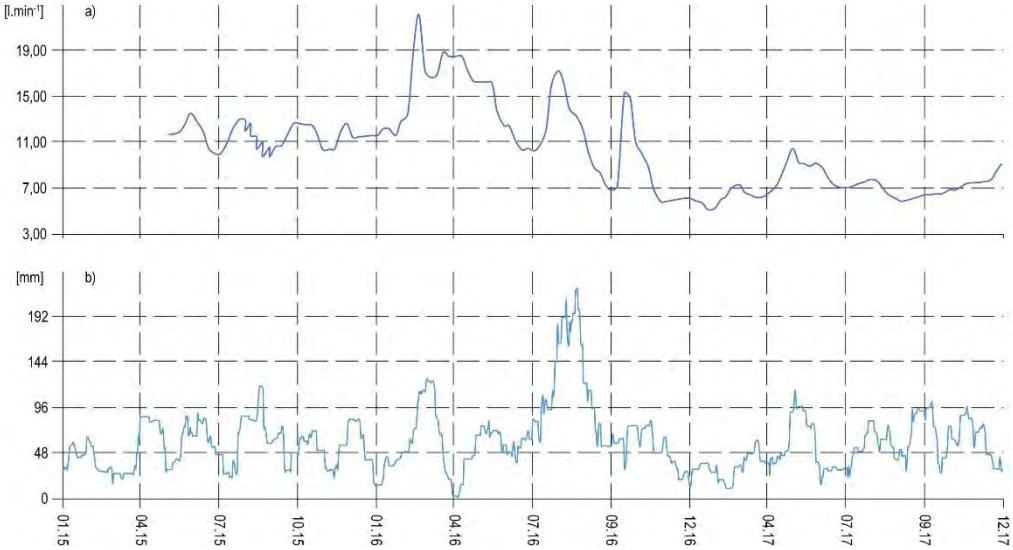
Obr. 4.5.7b. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2015 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka (zosuvné územie v juhovýchodnej časti ulice Podhorská). Analyzované obdobie (AO): máj 2015 – december 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

V roku 2017 bola prekročená dlhodobá maximálna výdatnosť vo vrte HV-1 (obr. 4.5.7a). Obdobne, prekročené boli i doteraz namerané minimálne výdatnosti, a to v 2 prípadoch (vrty: HV-4 a HV-5; obr. 4.5.7b). Štatistické zhodnotenie výdatnosti v jednotlivých vrtoch je znázornené na obr. 4.5.7a a 4.5.7b. Kumulatívne množstvo vody odvádzanej z odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.5.8.

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 roku 2016.

Na základe štatistického zhodnotenia efektívnosti odvodňovacích zariadení formou početnosti výskytu určitých intervalov prietokov 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 $l.min^{-1}$. Nižšiu účinnosť majú vrty HV1 a HV7.



Obr. 4.5.8. Priebeh dlhodobých (2015 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka. a – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov na lokalite; b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Prievidza (indikatív 30120).

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 a 4.3.16). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Veľká Čausa.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Veľká Lehôtka sa v roku 2017 pokračovalo v rovnakom sortimente monitorovacích aktivít ako v predchádzajúcom roku. Z výsledkov inklinometrických meraní vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná v oblasti vrtu IGP-4iN. Ide o jednu z najvyšších etapových deformácií zaznamenaných v sledovanom horizonte za celé obdobie monitorovania. Vrt sa nachádza nad futbalovým ihriskom v južnej časti obce. Deformácie namerané v ostatných vrtoch poukazujú na nárast pohybovej aktivity. Napríklad vo vrtoch IGP-3i, IGP-1i, IGP-7i, ale tiež IGR-1i a IGR-4i boli namerané maximálne hodnoty etapových prírastkov za celé obdobie monitorovania.

Zmeny hĺbky hladiny podzemných vôd naznačujú, v porovnaní s rokom 2016, že v roku 2017 došlo k jej poklesu. Hladiny sa počas roka nachádzali buď pod hodnotou dlhodobého priemeru alebo oscilovali v jej tesnej blízkosti. Klimatické faktory sa na zmenách hladinách podzemnej vody prejavovali v podstatne menšej miere ako tomu bolo v predchádzajúcom roku. Súvisí to s tým, že v roku 2016 bolo možné pozorovať v prvých mesiacoch prebytok zrážok, a naopak, v roku 2017 to bol deficit. Ani v jednom vrte neboli prekonané minimálne alebo maximálne hladiny podzemnej vody, odvodené z predchádzajúcich meraní.

Zrážkový deficit sa prejavil i na množstve odvádzanej vody zo zosuvného územia, prostredníctvom subhorizontálnych vrtov. Treba však dodať, že vybudované odvodňovacie vrty 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.

V roku 2018 plánujeme pokračovať v realizácii inklinometrických a režimových pozorovaní na piezometrických vrtoch, ale i odvodňovacích vrtoch. Plánovaná frekvencia meraní bude rovnaká ako v roku 2017.

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 2016 a 2017

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 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	2	AH-3 (Jánošíkova cesta), AH-2 (oblasť nad železničným oblúkom)	3 *(24. máj, 14. september, 16. december)*	3 *(31. marec, 2. október, 14. december, 15. 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*	

* – *nulté meranie*

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

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko začali vykonávať v roku 2015 na 2 vrtoch, ktoré sú v rámci monitorovaného územia situované do dvoch samostatných častí (oblasť nad železničným oblúkom a Jánošíkova cesta). 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.

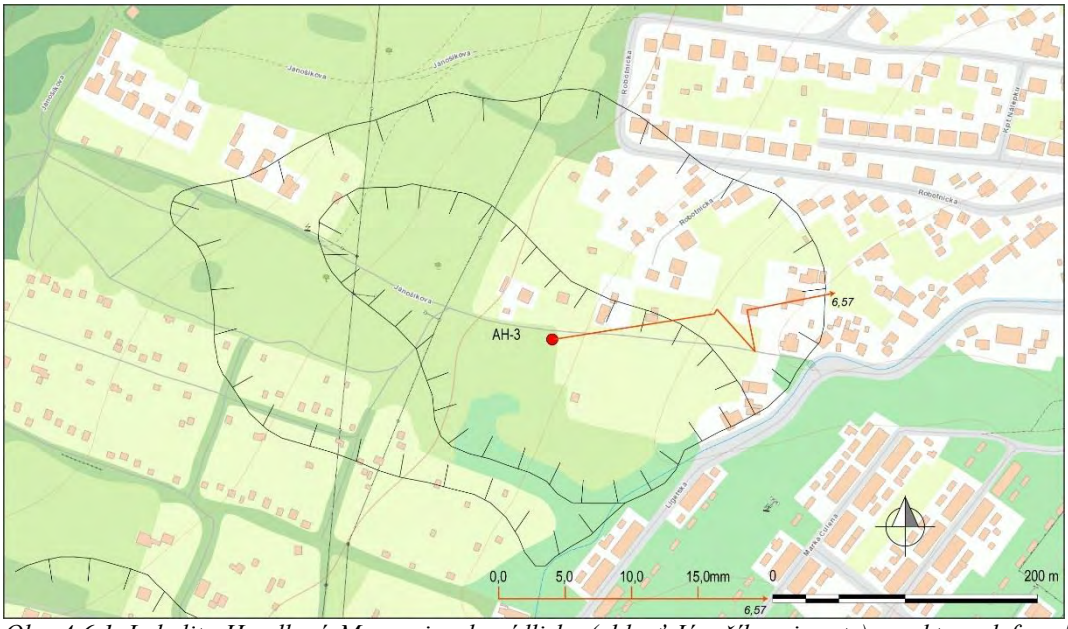
Tab. 4.6.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2016 a 2017

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	06. 11. 15 – 24. 5. 16			24. 5. 16 – 14. 9. 16			14. 9. 16 – 16. 12. 16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-2	3,78	3,33	2,79	125	3,06	1,22	221	4,49	1,48	112
AH-2	8,78	2,47	1,90	143	2,30	0,57	185	2,91	0,67	113
AH-2	19,28	0,50	1,42	179	0,78	0,32	68	0,67	0,32	212
AH-3	6,57	15,74	12,31	81	15,98	0,40	30	18,78	4,30	138
AH-3	15,57	0,61	0,14	345	0,67	0,20	120	1,66	1,00	173

Pokračovanie Tab. 4.6.2.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	16. 12. 16 – 31. 3. 17			31. 3. 17 – 2. 10. 17			2. 10. 17 – 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 – celková deformácia od nultého merania (04.03.15); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 16. 12. 16 – 2. 10. 17; [2] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 2. 10. 17 – 15. 12. 17.

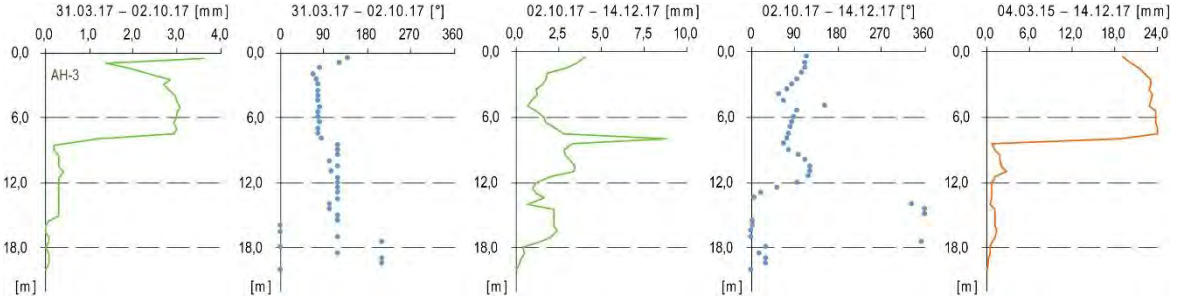


Obr. 4.6.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkovej cesty) – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.6.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

V zosuvnom území v oblasti Jánošíkovej ulice je vybudovaný vrt AH-3. V roku 2016 sme na základe výsledkov z predchádzajúceho obdobia zvýšili frekvenciu meraní na 3 etapy za rok. Počas májového merania, ktoré charakterizuje pohybovú aktivitu v predchádzajúcom

polročnom období bola na šmykovej ploche v hĺbke 6,57 m pod terénom nameraná deformácia 12,31 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu až 22,46 mm.rok^{-1}. Deformácia bola orientovaná na východ. Následne počas septembrovej etapy sa situácia radikálne zmenila. Pohybová aktivita v oblasti vrtu ustala a nameraný vektor dosiahol len 0,40 mm (1,29 mm.rok^{-1}). Opätovný nárast deformácie bol zaznamenaný v polovici decembra. V sledovanej hĺbke bola nameraná deformácia 4,30 mm (16,88 mm.rok^{-1}). Výsledná deformácia (od 4. marca 2015 do 16. decembra 2016) tak dosiahla 18,78 mm. Z dlhodobého hľadiska priemerná rýchlosť predstavuje až 10,50 mm.rok^{-1}. V okolí vrtu je pohybová aktivita dokumentovateľná na viacerých opustených stavebných objektoch prostredníctvom početných prasklín a trhlín.

Počas roku 2017 bola zachovaná rovnaká frekvencia meraní ako v predchádzajúcom roku 2016. Namerané prírastky deformácie za jednotlivé etapové obdobia mali približne rovnaký charakter. Mierne vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas prvého merania, teda v období od polovice decembra 2016 do konca marca. Na predpokladanej šmykovej ploche v hĺbke 6,57 m pod terénom bola nameraná deformácia 3,19 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 11,04 mm.rok^{-1}. Dodatočne, počas októbrového merania, došlo v sledovanom horizonte k miernemu upokojeniu pohybovej aktivity. Za približne šesťmesačné obdobie bol nameraný prírastok deformácie s veľkosťou 2,91 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 5,74 mm.rok^{-1}. Počas poslednej kontrolnej etapy v polovici decembra prírastok deformácie klesol na 2,77 mm, čo však vzhľadom na dĺžku etapy len dva a polmesiaca predstavuje rýchlosť 13,78 mm.rok^{-1}. Azimuty posledných dvoch nameraných vektorov boli zhodne orientované na východ, resp. severovýchod; zároveň bol potvrdený generálny smer pohybu na severovýchod. Jarný vektor bol orientovaný na severo-severovýchod (obr. 4.6.1).

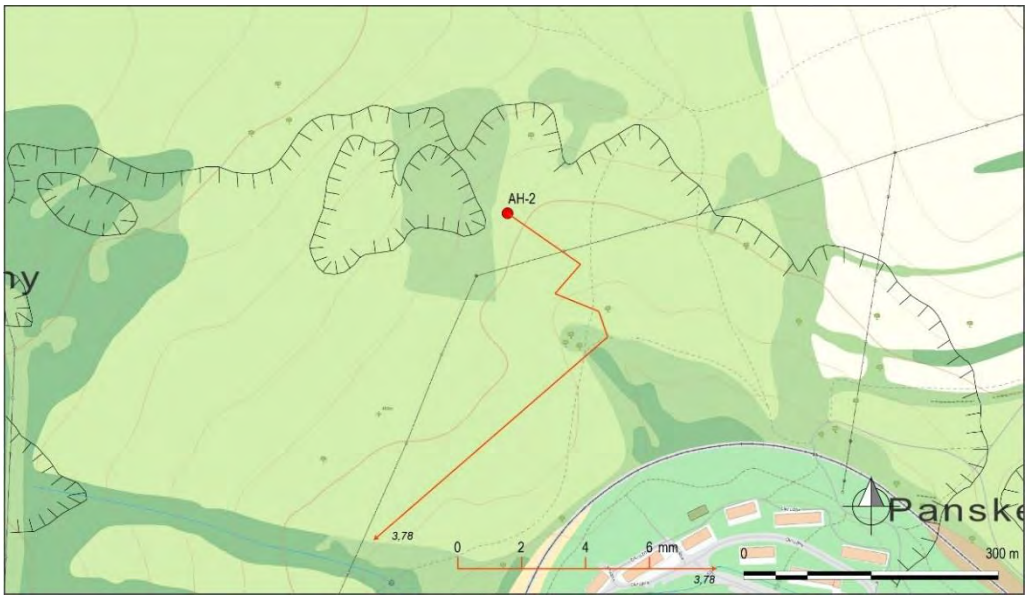


Obr. 4.6.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach vo vrte AH-3 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkova cesta); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

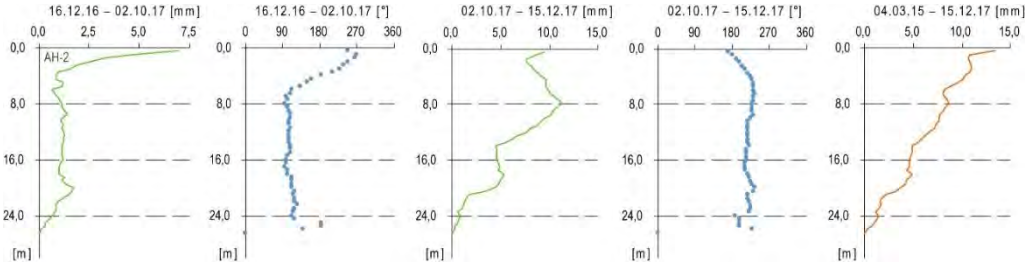
V oblasti nad železničným oblúkom (obr. 4.6.3) je vo vrte AH-2 od roku 2014 umiestnená stacionárna inklinometrická sonda. Všetky monitorovacie merania sú zamerané na spresnenie priebehu hĺbky šmykovej plochy, a tým pádom i optimalizáciu hĺbky umiestnenia monitorovacieho zariadenia vo vrte. Na základe vývoja deformácie v jednotlivých horizontoch sú sledované hĺbky 3,78, 8,78 a 19,28 m pod terénom. V roku 2016 boli zvýšené deformácie zaznamenané počas májovej etapy. V hĺbke 8,78 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,90 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 3,47 mm.rok^{-1}. Azimut deformácie mal hodnotu 143°. V nasledujúcom období deformácie v sledovanom horizonte výraznejšie poklesli. V horizonte 3,78 m pod terénom boli počas jednotlivých etáp namerané deformácie 3,06, 2,79, 1,48 mm s azimutmi, ktorých orientácie boli od juhovýchodu až po juhozápad.

V roku 2017 boli zabezpečené dve etapy meraní. Počas prvej etapy, ktorá trvala od 16. decembra 2016 do 2. októbra 2017, teda necelých desať mesiacov, dosahovali prírastky deformácie v jednotných sledovaných hĺbkových 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

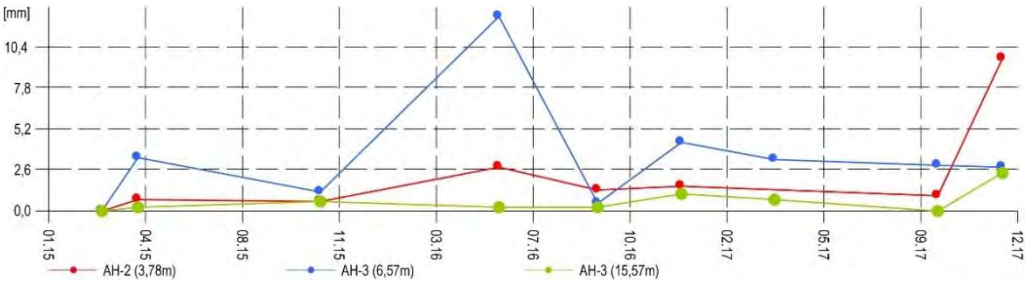
vzostupu deformácie došlo počas krátkeho obdobia medzi poslednými dvoma etapami. Počas 74 dní dosiahla deformácia v hĺbke 8,78 m pod terénom 10,10 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť až 49,76 mm.rok^{-1}. O niečo nižšia hodnota etapovej deformácie bola nameraná v horizonte 3,78 m pod terénom (9,6 mm; 47,31 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.6.3. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť nad železničným oblúkom) – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (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. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach vo vrte AH-2 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť nad železničným oblúkom); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



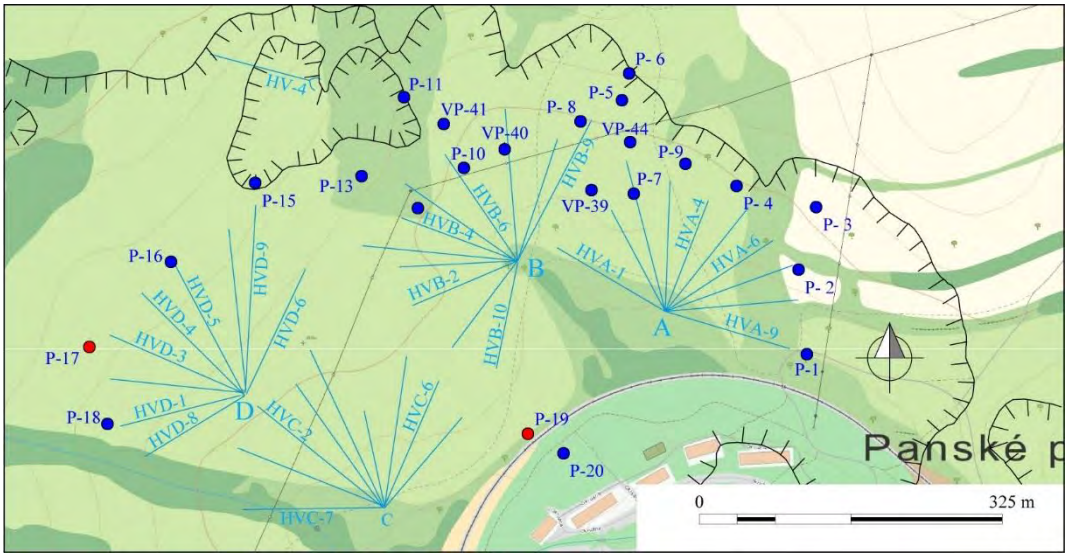
Obr. 4.6.5. Priebehy dlhodobých (2015 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

Z pohľadu hodnotenia celého obdobia monitorovania je zrejmé, že k najvyššej 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 aktuálne hodnotenom roku sa prejavila deformácia v oblasti nad železničným oblúkom vo vrte AH-2.

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

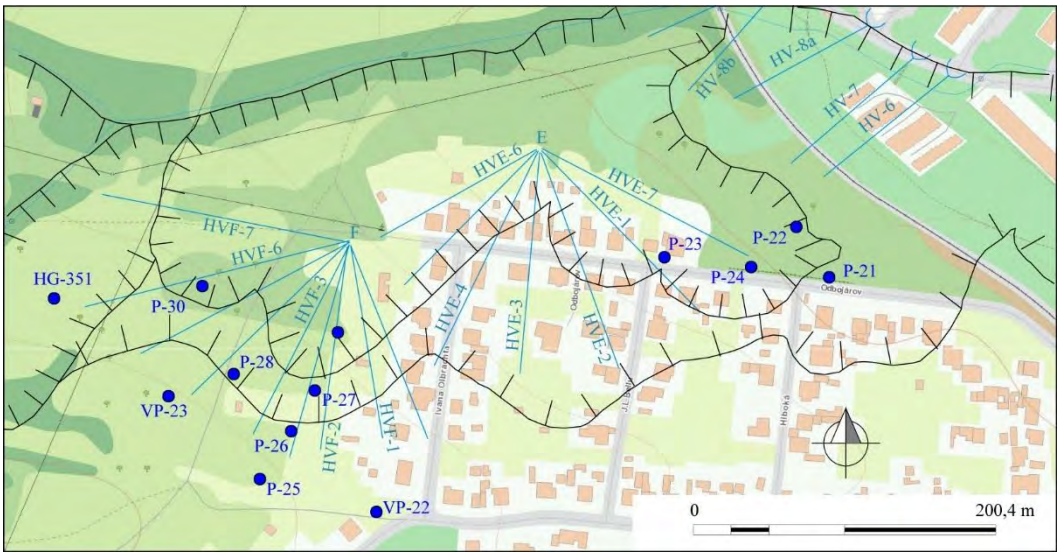
a1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

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).

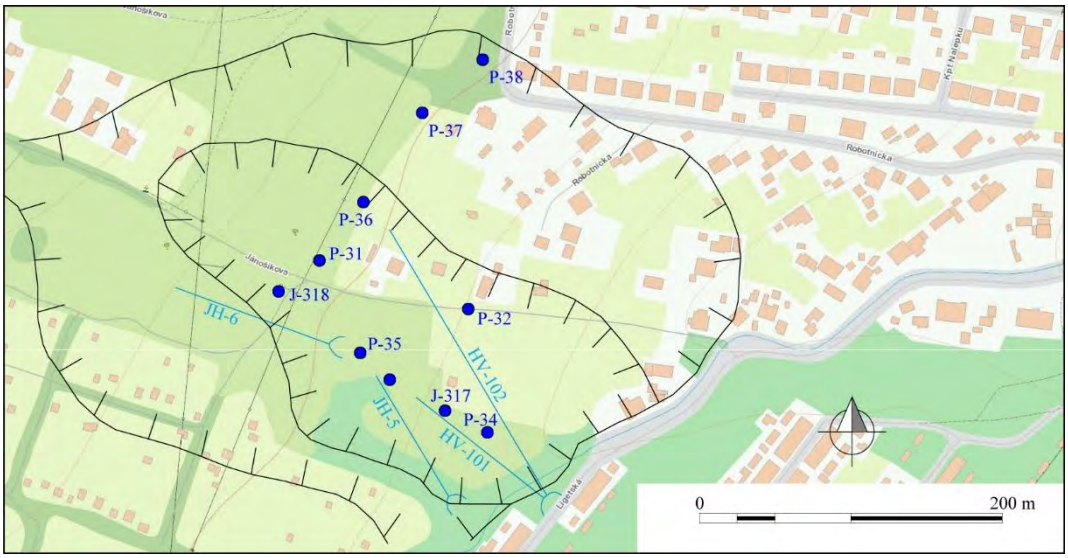


Obr. 4.6.6. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty: modré – merané pozorovateľom, červené – s automatickými hladinomermi;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

V roku 2016 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní (12. január – 28. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte P-11 (1,27 m nad terénom – 460,73 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný hneď počas prvého merania (12. január) a trval do polovice mája. V nasledujúcom období sa hladina nachádzala v blízkosti terénu, resp. nad terénom, s ojedinelými výraznejšími vzostupmi. K opätovnému prelivu došlo na konci októbra a tento stav pretrval do konca monitorovacieho obdobia. Preliv cez pažnicu vrtu bol pozorovaný však aj vo vrtoch P-16 (1,17 m nad terénom; od 27. februára do 29. marca) a P-18 (1,08 m nad terénom; počas 7 etáp meraní v rôznych obdobiach roka; situovanie spomenutých vrtov je zrejmé z obr. 4.6.6). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody v rámci celej lokality sa teda pohybovali v intervale -1,27 až 12,54 m pod terénom (P-25). Vyskytovali sa prevažne 27. februára, menej počas marca, ojedinele však i v januári a novembri.



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®.



Obr. 4.6.8. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Jánošíkovej 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®.

Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte P-30 (min. hladina podzemnej vody 15,81 m pod terénom bola nameraná dňa 12. januára). Minimálne hladiny podzemnej vody sa najčastejšie vyskytovali 12. januára. V mnohých vrtoch boli však minimálne stavy dosahované od júna do konca decembra (21 vrtov). V roku 2016 bolo až v 14 prípadoch pozorované, že podzemné vody klesli pod úroveň dna vrtu – vrty boli suché.

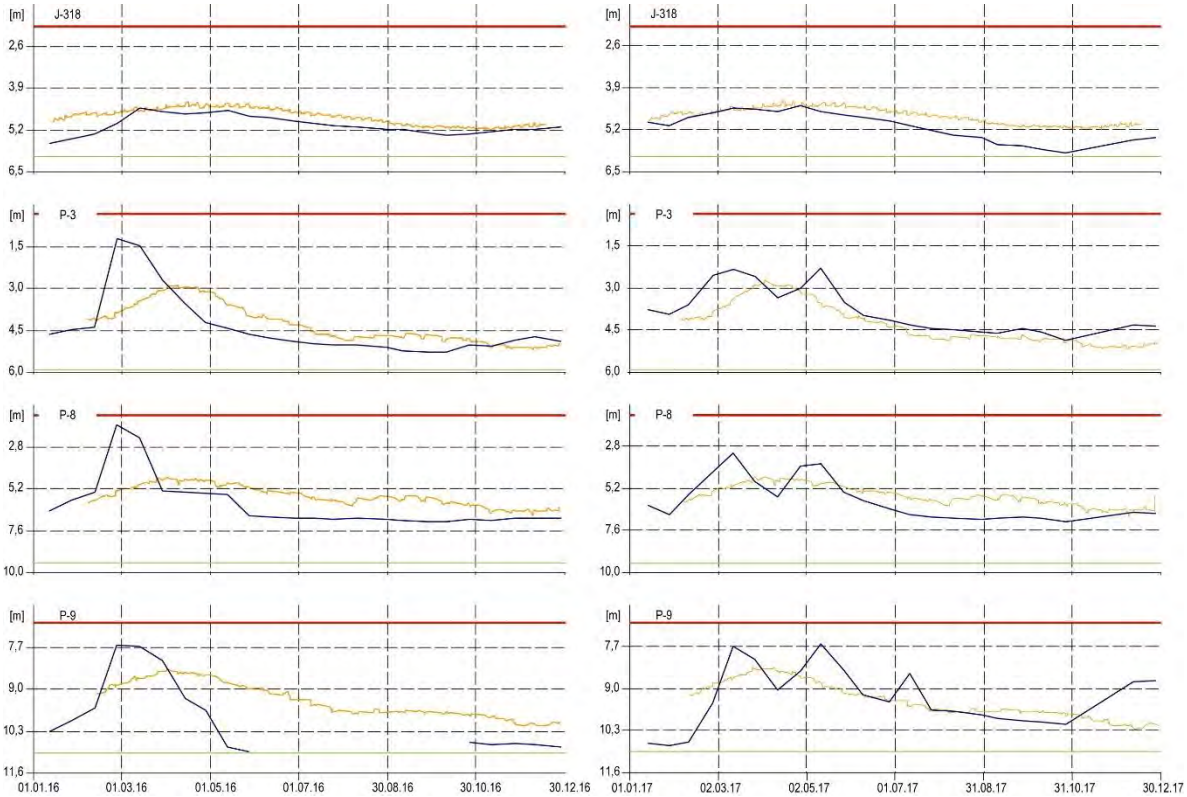
Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2016 dosiahla hĺbku 6,66 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,83 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od -0,78 (vrt P-11 – zaznamenaný preliv) do 13,48 m pod terénom (vrt P-30). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VP-44 (11,43 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.

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach 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 kĺzavého 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).

Tab. 4.6.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2016

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	3,85	479,14	14.03.16	suchý					
J-317	24	3,96	486,40	14.03.16	suchý					
J-318	24	4,54	498,07	14.03.16	5,62	496,99	12.01.16	5,05	497,56	1,08
P-1	24	0,53	431,62	27.02.16	4,99	427,16	12.01.16	3,95	428,20	4,46
P-2	24	0,33	441,71	27.02.16	4,55	437,49	12.01.16	3,62	438,42	4,22
P-3	24	1,24	450,54	27.02.16	5,29	446,49	10.10.16	4,41	447,37	4,05
P-4	24	0,70	449,34	27.02.16	9,88	440,16	10.08.16	8,00	442,04	9,18
P-5	24	3,57	452,79	27.02.16	5,82	450,54	12.01.16	4,50	451,86	2,25
P-6	24	0,69	460,06	27.02.16	6,21	454,54	12.01.16	4,95	455,80	5,52
P-7	24	6,99	436,59	27.02.16	10,95	432,63	28.12.16	9,84	433,74	3,96
P-8	24	1,55	448,85	27.02.16	7,09	443,31	27.09.16	6,14	444,26	5,54
P-9	24	7,65	440,56	27.02.16	suchý					
P-10	24	7,54	439,80	27.02.16	suchý					
P-11	24	preliv			0,12	459,34	10.10.16	-0,78	460,24	1,39
P-12	24	12,34	437,43	27.02.16	12,41	437,36	10.10.16	12,38	437,39	0,07
P-13	24	0,25	463,30	27.02.16	suchý					
P-15	24	7,79	464,96	27.02.16	suchý					
P-16	24	preliv			4,51	471,26	10.10.16	2,68	473,09	5,68
P-18	24	preliv			suchý					
P-20	24	3,88	426,33	29.03.16	5,58	424,63	28.12.16	4,95	425,27	1,70
P-21	24	2,18	446,50	27.02.16	3,70	444,98	12.01.16	2,87	445,82	1,52
P-22	24	6,78	440,25	27.02.16	8,07	438,96	12.01.16	7,46	439,57	1,29
P-23	24	1,35	454,80	27.02.16	4,34	451,81	10.10.16	3,13	453,02	2,99
P-24	24	1,89	450,12	27.02.16	4,69	447,32	12.01.16	3,43	448,58	2,80
P-25	24	12,54	475,06	27.02.16	12,60	475,00	12.01.16	12,57	475,03	0,06
P-26	24	8,47	476,24	27.02.16	suchý					
P-27	24	8,35	472,80	27.02.16	suchý					
P-28	24	5,54	480,74	27.02.16	suchý					
P-29	24	12,44	461,98	27.02.16	12,48	461,94	10.09.16	12,46	461,96	0,04
P-30	24	9,43	470,77	27.02.16	suchý					
P-31	24	2,52	499,78	27.02.16	5,53	496,77	10.10.16	4,46	497,84	3,01
P-32	24	0,87	490,01	27.02.16	1,95	488,93	27.06.16	1,35	489,53	1,08
P-33	24	2,36	492,72	26.11.16	suchý					
P-34	24	0,31	484,51	27.02.16	2,42	482,40	10.10.16	1,57	483,25	2,11
P-35	24	0,60	496,84	14.03.16	4,43	493,01	27.02.16	1,67	495,77	3,83
P-36	24	0,41	503,18	27.02.16	suchý					
P-37	24	0,61	501,53	27.02.16	6,77	495,37	12.01.16	4,94	497,20	6,16
P-38	24	0,23	501,85	27.02.16	3,48	498,60	10.10.16	2,39	499,69	3,25
VP-23	24	12,08	477,70	27.02.16	12,13	477,65	10.09.16	12,10	477,68	0,05
VP-41	24	4,83	446,80	27.02.16	8,36	443,27	10.10.16	6,96	444,67	3,53
VP-44	24	3,02	445,84	14.03.16	suchý					

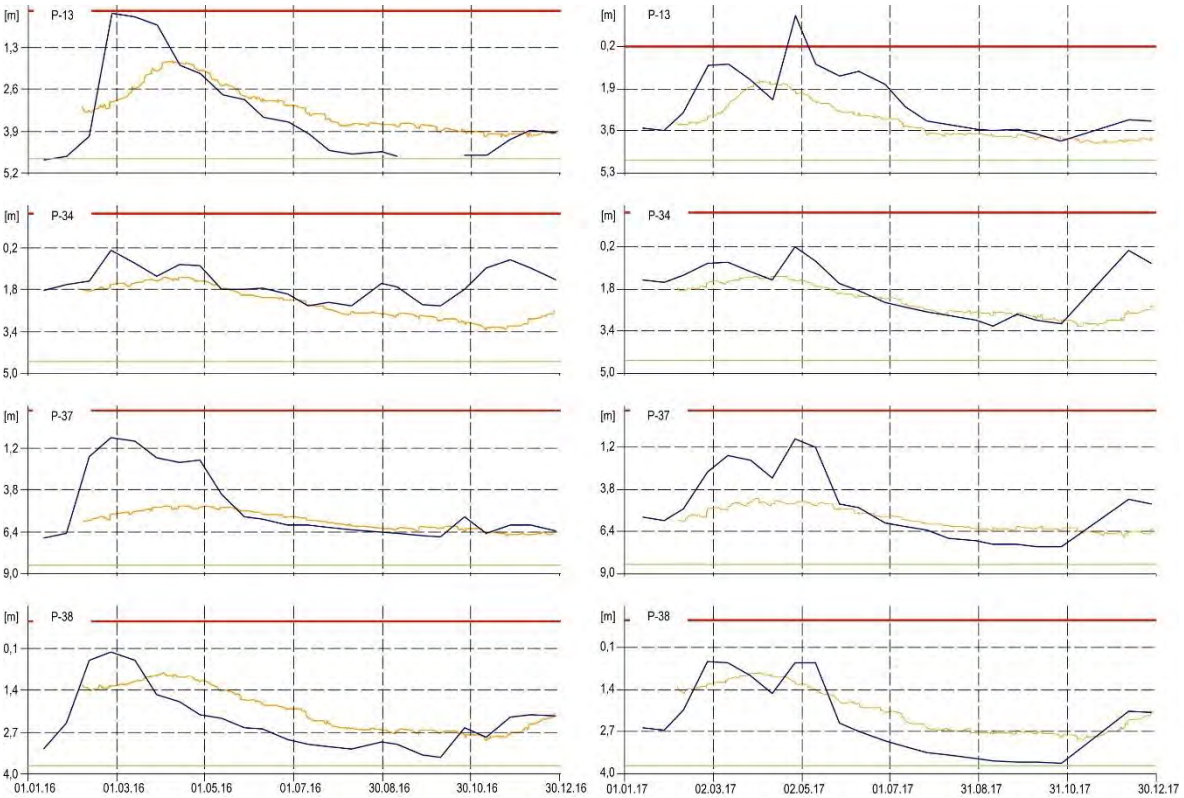
Najhlbšie pod terénom sa hladiny podzemnej vody vyskytovali najmä od prvej polovice augusta do konca októbra. Len výnimočne, v šiestich prípadoch, to bolo počas januára. V jedenástich vrtoch bol minimálne počas piatich meraní pozorovaný stav, kedy hladiny podzemnej vody klesli do väčšej hĺbky ako je 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).



Obr. 4.6.9a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

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, ešte 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.

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch za roky 2016 a 2017, 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 spolu s kumulatívnymi zrážkami za dlhšie obdobie monitorovania sú znázornené na obr. 4.6.10.

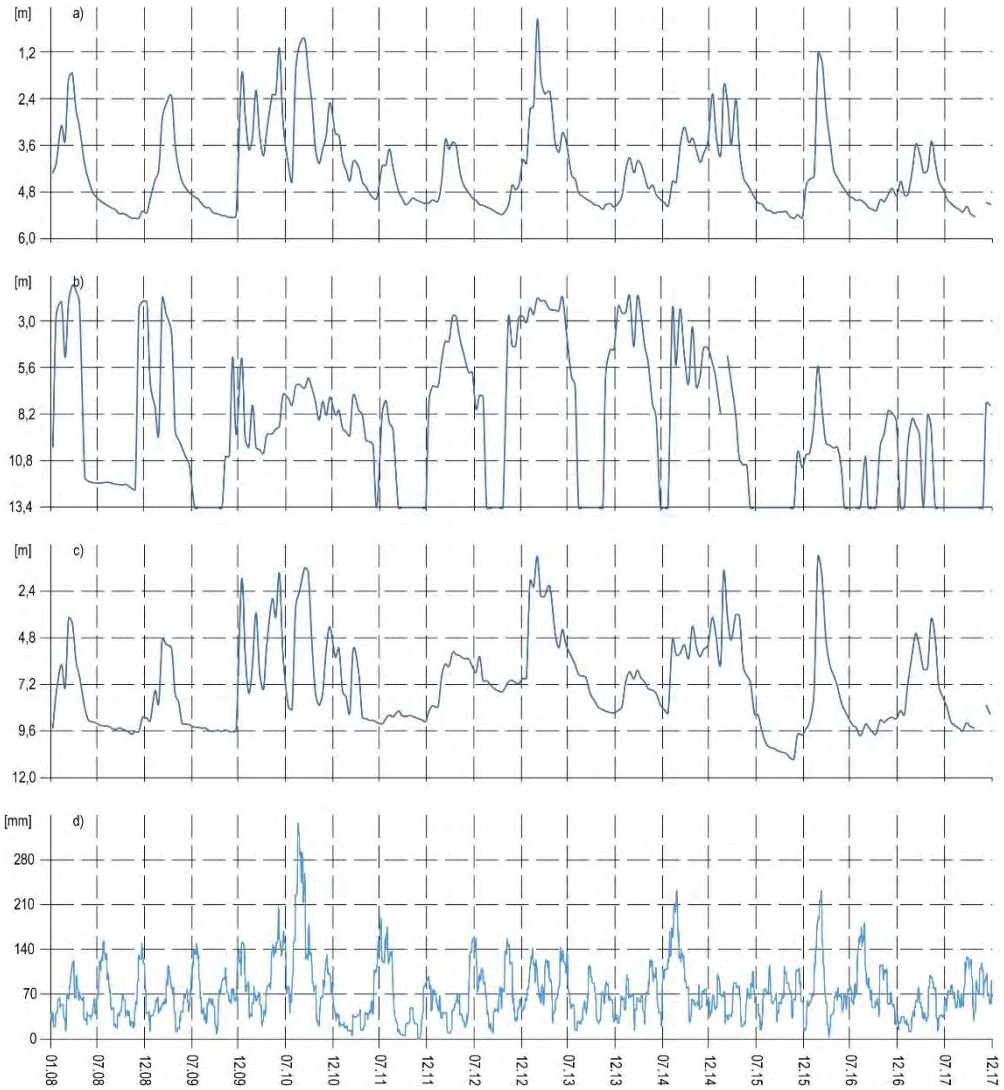


Obr. 4.6.9b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

Tab. 4.6.4. 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					

Z vývoja sledovaných ukazovateľov na obr. 4.6.10 vyplýva určitá periodicita ročného cyklu zmien hladiny podzemnej vody (najmä vo vrtoch P-3 a P-4). 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 vyznačuje taktiež určitou periodicitou, ktorej termín však výraznejšie varíruje počas jesenného obdobia. Výnimkou je rok 2010, počas ktorého sa meraniami preukázali viaceré obdobia stúpnutia hladiny podzemnej vody. V niekoľkých 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 174 prípadoch), P-18 (65 prípadov), P16 (15 prípadov), P-28 (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.



Obr. 4.6.10. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – P-3, b – P-28, c – P-4; d – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Handlová – indikatív 30080).

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 2016 a 2017 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 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 bola v roku 2016 maximálna hladina podzemnej vody na úrovni terénu, resp. nad ním (viac ako 473,62 m n. m.; prvýkrát bola zaznamenaná 12. januára). V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa hladiny podzemnej vody nachádzali nad úrovňou terénu o desať dní dlhšie. Po zimných maximálnych stavoch hladiny začala klesať. Minimálnu úroveň s hĺbkou 6,23 m (467,39 m n. m.) dosiahla 9. januára (oproti maximálnemu stavu z predchádzajúceho roku ide o vzostup o 0,67 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 2,98 m pod terénom (470,64 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom vzostup o 0,57 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na

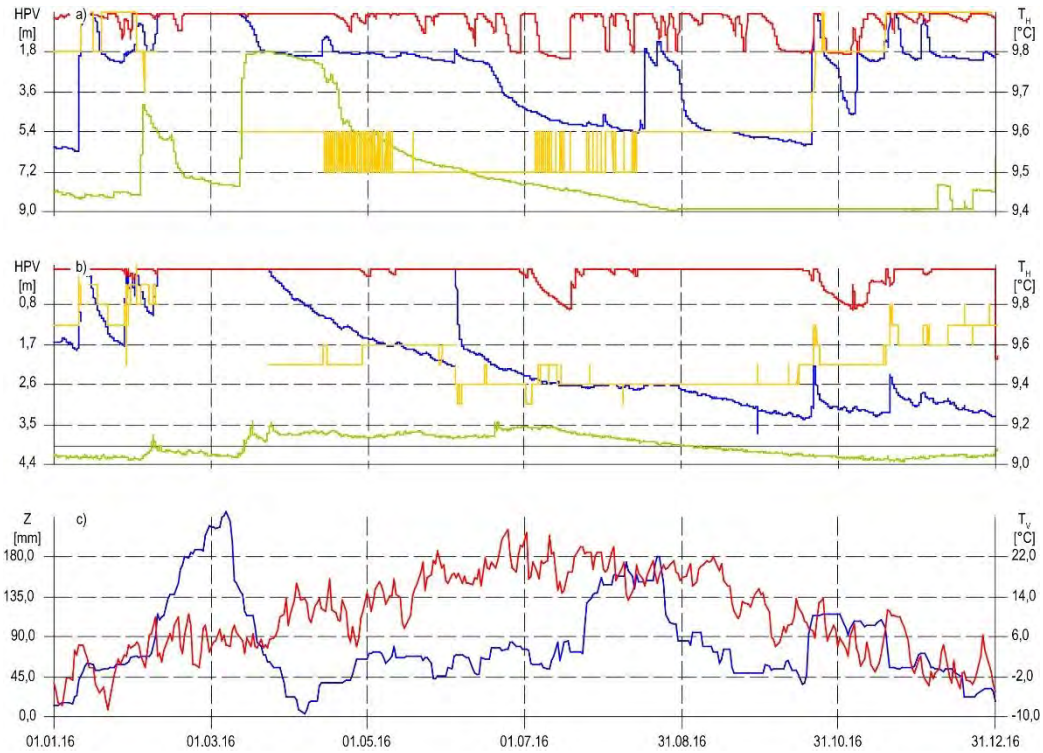
úrovni 6,23 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,17 m za deň, čím bola opätovne potvrdená mierne zvýšená dynamika zmien hladiny podzemnej vody. Zaznamenaná maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 3,35 m (čo je až 53,77 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 1,82 m pod terénom, 2. kvartil 2,1 m pod terénom a 3. kvartil 4,96 m pod terénom.

Tab. 4.6.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2016

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-17	7978/8784	0,00	473,62	12.01.16	6,23	467,39	09.01.16	2,98	470,64	6,23
P-19	7664/8784	0,00	435,43	13.01.16	3,70	431,73	29.09.16	2,28	433,15	3,70

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

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,0 °C počas 22. novembra, naopak, najnižšia teplota (9,5 °C) bola zaznamenaná 14. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,7 °C.

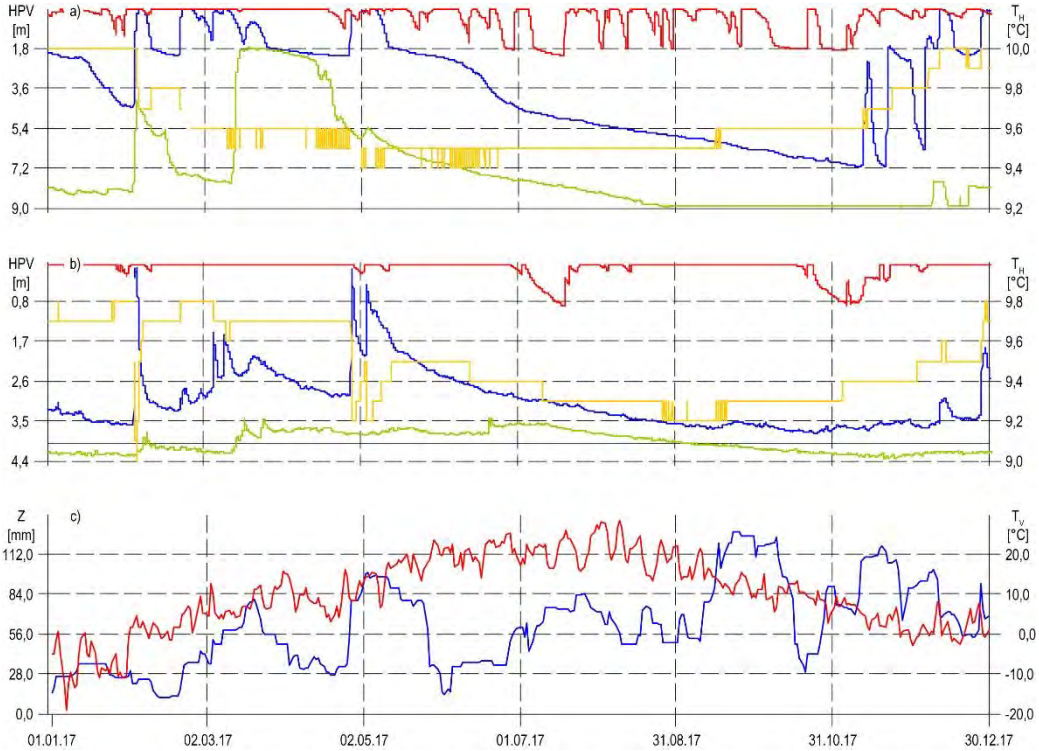


Obr. 4.6.11a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – P-17, b – P-19 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); c – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Handlová (indikatív 30080).

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 1,93 m pod terénom, 2. kvartil 3,6 m pod terénom a 3. kvartil 5,61 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.



Obr. 4.6.11b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – P-17, b – P-19 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); c – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Handlová (indikatív 30080).

Vo vrte P-19 bola v roku 2016 najvyššia hladina podzemnej vody nameraná nad úrovňou terénu (viac ako 435,43 m n. m.; 13. január). V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol rozdiel v dĺžke trvania tohto mimoriadne nepriaznivého stavu zanedbateľný (1120 hod.). 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 3,70 m (431,73 m n. m.), bola dosiahnutá 29. septembra. Priemerná

hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 2,28 m pod terénom (433,15 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,51 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,70 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol teda zachovaný charakter jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,08 m za deň, čím bol opätovne potvrdený pomerne ustálený režim hladiny podzemnej vody. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 2,20 m (čo je až 59,46 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 1,67 m pod terénom, 2. kvartil 2,6 m pod terénom a 3. kvartil 3 m pod terénom.

Tab. 4.6.6. 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.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,0 °C počas 10. januára, naopak, najnižšia teplota (9,3 °C) bola zaznamenaná 5. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,5 °C.

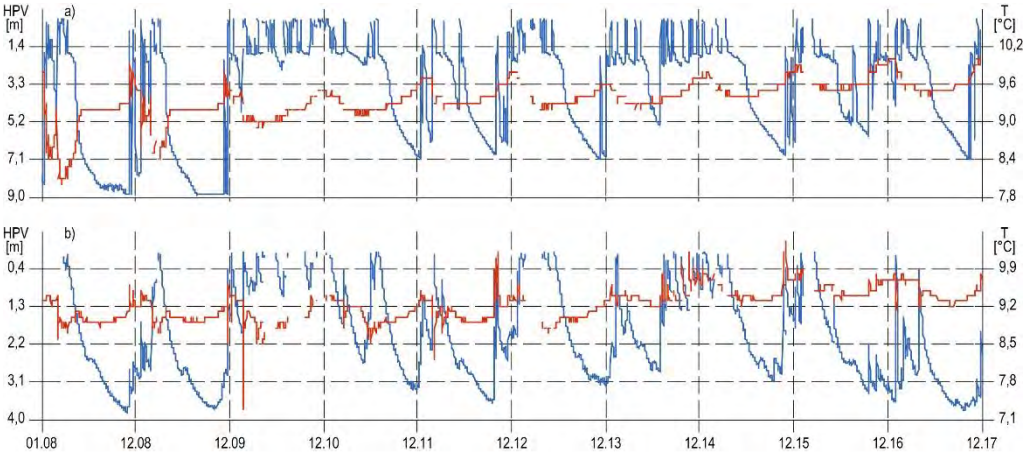
V roku 2017, podobne ako po minulé roky, bola najvyššia hladina podzemnej vody nameraná nad úrovňou terénu (viac ako 435,43 m n. m.). Na rozdiel od minulosti, v roku 2017 boli takéto merania zaznamenané len dve (3. februára). Znamená to, že v porovnaní s predchádzajúcim roku došlo k výraznému poklesu 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 7,08 m pod terénom (466,54 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 3,57 m pod terénom (470,05 m n. m.), čo je tiež pokles (o 0,59 m) oproti roku 2016. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 7,08 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 2,74 m pod terénom, 2. kvartil 3,24 m pod terénom a 3. kvartil 3,56 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.

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 25. novembra roku 2004 s hodnotou 4,30 m pod terénom. Za negatívny aspekt z hľadiska hodnotenia trendu zmien hladiny podzemnej vody v oboch vrtoch možno považovať častý výskyt hladiny podzemnej vody nad úrovňou terénu. Táto skutočnosť do istej miery môže súvisieť so znižovaním účinnosti odvodňovacích zariadení (ich posledná rekonštrukcia bola zabezpečená v roku 2014 – Ondrejka et al., 2015).



Obr. 4.6.12. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a –P-17, b – P-19 (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty 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).

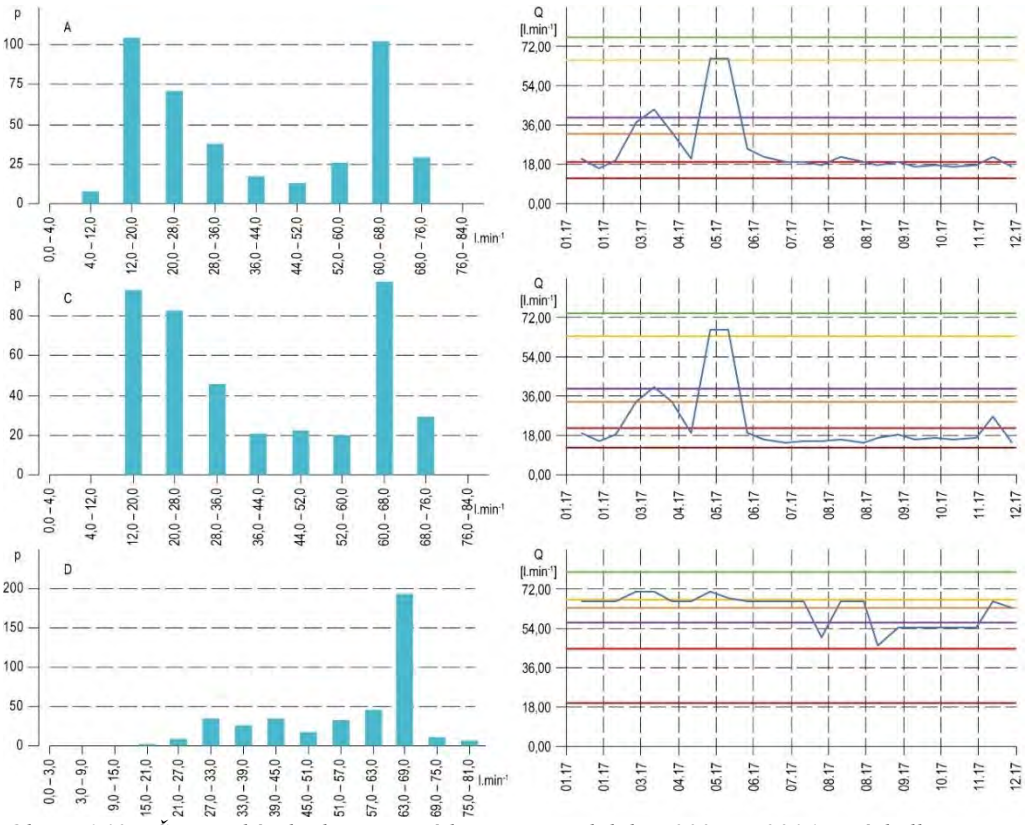
Tab. 4.6.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2016

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}]
A	24	66,67	27.02.16	14,63	11.07.16	26,80	52,04
C	24	63,16	27.02.16	13,04	10.10.16	25,29	50,12
D	24	70,59	27.02.16	61,22	10.10.16	66,59	9,37
E	24	70,59	27.02.16	52,17	11.07.16	64,09	18,42
F	24	66,67	27.02.16	11,11	10.10.16	26,09	55,56
HV-101	24	0,00	12.01.16	0,00	12.01.16	0,00	0,00
HV-102	24	2,36	27.02.16	0,00	12.01.16	0,25	2,36
HV-6	24	7,32	25.07.16	0,00	12.01.16	0,73	7,32
HV-7	24	13,95	14.03.16	6,59	27.06.16	8,71	7,36
HV-8a	24	0,00	12.01.16	0,00	12.01.16	0,00	0,00
HV-8b	24	0,00	12.01.16	0,00	12.01.16	0,00	0,00
JH-5	24	0,00	12.01.16	0,00	12.01.16	0,00	0,00
JH-6	24	1,47	26.10.16	0,41	28.05.16	0,83	1,06

V roku 2016 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 12. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. februára na odvodňovacích vrtoch, ústiacich v šachte D (70,59 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 a JH-5. Vrty ako HV-8a, HV-8b síce suché neboli, ale prietok vytekajúcej vody bol celý rok len na úrovni kvapkania. Na

výtokových potrubiach zo šácht označených A, C, D, E, F prevláda termín minimálnych prietokov 10. október, prípadne 11. júl a naopak maximálne stavy boli zaznamenané počas 27. februára. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla 219,38 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 6,63 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte F (55,56 l.min^{-1}).

V roku 2017 bol zachovaný rovnaký interval meraní, a teda zabezpečených bolo 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

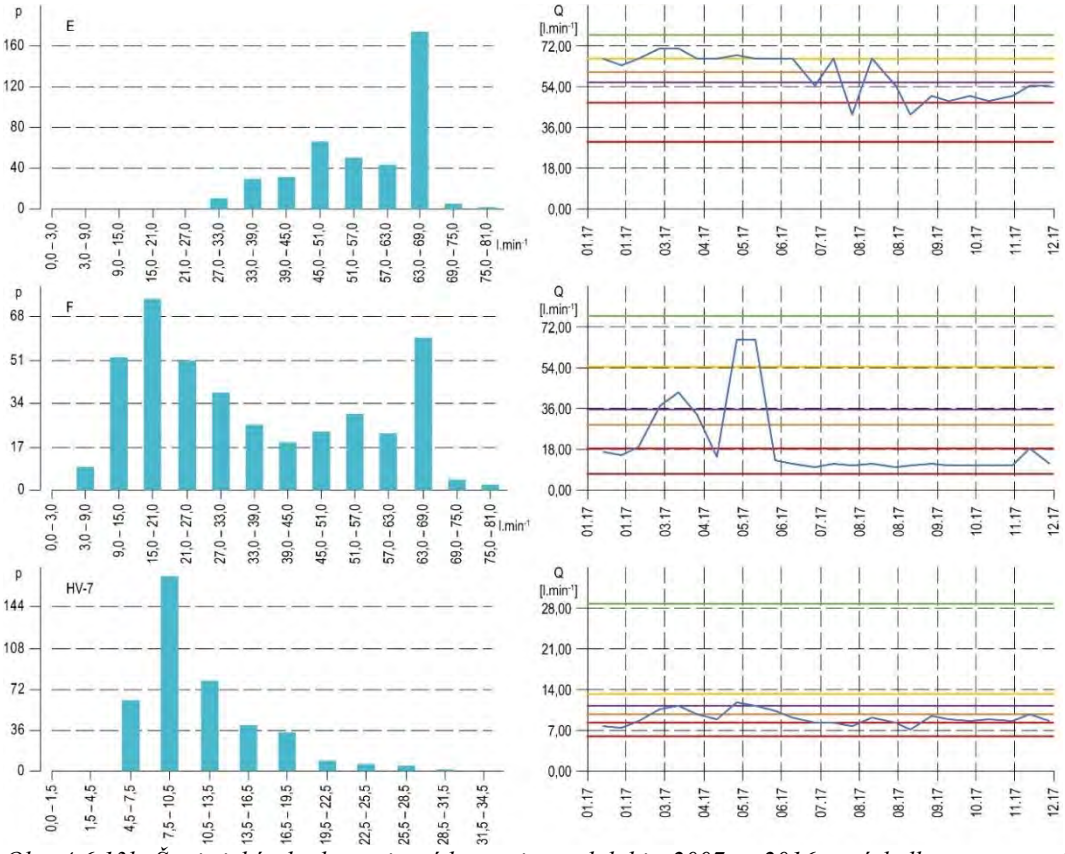


Obr. 4.6.13a. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2007 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť nad železničným oblúkom; A – 10 odvodňovacích vrtov: HVA-1 až 10, C – 9 vrtov: HVC-1 až 9, D – 9 vrtov: HVD-1 až 9). Analyzované obdobie (AO): 2. január 2007 – 28. december 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

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. 4.6.8. 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

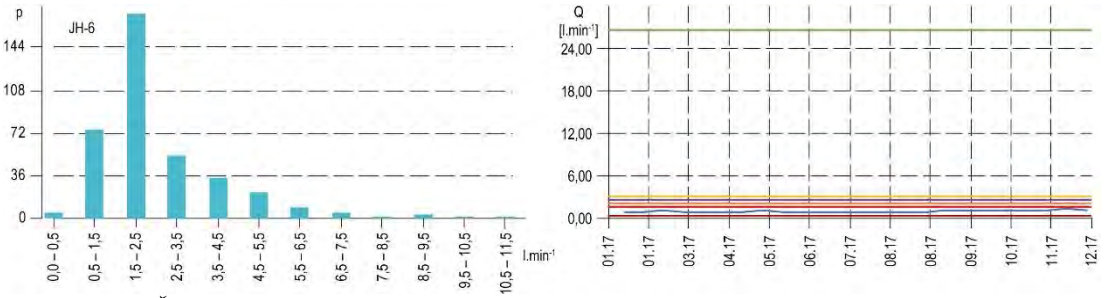


Obr. 4.6.13b. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2007 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (Malá Hôrka; E – 7 odvodňovacích vrtov:HVE-1 až 7, F – 9 vrtov: HVF-1 až 9). Analyzované obdobie (AO): 2. január 2007 – 28. december 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

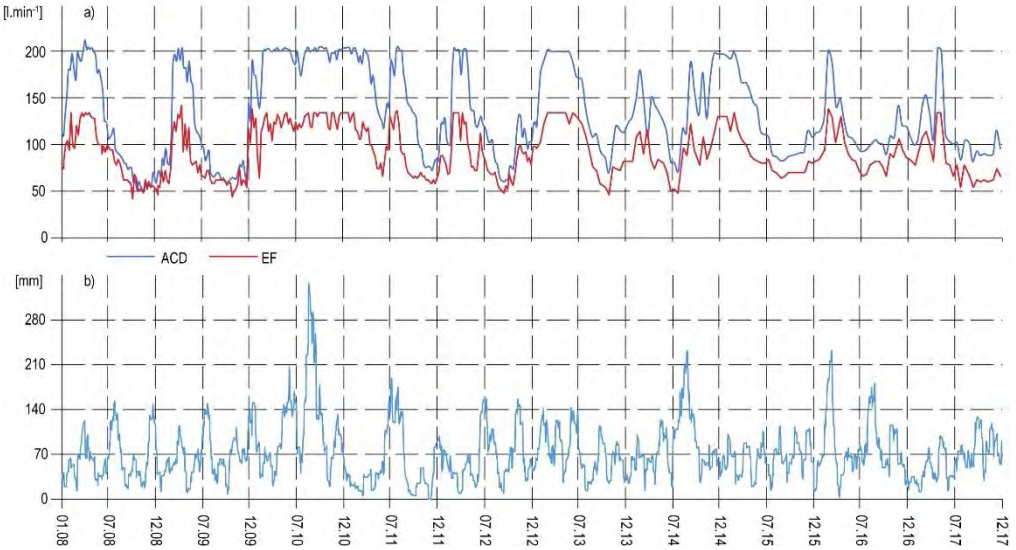
Štatistické zhodnotenie výdatnosti z vybratých odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.6.13a, 4.6.13b a 4.6.13c. Množstvo odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami je znázornené na obr. 4.6.14.

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 $l.min^{-1}$ (obr. 4.6.13a). Počas monitorovaného obdobia v rámci celej lokality možno však 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.



Obr. 4.6.13c. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2007 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (Malá Hôrka; E – 7 odvodňovacích vrtov: HVE-1 až 7, F – 9 vrtov: HVF-1 až 9). Analyzované obdobie (AO): 2. január 2007 – 28. december 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

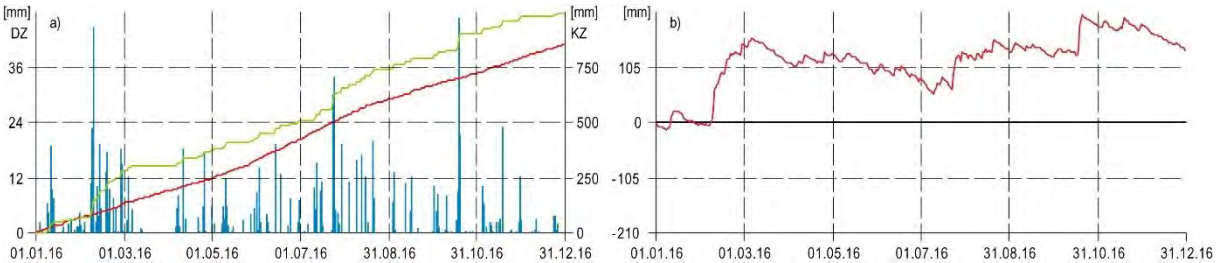


Obr. 4.6.14. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko; a – spoločné výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Handlová (indikatív 30080).

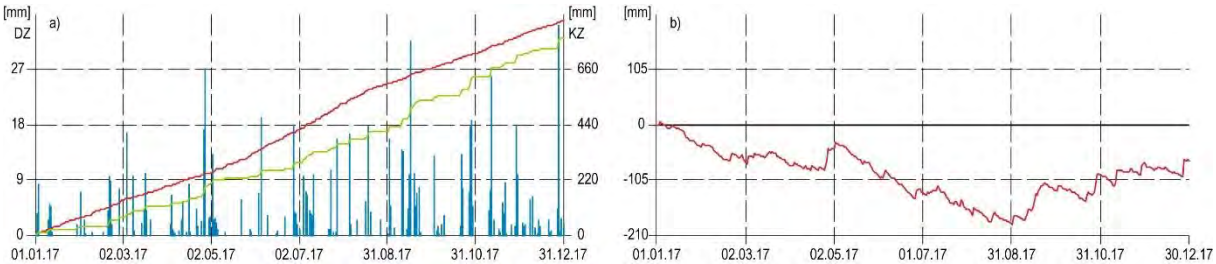
Pri analýze záznamov z posledného desaťročia (obr. 4.6.14) možno konštatovať, že najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti drénov ACD boli dosiahnuté v roku 2008 (sumárna výdatnosť počas 1. apríla dosiahla hodnotu 212,95 $l.min^{-1}$; nad 200 $l.min^{-1}$ vystupuje spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení ACD pomerne často, prakticky každý rok. 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.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Handlová s indikatívom 30080 (obr. 4.5.15 a 4.5.16). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2016 predstavuje 845,5 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1328,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 70,8 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. 4.6.15. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) 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 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.



Obr. 4.6.16. 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.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 961,7 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas februára (199,9 mm) a najvyšší denný úhrn 20. októbra (46,8 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 37,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 7. februára do 8. marca (231,0 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 783,8 mm, čo zodpovedá 92,71 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. 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.

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 2017 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 24 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 8,6 $mm.rok^{-1}$. Naopak, v oblasti nad železničným oblúkom došlo v roku 2017 k výraznému nárastu pohybovej aktivity. Počas poslednej (jesennej) etapy dosiahol prírastok deformácie až 10,1 mm. Uvedená deformácia bola nameraná v hĺbke 8,78 m pod terénom. Domnievame sa, že danou hĺbkou prechádza jedna zo šmykových plôch. Vďaka získaným výsledkom plánujeme v najbližšom období optimalizovať hĺbku inštalovanej stacionárnej sondy.

V roku 2017 sa pokračovalo i v režimových meraniach, ktorými boli viackrát zaznamenané znepokojivo vysoké hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody. V dvoch vrtoch 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.

V prípade odvodňovacích vrtov došlo k medziročnému poklesu sumárnej priemernej výdatnosti o 17,37 $l.min^{-1}$, 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 2018 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-Kunešovská cesta

Stručná charakteristika lokality

Zosuv na Kunešovskej 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, 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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

Tab. 4.7.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	4	JK-1, 2, 6, 7	1 *(16. december)*	–
	1	JK-3[1] – stacionárna inklinometrická sonda	kontinuálne *(každý deň)*	–
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*	

[1] – *monitoring bol zabezpečený v období od 17. júna 2015 do 22. septembra 2016*

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

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite boli naposledy inklinometrické merania realizované na konci roka 2016. Z výsledkov meraní, ktoré zachytávajú pohybovú aktivitu v období do konca júla 2015 do polovice decembra vyplýva, že v území došlo k poklesu pohybovej aktivity. Najvyššie deformácie boli namerané vo vrtoch KJ-2 a JK-7. Vo vrte JK-2 bola v hĺbke 2,23 m pod terénom nameraná deformácia 2,64 mm (priemerná deformácia 1,90 mm.rok^{-1}) a vo vrte JK-7 bola v hĺbke 3,44 m pod terénom nameraná deformácia 2,33 mm (1,68 mm.rok^{-1}). Vo vrte JK-3, v ktorom nameraných vektor zachytáva obdobie október 2014 až december 2016 bola nameraná deformácia 3,54 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 1,63 mm.rok^{-1} (v hĺbke 2,53 m pod terénom).

V ostatných vrtoch boli v hĺbkach predpokladaných šmykových plôch namerané prevažne nízke deformácie, len vzácne presahujúce 1 mm. Počas poslednej etapy meraní dosiahla

najvyššia celková deformácia za monitorované obdobie hodnotu 6,1 mm (vrt JK-2; priemerná deformácia 1,21 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.7.1. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta – vektory deformácií namerané v roku 2016 (obdobie meracej etapy je v súlade s tab. 4.7.2 čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Jadroňa a Mokrej (1999); mapový podklad: ZBGIS®.

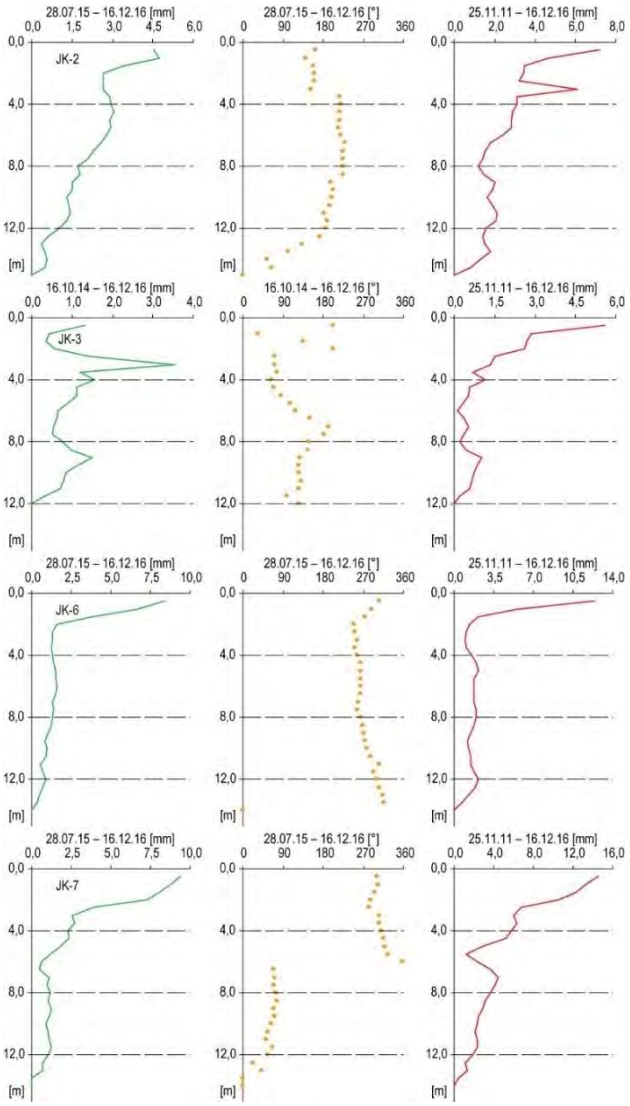
Tab. 4.7.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	28. 7. 15 – 16. 12. 16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]
JK-1	3,50	2,40	0,78	30
JK-1	8,50	2,94	1,20	340
JK-2	2,23	6,10	2,64	153
JK-2	4,73	2,83	2,95	214
JK-3	2,53	1,36	3,54[1]	72[1]
JK-3	8,53	1,00	1,49[1]	128[1]
JK-6	5,26	1,71	1,60	264
JK-6	11,26	2,14	0,92	301
JK-7	3,44	5,23	2,33	316
JK-7	10,44	2,38	1,28	66

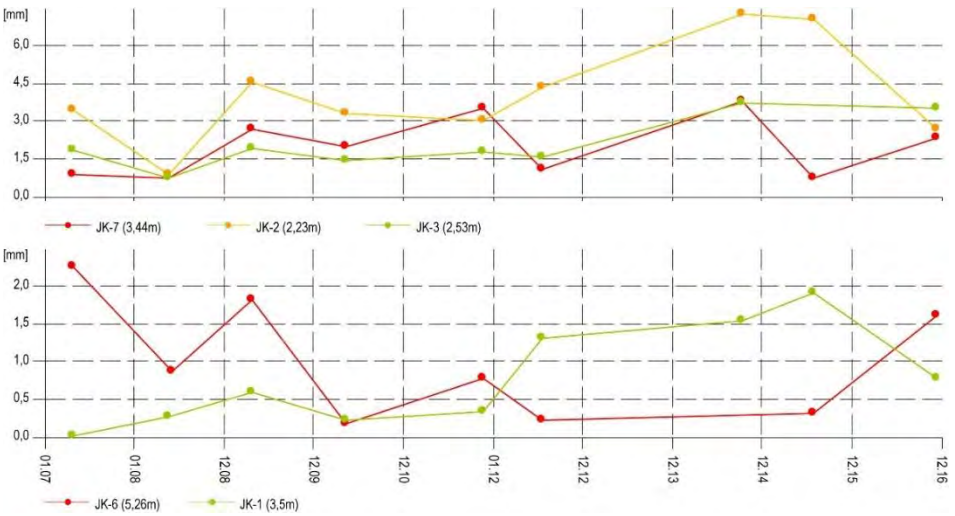
CD – celková deformácia od nultého merania (25. 11. 11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová deformácia a azimut sú za obdobie: 16. 10. 14 – 16. 12. 16

Na základe výsledkov dlhodobého monitorovania možno konštatovať, že deformácie zaznamenané vo vrte JK-2 v rokoch 2014 a 2015, predstavujú najvyššiu pohybovú aktivitu za analyzované desaťročie (od roku 2007 do roku 2016 – obr. 4.7.3). Pomerne vysoké hodnoty boli namerané i v rokoch 2009 (vo vrtoch JK-2 a JK-7) a 2011 (JK-7 a JK-2). Naopak, najpokojnejšia situácia panovala v období od apríla 2007 do mája 2008. V tomto čase boli na sledovaných šmykových plochách namerané jedny z najmenších vektorov.

Problém s vyhodnotením výsledkov monitorovacích meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Kunešovská cesta spočíva v spôsobe zabudovania inklinometrických vrtov. Tejto problematike sme venovali pomerne rozsiahly priestor v správe za rok 2015 (Ondrejka et al. 2016).



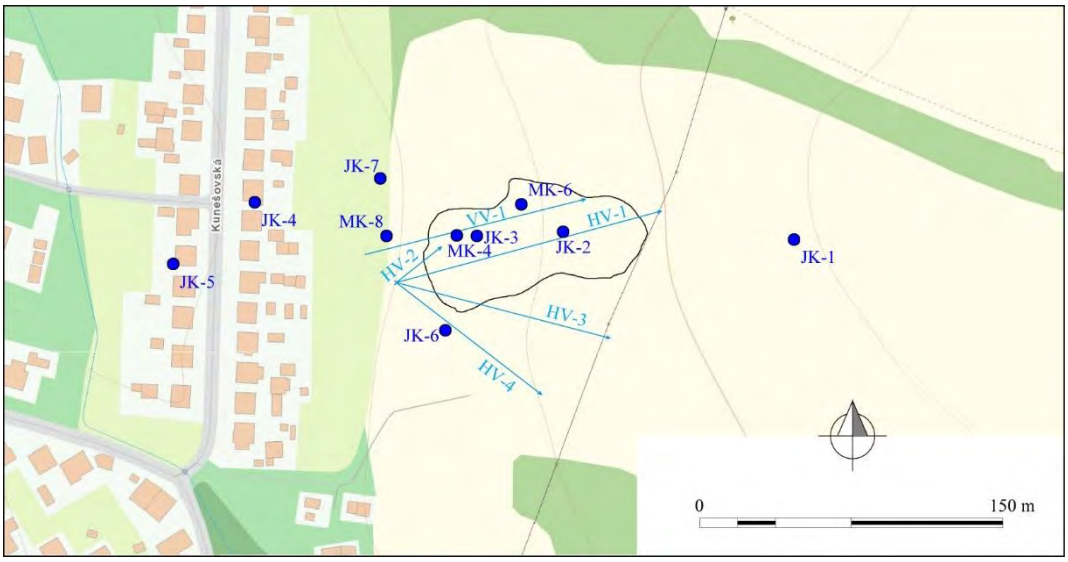
Obr. 4.7.2. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných vrtoch na lokalite Handlová-Kunešovská cesta (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



Obr. 4.7.3. Priebehy dlhodobých (2007 – 2016) prírastkov deformácie na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Handlová-Kunešovská 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. 4.7.3 a 4.7.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.7.4). V roku 2016 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní v období od 13. januára do 28. decembra v 9 pozorovacích vrtoch. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte MK-8 (0,27 m pod terénom; 480,97 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 27. februára. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,27 až 6,97 m pod terénom (JK-1). Aj v ostatných vrtoch sa vyskytovali prevažne 27. februára, ojedinele však i počas marca (napr. vrty JK-1, KJ-2).



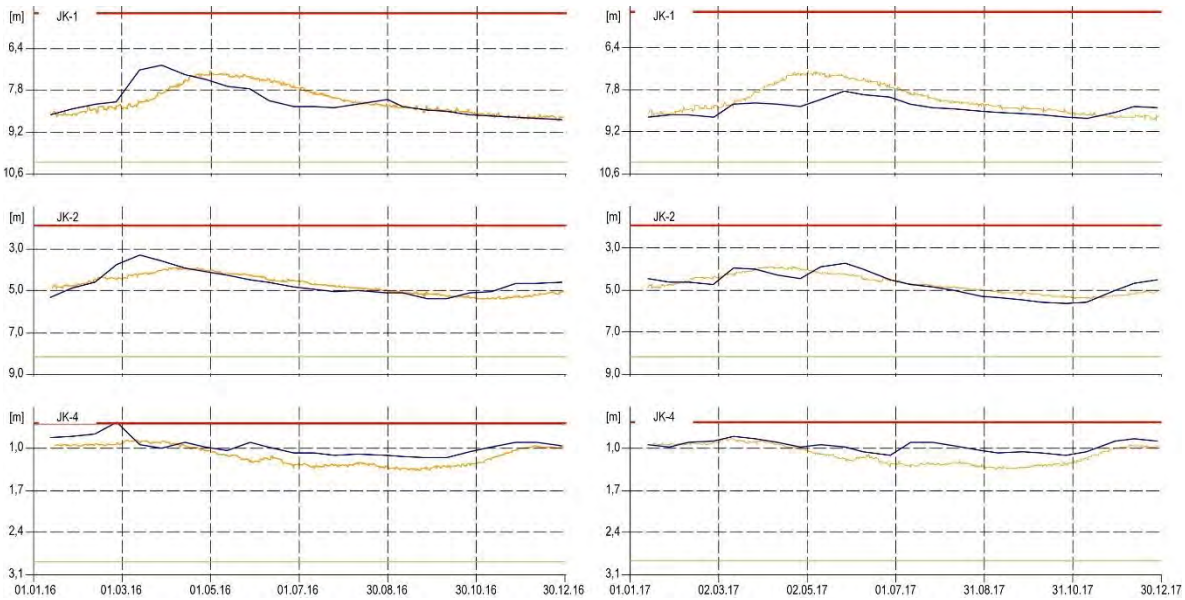
Obr. 4.7.4. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.

Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte JK-1. Minimálna hladina podzemnej vody (8,77 m pod terénom) bola nameraná dňa 28. decembra. Výskyt minimálnych stavov podzemnej vody bol najčastejšie pozorovaný 10. októbra, ojedinele aj v septembri (JK-4) a decembri (JK-1). Vrt MK-6 bol počas 22 meraní suchý. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 3,62 m pod terénom, čo je oproti roku 2015 pokles o 0,35 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,97 (vrt JK-4) do 8,18 m pod terénom (vrt JK-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte MK-6 (4,13 m).

Tab. 4.7.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2016

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	6,97	502,96	29.03.16	8,77	501,16	28.12.16	8,18	501,75	1,80
JK-2	24	3,31	488,87	14.03.16	5,41	486,77	10.10.16	4,66	487,52	2,10
JK-4	24	0,56	472,76	27.02.16	1,15	472,17	27.09.16	0,97	472,35	0,59
JK-5	24	0,95	468,80	27.02.16	1,59	468,16	10.10.16	1,28	468,47	0,64
JK-6	24	2,16	483,36	27.02.16	4,24	481,28	10.10.16	3,56	481,96	2,08
JK-7	24	1,53	478,84	27.02.16	3,76	476,61	10.10.16	3,06	477,31	2,23
MK-4	24	2,29	483,31	27.02.16	4,22	481,38	10.10.16	3,49	482,11	1,93
MK-6	24	1,34	488,07	27.02.16	5,47	483,94	12.01.16	5,30	484,11	4,13
MK-8	24	0,27	480,97	27.02.16	3,93	477,31	10.10.16	2,08	479,16	3,66

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa rovnako pokračovalo v 9 vrtoch počas 24 kontrolných meraní (13. január – 28. december). Najvyššia úroveň hladiny podzemnej vody bola opätovne nameraná vo vrte MK-8 (0,64 m pod terénom; 480,60 m n. m.). Pri porovnaní maximálneho stavu hladiny podzemnej vody s rokom 2016, došlo v tomto vrte k poklesu o 0,37 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. 4.7.5a a 4.7.5b 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.).

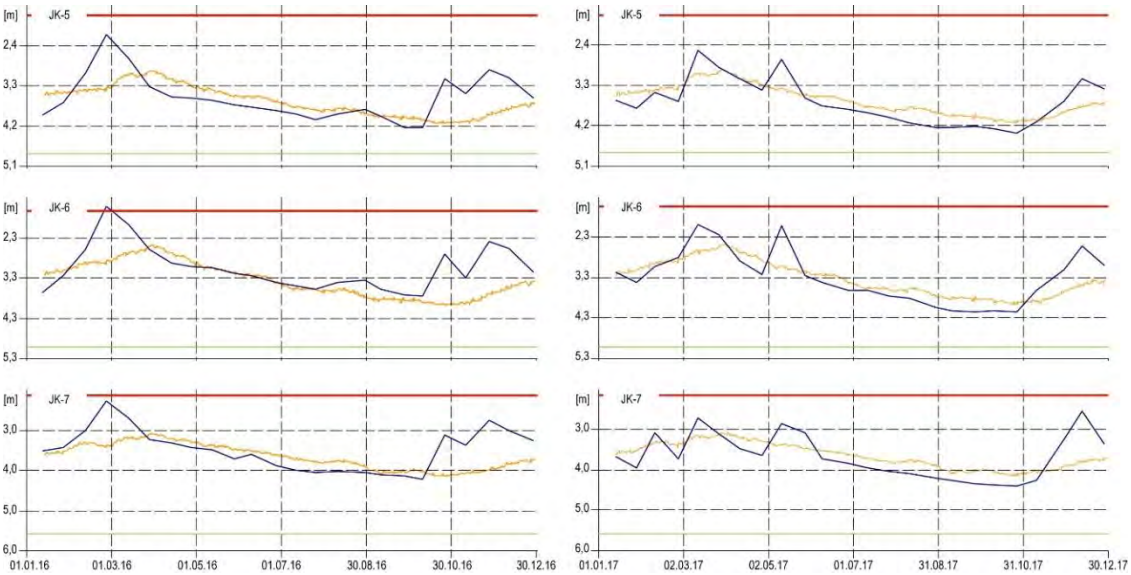


Obr. 4.7.5a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

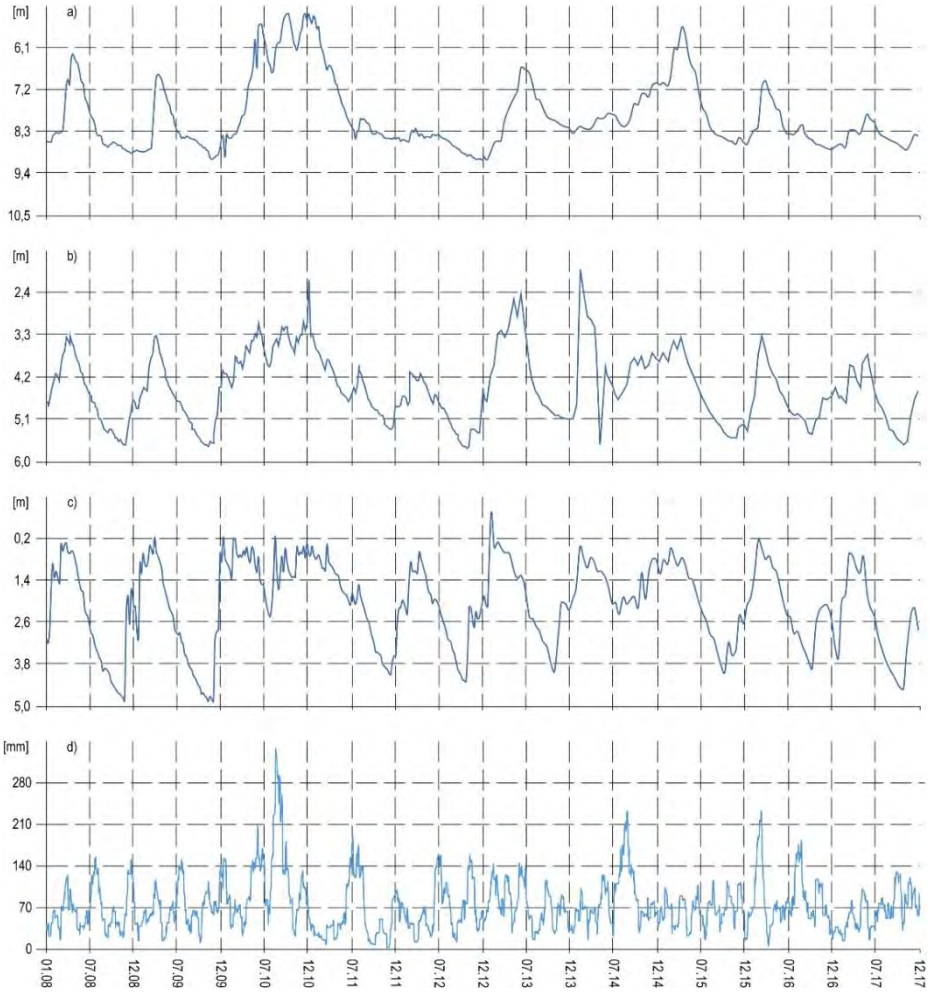
Tab. 4.7.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2017

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

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



Obr. 4.7.5b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).



Obr. 4.7.6. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Handlová-Kunešovská cesta. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – JK-1, b – JK-2, c – MK-8; d – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Handlová – indikatív 30080).

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.

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).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2016 a 2017 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.7.5a a 4.7.5b. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.7.6.

Kolísanie hladiny podzemnej vody v období rokov 2008 až 2017 je odrazom ročných cyklov (obr. 4.7.6). 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.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2016 a 2017 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. (tab. 4.7.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.7.7 a 4.7.8; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.7.4).

V roku 2016 boli merania realizované v období od 12. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. februára na odvodňovacom zariadení „výtok“ (66,67 $l.min^{-1}$). Priemerná výdatnosť tohto objektu dosiahla však len 5,32 $l.min^{-1}$. Súvisí to s tým, že monitorovaný objekt bolo počas 16 meraní suchý. Podobne, veľmi nízke hodnoty, na úrovni kvapkania, boli počas 9 meraní pozorované aj vo vrte HV-1. Vrty HV-3 a HV-4 dosahovali minimálne prietoky v rozsahu od 0,21 do 0,75 $l.min^{-1}$. Ich výskyt bol viazaný, podobne ako v prípade minimálnych stavov hladiny podzemnej vody, na 10. október. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 7,41 $l.min^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 2,78 $l.min^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte „výtok“ (66,67 $l.min^{-1}$).

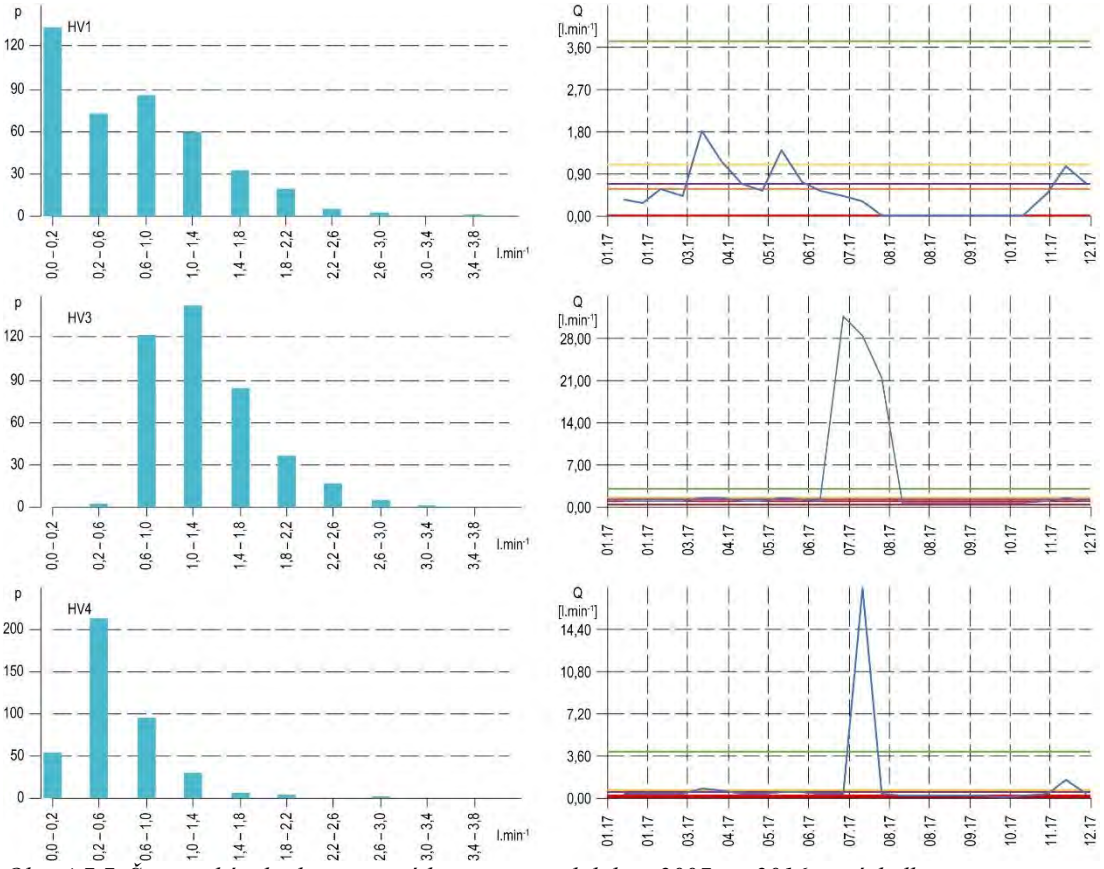
Tab. 4.7.5. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2016

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	1,75	14.03.16	0,00	12.01.16	0,45	1,75
HV-3	24	2,44	27.02.16	0,75	10.10.16	1,12	1,69
HV-4	24	1,84	27.02.16	0,21	10.10.16	0,52	1,63
Výtok	24	66,67	27.02.16	0,00	27.01.16	5,32	66,67

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 neraní (nad 20 $l.min^{-1}$). Rovnaká situácia nastala i vo vrte HV-4, v ktorom došlo k prudkému vzostupu výdatnosť, 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 objektu 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.

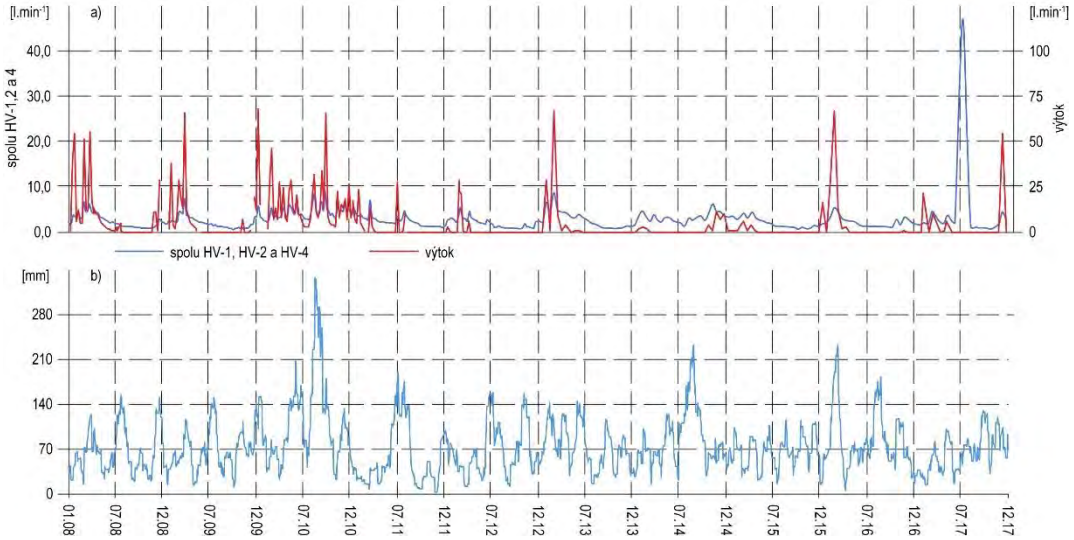


Obr. 4.7.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2007 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta. Analyzované obdobie (AO): 2. január 2007 – 28. december 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

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. 4.7.6. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská 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



Obr. 4.7.8. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Handlová-Kunešovská cesta; a – výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite (modrá – spoločná výdatnosť vrtov HV-1, HV-2 a HV-3, červená – výdatnosť výtokového objektu), b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Handlová (indikatív 30080).

Zo štatistickej analýzy na obr. 4.7.7 vyplýva, že odvodňovacie zariadenia relatívne účinne 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 spoločnej výdatnosti horizontálnych vrtov HV-1, HV-2 a HV-4 v období 2008 až 2017 majú prevažne pravidelný cyklus, ktorý súvisí s režimovými zmenami hladiny podzemnej vody (obr. 4.7.8). Najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti boli dosiahnuté v aktuálne hodnotenom roku 2017. Naopak, najnižšia hodnota spoločnej výdatnosti bola nameraná 5. októbra 2009 (0,42 $l.min^{-1}$). Počas hodnoteného desaťročného obdobia priemerná hodnota spoločnej výdatnosti z drenážnych vrtov (HV-1, HV-3 a HV-4) dosiahla 2,56 $l.min^{-1}$. Vo výdatnosti výtoku z kanalizácie v hodnotenom období je možné pozorovať výrazné zmeny. Maximálna výdatnosť bola nameraná 11. januára 2010 s hodnotou 67,42 $l.min^{-1}$. Minimálna výdatnosť v danom objekte v mnohých prípadoch dosahuje len hodnotu 0,01 $l.min^{-1}$, resp. vrt je suchý.

d/ 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

Na zosuvnej lokalite Handlová-Kunešovská cesta sú monitorovacie aktivity zabezpečované v území nad zástavbou rodinných domov (juhovýchodná časť intravilánu mesta Handlová). Merania boli v roku 2017 sústredené len na sledovanie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. Inklinometrické merania, ktoré boli na lokalite realizované od roku 1999, boli v hodnotenom roku prerušené. Merania sa na základe viacerých analýz (napr. naposledy v správe za rok 2015 – Ondrejka et al., 2016) ukázali ako neefektívne a do určitej miery i zavádzajúce.

Pri hodnotení vývoja hladiny podzemnej vody je možné konštatovať, že jej priebehy zaznamenané v roku 2017 do veľkej miery kopírovali hodnoty kĺzavého priemeru, odvodeného

z výsledkov predchádzajúcich meraní. Zároveň bola dosiahnutá približne rovnaká hodnota priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody ako v roku 2016. Paradoxom tejto situácie je, že klimatické faktory porovnávaných období sa diametrálne líšia. Kým počas celého roka 2016 pretrvával prebytok zrážok, v roku 2017 bola situácia opačná, od januára do decembra bolo možné registrovať zrážkový deficit. Citlivejšie na klimatické faktory zareagovali odvodňovacie zariadenia. V roku 2017, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, bol nameraný prudký prepad sumárnej priemernej hodnoty výdatnosti.

V roku 2018 plánujeme realizovať len režimové pozorovania na sieti piezometrických vrtov a odvodňovacích vrtov.

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 priťaženie 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 2016 a 2017

V rokoch 2016 a 2017 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 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	2016	2017
Inklinometrické	1	AH-1	3 *(24. máj, 14. september, 16. december)*	3 *(31. marec, 2. október, 15. december)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	*Denné úhrny zrážok*	

* – *nulté meranie*

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2016 a 2017 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 2016 pokračovali monitorovacie aktivity 3 etapami meraní (termíny jednotlivých meraní sú uvedené v tab. 4.8.1). 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 (tab. 4.8.2).

Počas prvých dvoch meraní (máj a september) ani v jednej zo sledovaných hĺbok nevznikli deformácie väčšie ako 1 mm. K rozvoju pohybovej aktivity došlo až počas decembrovej etapy. V trojmesačnom jesennom období sa najvýraznejšie prejavil hĺbkový horizont 14,69 m pod terénom. V tejto hĺbke bola nameraná deformácia 2,42 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 9,49 mm.rok^{-1}, s azimutom na východ. I keď z priebehu deformácie inklinometrickej pažnice na obr. 4.8.2 je v danom horizonte náznak prítomnosti šmykovej plochy, jej jednoznačné potvrdenie vyvracia nesúrodosť orientácie vektorov. Tie majú v danej hĺbke dlhodobo výrazný odklon od smeru spádnice svahu a naviac, v rámci obdobia monitorovania sa často mení ich orientácia. Výsledok je nakoniec taký, že etapový vektor je väčší ako celkový vektor za celé monitorované obdobie. Napríklad v hĺbke 14,69 m pod terénom je výsledná deformácia menšia o 0,04 mm ako etapová. Čo sa týka orientácie sledovaných vektorov, analogická situácia je vo všetkých pozorovaných hĺbkach. Pre definovanie hĺbky šmykovej plochy, a teda optimálne umiestnenie stacionárnej inklinometrickej sondy, je potrebné v budúcnosti zabezpečiť viacero meraní. V súčasnosti je stacionárna inklinometrická sonda umiestnená v hĺbke 23 m pod terénom.



Obr. 4.8.1. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960 – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (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 2016 a 2017

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	06.11.15 – 24.05.16			24.05.16 – 14.09.16			14.09.16 – 16.12.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	A [°]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-1	14,69	1,81	0,85	309	1,81	0,00	0	2,38	2,42	90
AH-1	21,69	1,60	0,57	285	1,61	0,10	240	1,14	1,14	98
AH-1	31,19	1,60	0,20	330	1,58	0,41	74	1,30	0,45	123

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. Vyššia pohybová aktivita bola sledovaná v hĺbkach 21,96 m pod terénom

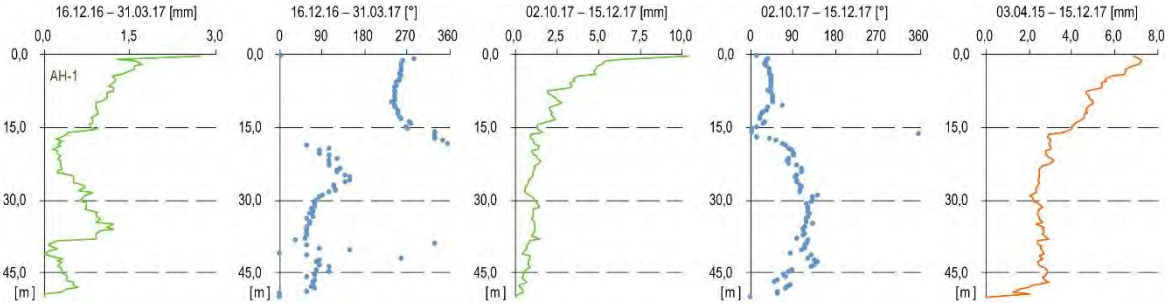
(1,39 mm; 6,86 mm.rok^{-1}) a 14,69 m pod terénom (1,36 mm; 6,70 mm.rok^{-1}). Ale aj v tomto prípade sú namerané azimuty nejednotné. V plytšom horizonte (14,69 m pod terénom) je vektor orientovaný na sever, resp. na severo-severovýchod, v hĺbke 21,69 m pod terénom je orientácia vektora na východ a v najhlbšom horizonte je azimut vektora orientovaný juhovýchodným smerom.

Pokračovanie Tab. 4.8.2

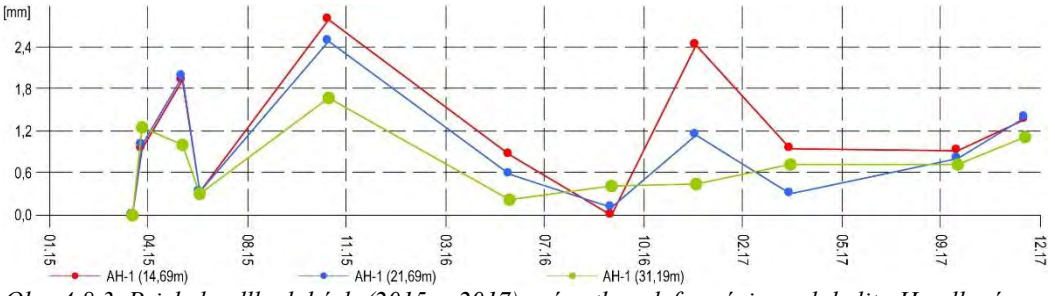
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	16. 12. 16 – 31. 3. 17			31. 3. 17 – 2. 10. 17			2. 10. 17 – 15. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	A [°]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-1	14,69	1,86	0,94	272	2,73	0,92	47	4,00	1,36	6
AH-1	21,69	1,14	0,28	105	1,94	0,81	30	2,96	1,39	81
AH-1	31,19	1,72	0,71	68	2,42	0,71	15	2,45	1,12	123

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

Z nameraných etapových vektorov v jednotlivých hĺbkových horizontoch a tiež z ich analýzy zatiaľ nie je možné s konečnou platnosťou 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. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach vo vrte AH-1 na lokalite Handlová-zosuv z roku 1960 (označenie vrtu je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



Obr. 4.8.3. Priebehy dlhodobých (2015 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Handlová-zosuv z roku 1960, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

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. Generálne termíny vzostupu deformácie súvisia s jesennými etapami a minimálne hodnoty s letnými, prípadne jarnými.

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), pričom 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 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 a 4.6.16). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V území handlovského zosuvu z roku 1960, na ktorom sa merania vykonávajú na obnovenej monitorovacej sieti z roku 2014, boli v hodnotenom roku zabezpečené tri etapy inklinometrických meraní. Monitorovacie aktivity, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, boli sústredené na sledovanie pohybovej aktivity v severovýchodnej časti zosuvu. Výsledky namerané v jedinom funkčnom vrte poukazujú na skutočnosť, že v roku 2017 mala stabilitná situácia v oblasti čela zosuvu priaznivý vývoj. 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.

V roku 2018 plánujeme pokračovať v kontrolných meraniach v pôvodnom rozsahu a frekvencii. Po preukázaní úrovne šmykovej plochy bude stacionárna inklinometrická sonda nastavená do novej hĺbky. Zároveň bude zabezpečený zber, spracovanie a archivácia údajov z inštalovaných automatických zariadení a stanice SHMÚ.

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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.9.1.

Tab. 4.9.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Fintice v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Geodetické (GNSS)	5	P1, P3, P4, P5, pevný bod P	1 *(8. júl)*	1 *(20. jún)*
Inklinometrické	2	K-3, K-5	1 *(10. október)*	–
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	11	K-1, 2, 2a*, 2b, 3, 4, 4a, 4b, 5, 5a, 5b	10 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*
	1	K-1a – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	–
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Kapušany (indikatív 59220) Prešov-planetárium (indikatív 59160)	*Denné úhrny zrážok*	

** – jedno meranie (18. september 2015), ** – automatický hladinomer bol počas roka 2015 poškodený*

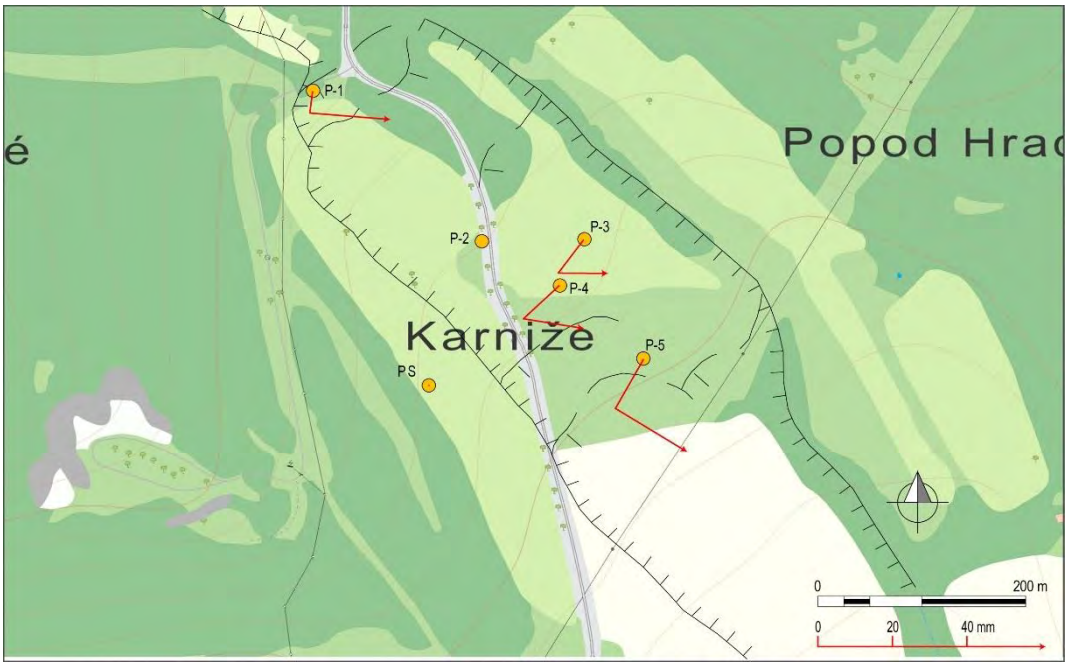
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2016 a 2017 a za dlhšie obdobie pozorovania

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 „ustrihnuté“ 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 2016 bolo meranie zabezpečené počas júla, teda namerané vektory prezentujú pohybovú aktivitu počas pomerne krátkeho obdobia, necelých 7 mesiacov. Najvyšší posun sa prejavil v bode P-5 (15,17 mm). Avšak dosiahnutá rýchlosť 26,37 mm.rok^{-1} korešponduje s rýchlosťami zaznamenanými v predchádzajúcom období. Je teda možné predpokladať, že

pokles pohybovej aktivity je zdanlivý a súvisí predovšetkým s kratšou meracou etapou. Podobne je to i v prípade bodov P-3 a P-4. Rýchlosti pohybu týchto bodov namerané v roku 2016 sú dokonca najvyššie za celé monitorované obdobie. K preukázateľnému útlmu pohybovej aktivity došlo v prípade bodu P-1.



Obr. 4.9.1. Lokalita Fintice – výsledky geodetických meraní (metódou GNSS) za obdobie rokov 2016 a 2017. Obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.2; mapový podklad: ZBGIS®.

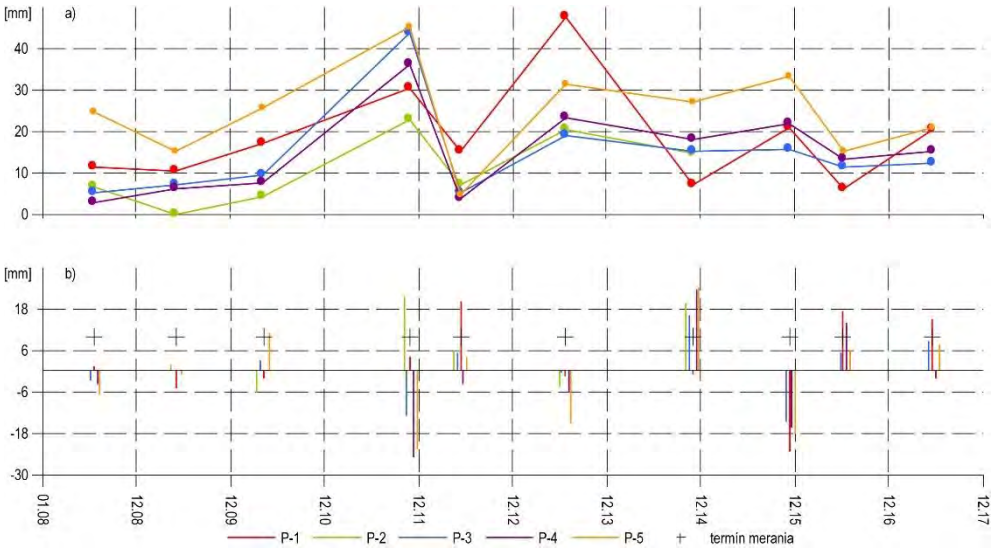
V prípade hodnotenia vertikálnej zložky pohybu možno v rámci celej lokality sledovať vzostupné posuny. Najvýraznejší bol nameraný práve v bode P-1 (17, 1 mm; čo predstavuje priemernú rýchlosť posunu 29,72 mm.rok^{-1}). O niečo nižšia hodnota bola nameraná v bode P-4 (13,7 mm; 23,81 mm.rok^{-1}).

Tab. 4.9.2. Výsledky geodetických (GNSS) meraní na lokalite Fintice v rokoch 2016 a 2017

Bod	11.12.15 – 08.07.16			08.07.16 – 20.06.17		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	polohové	výškové	priestorové	polohové	výškové	priestorové
P-1	5,74	17,10	18,04	20,27	15,10	25,28
P-3	11,36	5,30	12,54	12,10	8,30	14,67
P-4	13,16	13,70	19,00	15,05	-2,00	15,18
P-5	15,17	6,00	16,32	20,85	7,40	22,13

V roku 2017 došlo na pozorovaných bodoch, v porovnaní s predchádzajúcim obdobím, k nárastu pohybovej aktivity. Najväčšia polohová zmena bola 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.

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



Obr. 4.9.2. Dlhodobé (2008 – 2017) 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 2017) 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). Najväčší posun bol dosiahnutý v roku 2013.

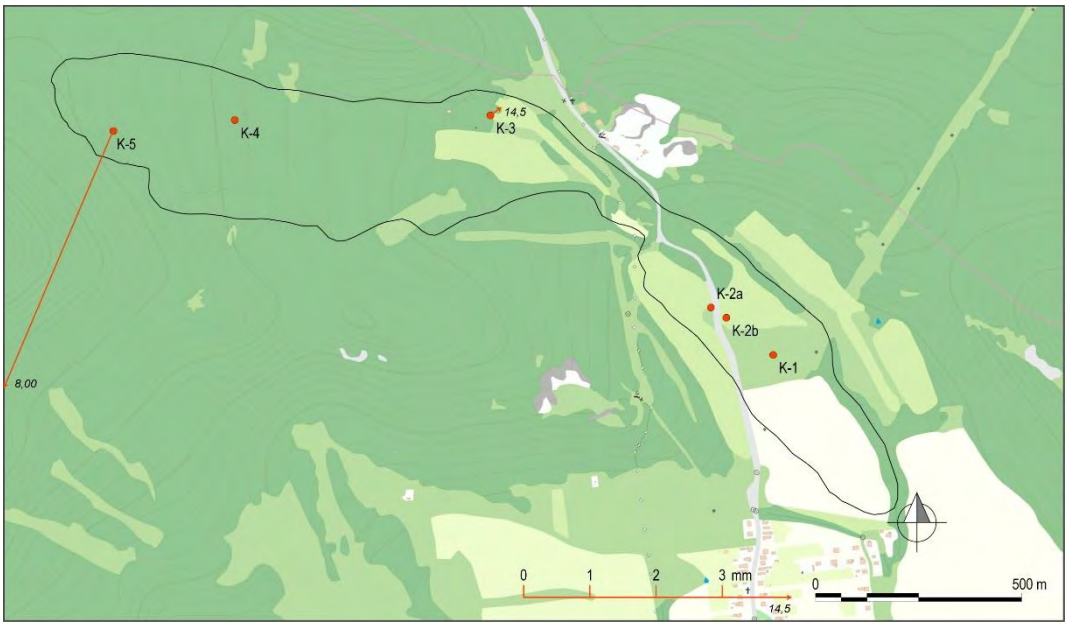
b/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa do roka 2016 vykonávali monitorovacie merania v dvoch funkčných vrtoch. Výsledky meraní v roku 2016 potvrdili závery prezentované v predchádzajúcich správach (Ondrejka et al., 2016). Predpokladá sa, že vrty K-3 a K-4 v dôsledku zastaranej technológie zabudovania nepodávajú vierohodnú informáciu o pohybovej aktivite sledovaného územia. Vykonávané merania v posledných rokoch mali overovací charakter a do značnej miery potvrdili výsledky analýz z predchádzajúceho obdobia. I keď v roku 2016 bola v monitorovanom území sledovaná určitá povrchová aktivita (prezentovaná v tab. 4.9.3), spoľahlivosť výsledkov je na nízkej úrovni. Z výsledkov meraní vyplýva, že vo vrte K-3 mali vektory prevažne východný až severovýchodný smer. Vo vrte K-5 sú sledované 3 horizonty (tab. 4.9.3). Najvyššia pohybová aktivita bola sledovaná v hĺbke 8 m pod terénom. V roku 2016 tam bola nameraná deformácia 4,02 mm. Avšak orientácia vektora sa výrazne líši od orientácie spádnice svahu, a teda i predpokladaného smeru pohybu zosuvného telesa.

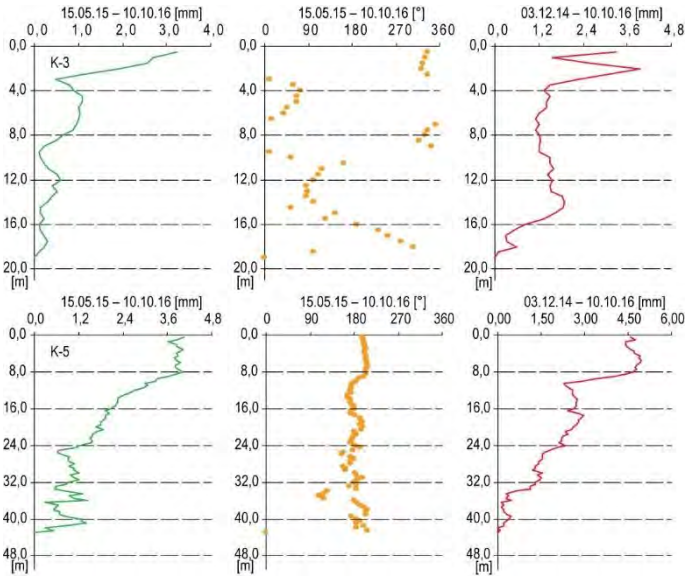
Tab. 4.9.3. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Fintice v roku 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	15. 5. 15 – 10. 10. 16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]
K-3	14,50	1,87	0,14	55
K-5	8,00	4,66	4,02	203
K-5	24,00	2,33	1,20	182
K-5	33,50	1,14	0,57	185

CD – celková deformácia od nultého merania (2. 12. 14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

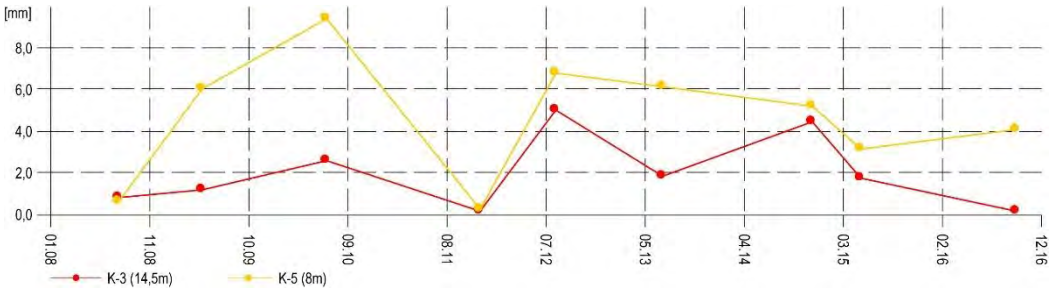


Obr. 4.9.3. Lokalita Fintice – vektory deformácií namerané v roku 2016 (obdobie meracej etapy je v súlade s tab. 4.9.3; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.9.4. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Fintice (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je na obr. 4.9.5 pozorovateľné striedanie sa období s vyššou a nižšou pohybovou aktivitou. Pri hodnotení pohybovo aktívnejších období má špeciálne postavenie rok 2010, kedy došlo vo viacerých monitorovacích objektoch ku kritickej deformácii.



Obr. 4.9.5. Priebehy dlhodobých (2007 – 2016) prírastkov deformácie na lokalite Fintice, sledované na predpokladaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Fintice sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 10 až 11 vrtoch (tab. 4.9.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.9.4 a 4.9.5; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.9.6). V roku 2016 bolo zabezpečených 10 meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte K-2 (0,40 m pod terénom – 370,60 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 1. marca. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,40 až 13,74 m pod terénom (K-5). Vyskytovali sa od 2. februára (napr. vrt K-3) do 30. mája (napr. vrt K-1). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte K-5 (min. hladina podzemnej vody 14,70 m pod terénom bola nameraná dňa 2. februára). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vo vrtoch vyskytovali počas dvoch období. V niektorých vrtoch, ako napr. K-1, to bolo cez zimu, prevažne na začiatku februára, ojedinele i v marci, v iných vrtoch to bolo v auguste alebo v septembri.



Obr. 4.9.6. Lokalita Fintice – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (piezometrické vrty); mapový podklad: ZBGIS®.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 5,65 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2015 prakticky identická hodnota (pokles len o 0,01 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,52 (vrt K-3) do 14,19 m pod terénom (vrt K-5). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte K-4a (1,93 m).

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v režimových pozorovaniach na rozšírenom súbore vrtov. Do skupiny vrtov, v ktorých je monitorovaná hladina podzemnej vody

pozorovateľom, pribudol vrt, ktorý bol povodne sledovaný automatickým hladinomerom. V roku 2017 bolo teda monitorovaných 11 vrtov. Počas roka bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali do 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 veľkej 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. 4.9.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Fintice v roku 2016

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	5,70	346,30	30.05.16	7,00	345,00	02.02.16	6,38	345,62	1,30
K-2	10	0,40	370,60	01.03.16	2,03	368,97	28.09.16	1,27	369,73	1,63
K-2a	10	1,01	369,99	30.05.16	2,10	368,90	28.09.16	1,49	369,51	1,09
K-2b	10	0,92	377,18	30.05.16	1,73	376,37	28.09.16	1,39	376,71	0,81
K-3	10	0,50	433,50	02.02.16	0,60	433,40	29.03.16	0,52	433,48	0,10
K-4	10	3,69	490,31	02.02.16	4,66	489,34	30.08.16	4,25	489,75	0,97
K-4a	10	1,46	492,54	01.03.16	3,39	490,61	28.09.16	2,30	491,70	1,93
K-4b	10	1,43	492,57	01.03.16	3,16	490,84	28.09.16	2,13	491,87	1,73
K-5	10	13,74	523,26	30.05.16	14,70	522,30	02.02.16	14,19	522,81	0,96
K-5a	10	13,54	523,46	30.05.16	14,63	522,37	02.02.16	14,16	522,85	1,09
K-5b	10	13,48	523,52	30.05.16	14,70	522,30	02.02.16	14,10	522,90	1,22

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).

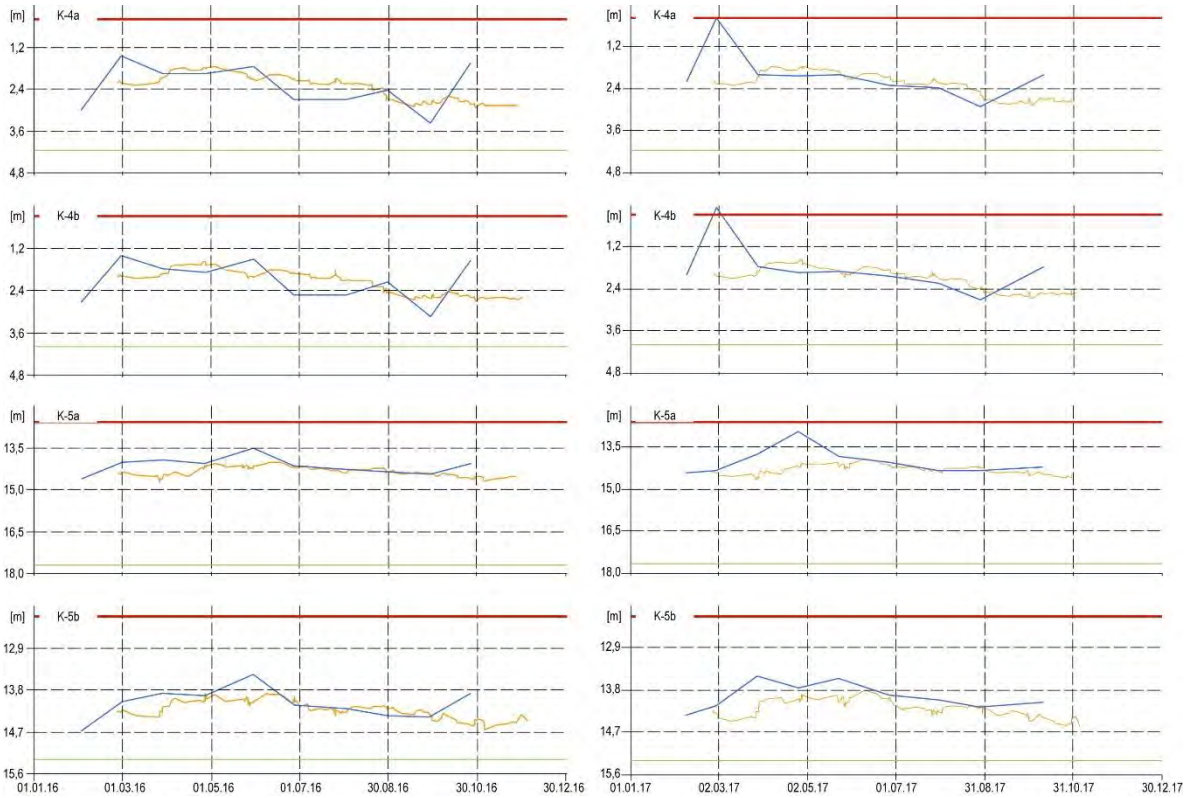
Tab. 4.9.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Fintice v roku 2017

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

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).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch v rokoch 2016 a 2017 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní,

sú znázornené na obr. 4.9.7. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch spolu s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.9.8.



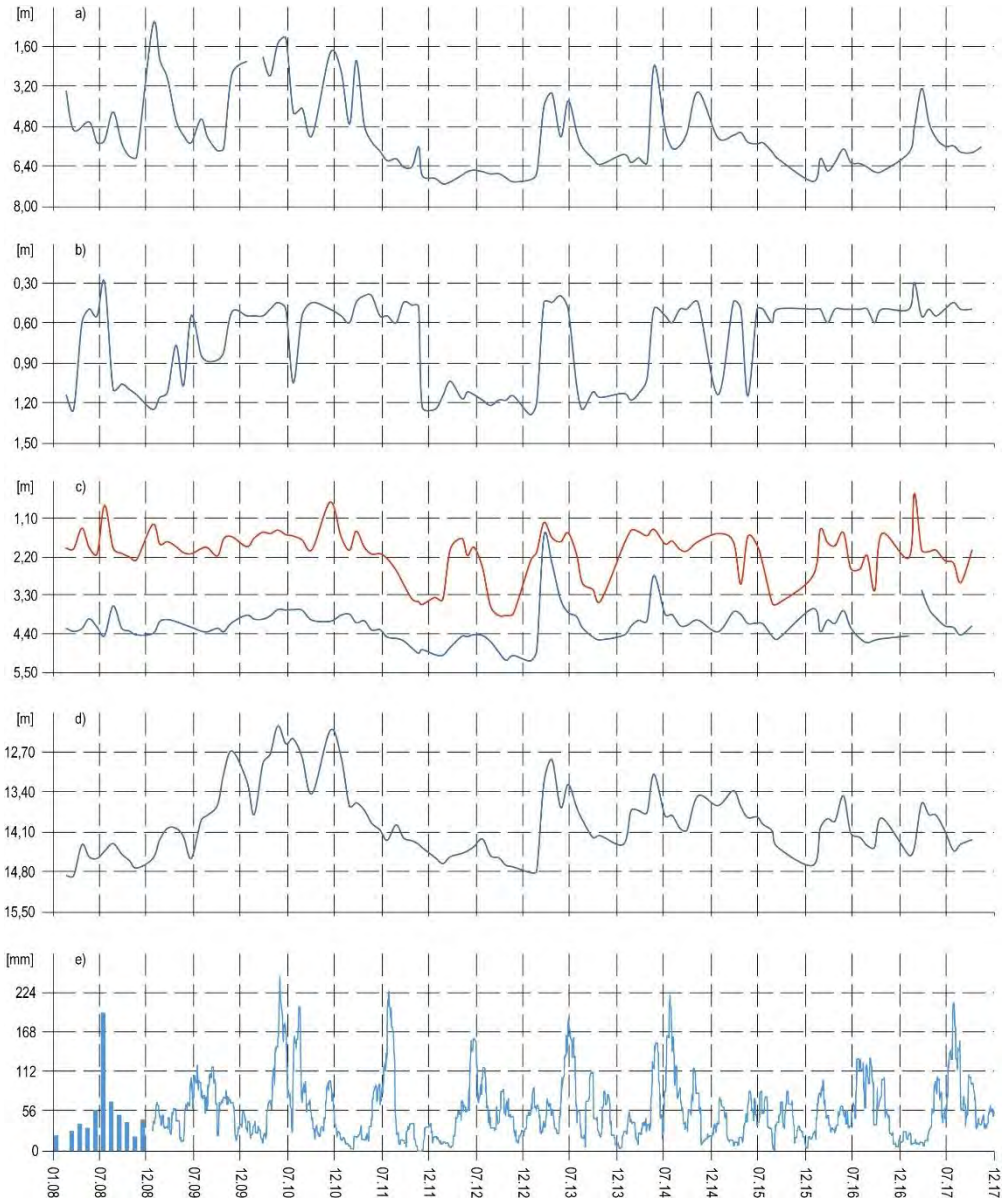
Obr. 4.9.7. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Fintice, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

Počas dlhšieho hodnoteného obdobia (roky 2008 až 2017 – obr. 4.9.8) boli režimovými pozorovaniami na monitorovacej sieti namerané viaceré významné zmeny. Najvyššia hladina podzemnej vody, teda najbližšia k povrchu terénu, bola zaznamenaná 25. júla 2008 vo vrte K-3 (s hĺbkou 0,3 m pod terénom). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v tomto vrte za posledné desaťročie dosiahla 0,81 m pod terénom. Naopak, najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte K-5b 30. júla 2007 (15,12 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody v tomto vrte za poslednú dekádu dosiahla hĺbku 14,5 m pod terénom. Uvedené charakteristiky dlhodobého monitoringu režimových zmien podzemných vôd poukazujú na výrazné rozdiely hydrogeologických pomerov jednotlivých častí zosuvného územia. V zosuvnom území, vzhľadom na jeho veľkosť, sú monitorovacie objekty sústredené do dvoch častí.

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 týchto vrtoch počas posledného desaťročia hladina podzemnej vody viackrát vystúpila do blízkosti terénu. Najvyššia hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody bola dosiahnutá 23. februára 2007 vo vrte K-1 – 0,67 m pod terénom.

V skupine vrtov, ktoré sa nachádzajú v odlučnej oblasti, sú monitorované minimálne dve odlišné hydrogeologické štruktúry. Vo vrtoch označených K-4 sú sledované hladiny podzemnej vody v plytších horizontoch, so spoločnou priemernou hĺbkou 2,86 m pod terénom (za posledných desať rokov). V najvyššie položenej časti zosuvu, vo vrtoch označených K-5, sa hladiny podzemnej vody nachádzajú podstatne hlbšie, a to až v hĺbke väčšej ako 12 m pod

terénom. Spoločná priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v týchto vrtoch je 14,01 m pod terénom (za posledných desať rokov).



Obr. 4.9.8. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Fintice. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – K-1, b – K-3, c – K-4 (modrá) a K-4b (červená), d – K-5b; e – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prešov-Planetárium).

c2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomermi

V roku 2016 boli merania automatickým hladinomerom zabezpečované len vo vrte K-1a. Vrt K-2a je od roku 2015 poškodený. V roku 2017 došlo k poškodeniu hladinomeru vo vrte K-1a. Pravdepodobne došlo k zasiahnutiu bleskom do ochrannej oceľovej pažnice. Z tohto dôvodu sa údaje o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody nezachovali.

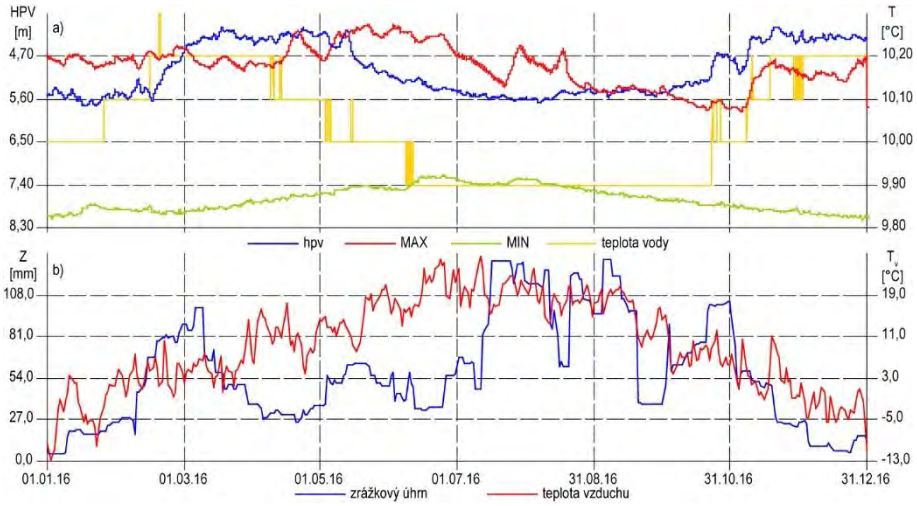
Vo vrte K-1a bolo počas roku 2016 zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (8784 záznamov). Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 4,07 m pod terénom (347,93 m n. m.; 18. marec), čo je v porovnaní s rokom 2015 vzostup o 0,41 m. Podzemná voda na tejto úrovni oscilovala až do prvej polovice mája. Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody súvisel s výdatnými zrážkovými úhrnmi počas februára, spojenými s topením snehovej

pokrývky. Od mája do prvej polovice augusta mala hladina podzemnej vody zostupný charakter. K opätovnému vzostupu došlo po zvýšených zrážkových úhrnoch počas mesiacov júl a august. Hladina takto stúpala do polovice novembra. Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 5,74 m (346,26 m n. m.) bola však nameraná na začiatku roka – 16. januára (oproti roku 2015 išlo o vzostup o 0,89 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 4,98 m pod terénom (347,02 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pomerne výrazný vzostup, a to až o 0,80 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,67 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k jej ustáleniu. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,08 m za deň, čím bol opätovne potvrdený jej ustálený režim. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,03 m (čo je 1,80 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,34 m pod terénom, 2. kvartil 5,2 m pod terénom a 3. kvartil 5,47 m pod terénom.

Tab. 4.9.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Fintice v roku 2016

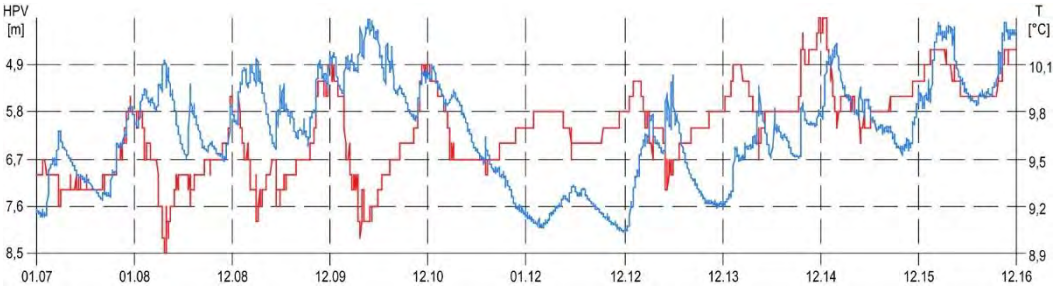
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
K-1a	8784	4,07	347,93	18.03.16	5,74	346,26	16.01.16	4,98	347,02	1,67

Sledovaná teplota podzemnej vody dosiahla maximálnu hodnotu (10,3 °C) počas 20. februára, naopak, najnižšiu (9,9 °C) 8. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,0 °C.



Obr. 4.9.9. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Fintice. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte: a – K-1 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_v (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Prešov-planetárium.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia vo vrte K-1a (od roku 2007 do roku 2016), ktoré je znázornené na obr. 4.9.10, možno konštatovať, že kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 4,12 m. Maximálna hladina 4,02 m pod terénom bola nameraná 23. mája 2010 a minimálna 29. decembra 2012. Od roku 2012 sa prejavuje vzostupný trend minimálnych ročných stavov hladiny podzemnej vody. Znamená to, že v rámci ročného cyklu zmeny hladiny podzemnej vody nemajú taký rozsah, ale držia sa bližšie k terénu. Táto skutočnosť sa môže odrážať na celkovej stabilite územia.

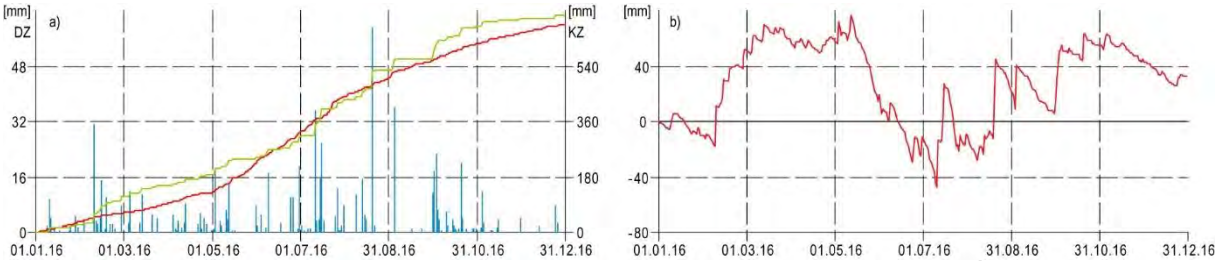


Obr. 4.9.10. Priebeh dlhodobých (2007 – 2016) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickými hladinomermi na lokalite Fintice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – K-1a, b – K-2a (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

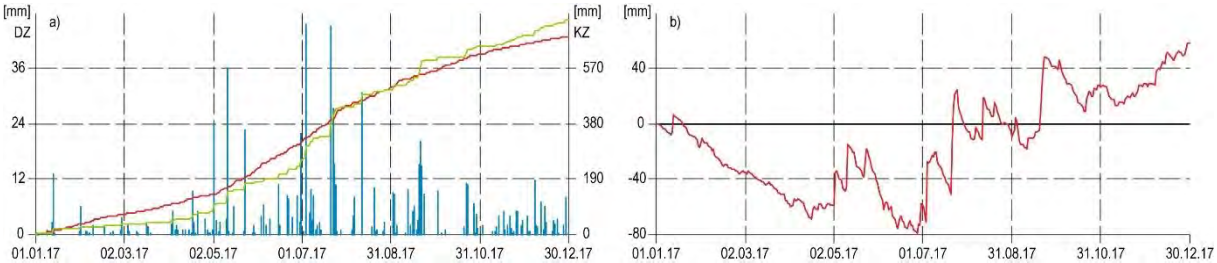
d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Kapušany (obr. 4.2.11, 4.2.12; informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Kapušany je uvedená v podkapitole 1.4.2. – lokalita Kapušany) s indikatívom 59220 a Prešov-planetárium s indikatívom 59160 (obr. 4.9.11, 4.9.12).

Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný na stanici Prešov-planetárium v období od 1. januára 2006 do 31. decembra 2016 predstavuje 674,1 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 939,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 56,6 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. 4.9.11. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160); 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 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.



Obr. 4.9.12. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160); 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 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 688,7 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (130,1 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (59,0 mm). Najsuchším

mesiacom bol november s 22,7 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 6. augusta do 5. septembra 2016 (131,5 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 734,9 mm, čo zodpovedá 109,0 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2017 bol 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) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 1. marca do 31. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 7,3 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 priebehu ostatných dvoch rokov 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. Do roku 2016 boli podpovrchové deformácie monitorované len v strednej (K-3) a vrchnej (K-5) časti svahu. Namerané hodnoty deformácií v týchto vrtoch však súviseli aj s inými javmi, než so zosuvným pohybom. V roku 2017 boli inklinometrické merania na lokalite prerušené. V súčasnosti podávajú obraz o pohybovej aktivite (prechodovej časti) geodetické merania. V území sa zároveň sledujú i zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody.

Geodetickými meraniami, v porovnaní s rokom 2016, boli vo všetkých bodoch namerané zvýšené hodnoty polohových posunov. Najvyššie hodnoty boli zaznamenané v bodoch P-1 a P-5. Z dlhodobého hľadiska však nejde o neobvyklý jav. Od roku 2012 sledujeme v území mierne zostupný trend pohybovej aktivity.

Pri analýze režimu zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bolo možné v roku 2017 využívať len výsledky meraní, ktoré boli uskutočnené terénnym pozorovateľom. Údaje o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneného vo vrte K-1a, sa nezachovali. Predpokladáme, že v roku 2017 bol poškodený elektrostatickým výbojom počas búrky.

Hladiny podzemnej vody, pozorované v ostatných vrtoch, vo viacerých prípadoch dosiahli, resp. i prekročili dlhodobé maximálne stavy. Išlo najmä o zimné obdobie. Táto situácia môže do istej miery súvisieť s výdatnými zrážkami, zaznamenanými na konci roka 2016. V súvislosti so zrážkovým deficitom počas z prvej polovice roka sa počas jarných a letných meraní začal vo vrtoch prejavovať pokles hladiny podzemnej vody, ktorý trval až do konca letného obdobia.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie trasy vysokotlakového plynovodu, štátnej cesty a stožiarov VVN) plánujeme i v roku 2018 pokračovať v monitorovacích aktivitách.

Aktuálnym zostáva posúdenie optimálnych možností sanácie zosuvu (v spolupráci s orgánmi miestnej samosprávy), ktorá môže byť v danom geologickom prostredí pomerne komplikovaná.

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 južným smerom. Monitorované zosuvné územie sa nachádza v južnej 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 plošný 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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.10.1.

Tab. 4.10.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Svätý Anton v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	1	INK-1	2 *(24. máj, 24. október)*	2 *(10. apríl, 14. december)*
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 2016 a 2017 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 päť kontrolných etáp; v rámci riešenia úlohy ČMS – GF však len štyri (počas rokov 2016 a 2017). Výsledky meraní jednoznačne preukázali šmykovú plochu v hĺbke 8,2 m pod terénom. V roku 2016 počas jarnej etapy, ktorá zahŕňa pohybovú aktivitu v období od 11. júna 2015 do 24. mája 2016, bola na šmykovej ploche nameraná pomerne veľká deformácia (5 mm; 5,24 mm.rok^{-1}). Následne počas 24. októbra, teda presne o päť mesiacov neskôr, došlo k upokojeniu pohybovej aktivity a etapový prírastok v hĺbke šmykovej plochy predstavoval len 0,63 mm (1,51 mm.rok^{-1}). Celková deformácia v hĺbke šmykovej plochy, sledovaná od 24. apríla 2015 do 24. októbra 2016, dosiahla 4,71 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 3,13 mm.rok^{-1}.



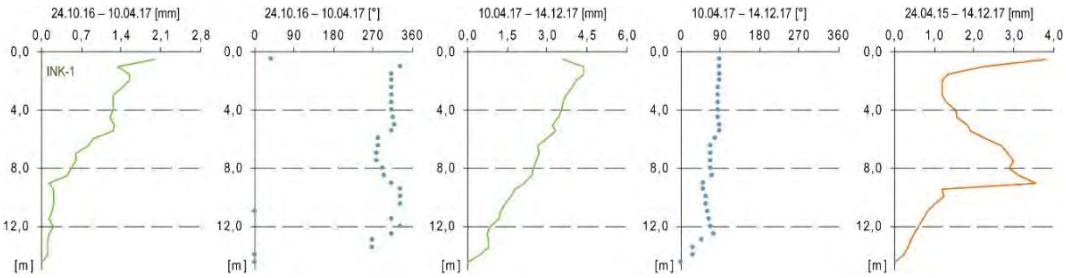
Obr. 4.10.1. Lokalita Svätý Anton – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.10.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m; vrty JSA-1 a 2 slúžia na monitorovanie režimových ukazovateľov); ohraničenie zosuvu podľa Laurenčíka a Sluku (2015 in Šimeková et al., 2015), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2017 došlo v porovnaní z rokom 2016 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. Vďaka výraznému odklonu od orientácie etapových prírastkov z predchádzajúceho obdobia, ktoré boli viac-menej v smere spádnice svahu, výsledná deformácia, za obdobie monitorovania na sledovanej šmykovej ploche dosahuje len 3,54 mm.

Tab. 4.10.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Svätý Anton v rokoch 2016 a 2017

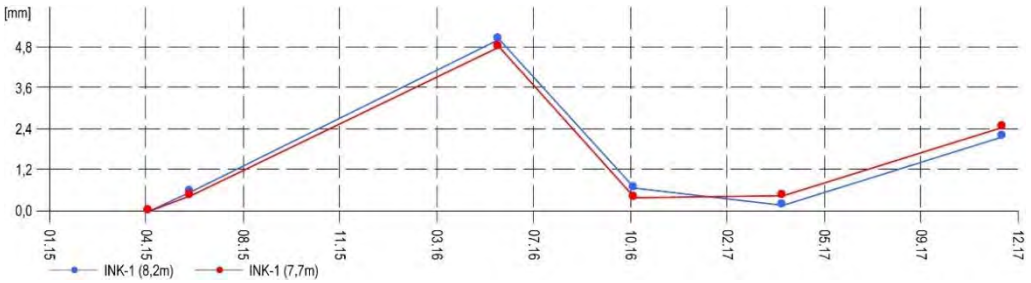
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	11. 6. 15 – 24. 5. 16			24. 5. 16 – 24. 10. 16			24.10.16 – 10. 4. 17			10. 4. 17 – 14. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	7,70	4,88	4,78	286	4,64	0,36	146	5,06	0,45	297	3,14	2,44	71
INK-1	8,20	4,98	5,00	286	4,71	0,63	162	4,82	0,14	315	3,54	2,14	53

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



Obr. 4.10.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach vo vrte INK-1 na lokalite Svätý Anton; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

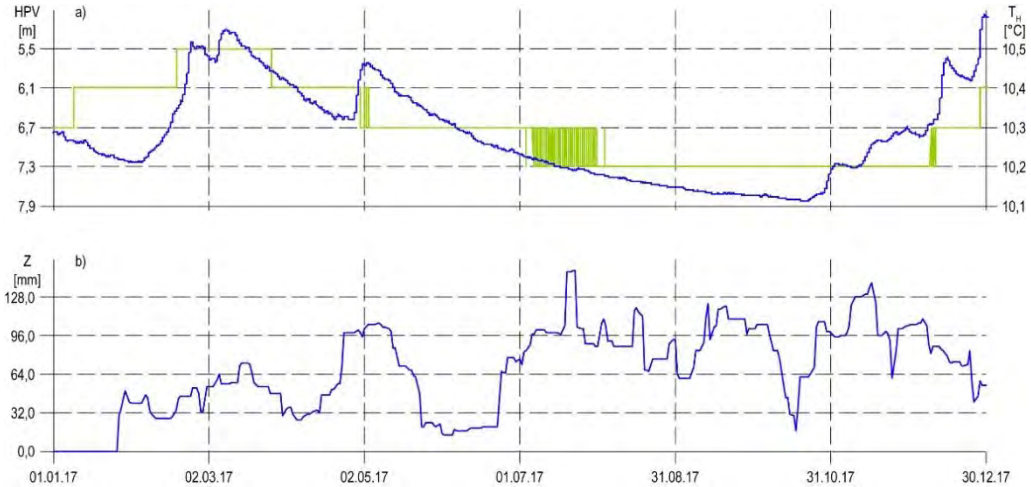
Z dlhodobejšieho hľadiska, prezentovaného na obr. 4.10.3 je vidieť, že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v prvej polovici roka 2016. Za relatívne stabilné možno považovať obdobie od jesene 2016 do jari 2017.



Obr. 4.10.3. Priebehy dlhodobých (2015 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Svätý Anton, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

b/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomermi

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. 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 6,31 m pod terénom, 2. kvartil 6,94 m pod terénom a 3. kvartil 7,42 m pod terénom.



Obr. 4.10.4. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Svätý Anton; a – automatický hladinomer vo vrte JSA-2 (modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Svätý Anton (indikatív 40280).

Tab. 4.10.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Svätý Anton v roku 2017

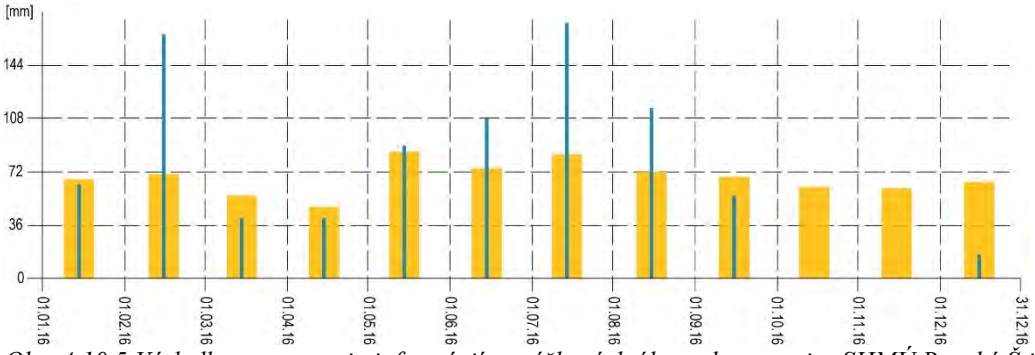
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JSA-2	8760	4,98	410,27	30. 12. 17	7,82	407,43	20. 10. 17	6,82	408,43	2,84

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.

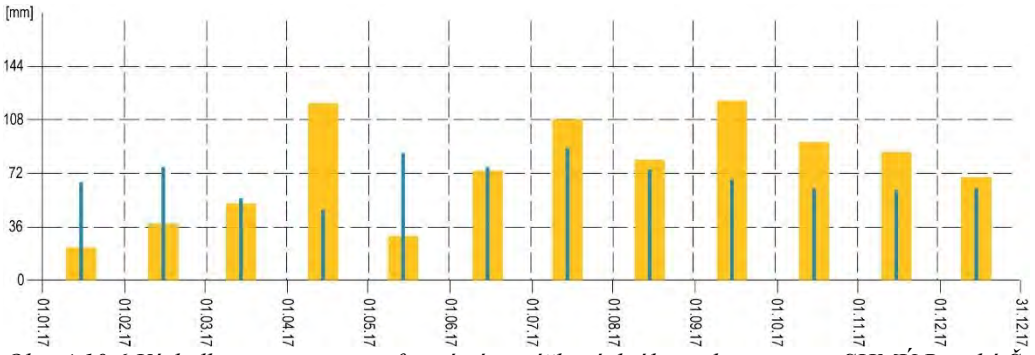
c/ Merania zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkach sú preberané zo stanice SHMÚ Banská Štiavnica s indikatívom 40260 (obr. 4.10.5 a 4.10.6). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od januára 2001 do decembra 2016 predstavuje 816,6 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1295,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 68,8 mm a maximálny mesačný úhrn 339,7 mm (február 2007).

V roku 2016 bol počas mesiacov október a november prerušený záznam údajov o zrážkových úhrnoch. Z tohto dôvodu nie je možné hodnotiť rok ako celok. Počas prvých deviatich mesiacov dosiahlo zrážkový úhrn 850,4 mm. Na stanici SHMÚ Banská Štiavnica dosahujú priemerné úhrny v rovnakom období 628,1 mm, teda úhrn za prvých deväť mesiacov roku 2016 predstavuje až 136,0 % dlhodobého priemeru. Najvyšší mesačný úhrn nameraný počas deväťmesačného obdobia (172,5 mm) bol zaznamenaný v júli. Najsuchším mesiacom bol marec so 40,4 mm zrážok (mimo hodnoteného obdobia bol ešte suchší december s 15,9 mm zrážok).



Obr. 4.10.5 Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260) v roku 2016 (modrá – mesačné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, oranžová – priemerné mesačné zrážkové úhrny za obdobie rokov 2001 až 2015).



Obr. 4.10.6 Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260) v roku 2017 (modrá – mesačné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, oranžová – priemerné mesačné zrážkové úhrny za obdobie rokov 2001 až 2016).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 893,7mm, čo zodpovedá 109,4 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas septembra (121,0 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 22,0 mm zrážok.

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 2017 vyplýva mierny pokles pohybovej aktivity (v porovnaní s rokom 2016). Potvrdzuje to predovšetkým jarné meranie, počas ktorého boli namerané najnižšie hodnoty etapových prírastkov deformácie. Druhým príznakom je skutočnosť, že orientácia vektorov, pôvodne smerujúcich na západ, sa počas posledných meraní postupne mení. Posledný vektor bol orientovaný na severovýchod, teda v opačnom smere ako je samotná spádnica svahu.

Údaje o hladine podzemnej vody, získané z meraní automatickým hladinomerom vo vrte JSA-2, vzhľadom na veľmi krátku dobu monitorovania, podávajú len základnú predstavu o vývoji najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora. Poukazujú na skutočnosť, že hladina podzemnej vody sa počas jarných mesiacov menila v závislosti od vývoja zrážkových úhrnov (pre komplexnejšiu analýzu by boli nevyhnutné i údaje o teplote); v letnom období mal význam zrážok pri doplňaní hladiny podzemnej vody minimálny efekt. Ich význam stúpol až na konci vegetačného obdobia, kedy bol zaznamenaný opätovný vzostup hladiny podzemnej vody.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality, ktorá súvisí s ohrozením významnej cestnej komunikácie, trasy plynovodu, vodovodu, elektrického vedenia, ale aj niekoľkých stavebných objektov, plánujeme v roku 2018 pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2017.

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 (Gomolčák et al., 2015) bol podrobný inžinierskogeologický prieskum (Bednarik et al., 2014).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

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

Tab. 4.11.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	2	IP-2, PS-Z1	3 *(17. marec, 24. máj, 24. október)*	2 *(10. apríl, 15. december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	PS-H1 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Žarnovica (indikatív 36340)	*Denné úhrny zrážok*	

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

a/ Inklinometrické merania

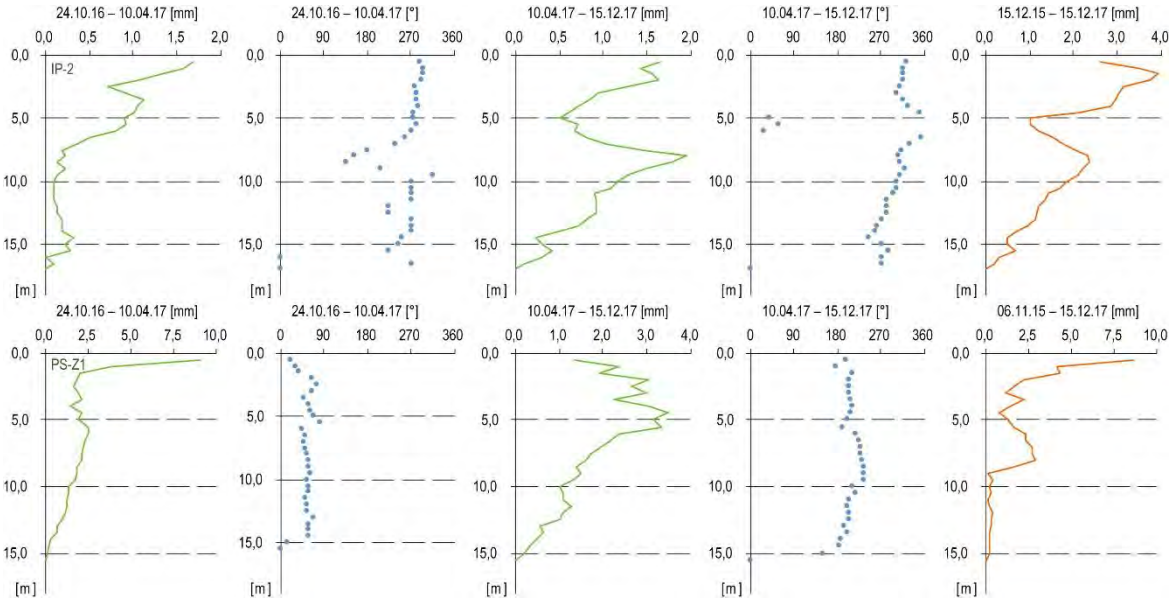
Na lokalite sa merania vykonávajú v dvoch funkčných vrtoch. Nulté merania boli vo vrtoch zabezpečené v roku 2015. V roku 2016 boli realizované tri etapy meraní. Najvyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas marcového kontrolného merania. V oboch vrtoch boli namerané maximálne deformácie za celé obdobie monitorovania. Vo vrte PS-Z1 bola v hĺbke 5,5 m od ústia pažnice nameraná deformácia 3,0 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 11,78 mm.rok^{-1}. Pomerne vysoká hodnota pohybovej aktivity bola nameraná aj vo vrte IP-2 (v hĺbke 4,0 m od ústia pažnice; 1,70 mm; 6,66 mm.rok^{-1}). Azimuty oboch vektorov boli orientované na severozápad. Počas nasledujúcich dvoch etáp meraní – máj a október bol v oboch vrtoch sledovaný postupný útlm pohybovej aktivity. Počas májového merania sa pohybová aktivita v sledovaných horizontoch pohybovala v intervale od 0,4 do 1,26 mm. Ešte priaznivejšia stabilitná situácia bola sledovaná počas októbra. Namerané vektory v jednotlivých horizontoch len ojedinele prekračovali 1 mm (tab. 4.11.2).

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.



Obr. 4.11.1. Lokalita Hodruša-Hámre – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.11.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Šimekovej a Martinčekovej et al. (2006); mapový podklad: ZBGIS®



Obr. 4.11.2. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Hodruša-Hámre (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

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;

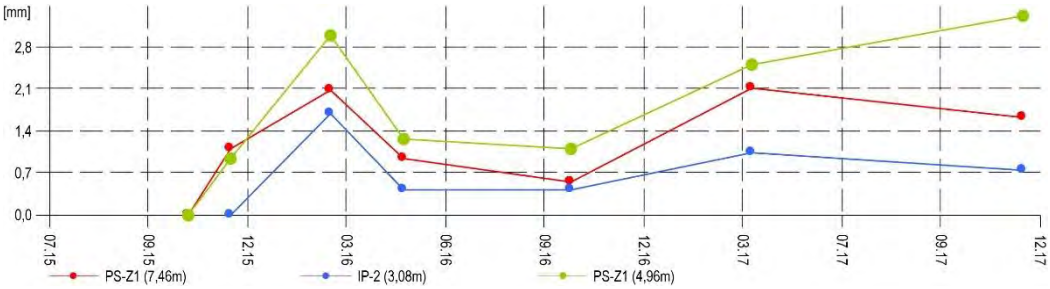
2,26 mm.rok^{-1}) s azimutom na západ až severozápad. Následne, počas druhej etapy klesol prírastok deformácie na 0,72 mm (1,06 mm.rok^{-1}) a jeho azimut bol orientovaný severozápadným smerom.

Tab. 4.11.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2016 a 2017

Bod	Hĺbka [m]	15. 12. 15 – 17. 3. 16			17. 3. 16 – 24. 5. 16			24. 5. 16 – 24. 10. 16			24. 10. 16 – 10. 4. 17			10. 4. 17 – 15. 12. 17		
		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 [°]
IP-2	3,08	1,70	1,70	316	1,44	0,40	91	1,36	0,41	77	2,13	1,04	288	2,84	0,72	327
IP-2	7,08	1,00	1,00	91	0,61	1,25	300	0,81	0,20	1	0,60	0,22	154	2,33	1,94	306
IP-2	13,08	0,58	0,58	32	0,20	0,42	226	0,30	0,10	1	0,36	0,20	271	0,73	0,51	260
PS-Z1	4,96	3,69	3,00	332	4,02	1,26	258	5,11	1,10	335	4,56	2,51	83	1,61	3,33	191
PS-Z1	7,46	3,00	2,09	347	2,21	0,94	208	2,59	0,54	38	4,14	2,11	55	2,86	1,61	233
PS-Z1	11,46	1,00	0,41	344	1,12	0,50	240	0,95	0,22	87	1,35	1,20	55	0,40	1,08	206

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; hĺbky nameraných vektorov sú uvádzané od ústia pažnice.

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. Priebehy dlhodobých (2015 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Hodruša-Hámre, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Hodruša-Hámre bol automatický hladinomer inštalovaný 19. novembra 2015 do vrtu PS-H1. V rokoch 2016 a 2017 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

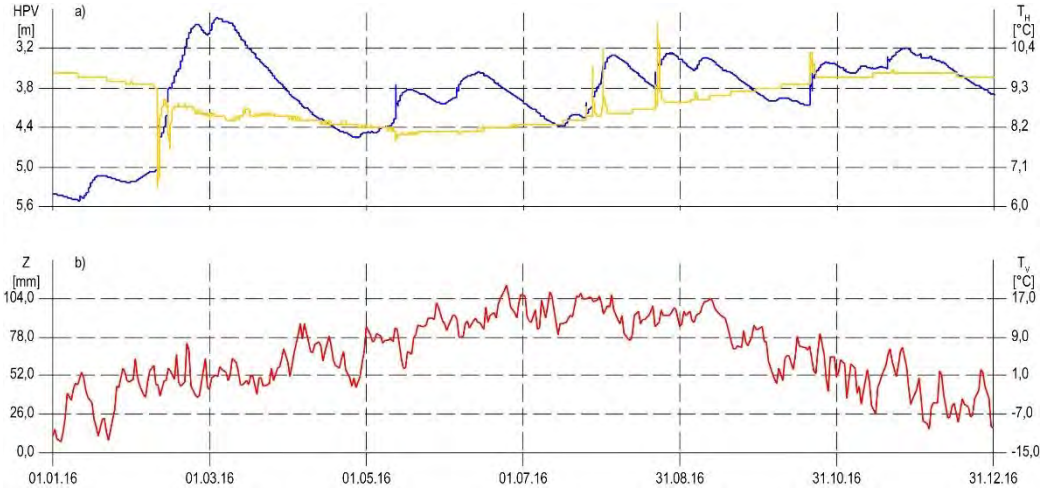
Tab. 4.11.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2016

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.]	
PS-H1	8784	2,73	527,47	4. 3. 16	5,51	524,69	10. 1. 16	3,89	526,31	2,78

V roku 2016, kedy sa začalo so systematickým monitorovaním, bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 2,73 m pod terénom (527,47 m n. m.; 4. marec; obr. 4.11.4). Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 5,51 m pod terénom (524,69 m n. m.) bola dosiahnutá 10. januára. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 3,89 m pod terénom (526,31 m n. m.). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,78 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,06 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,48 m (čo je až 17,27 %

celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Predstavu o vývoji zmien hladiny podzemnej vody počas hodnoteného roka dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartilu. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 3,46 m pod terénom, 2. kvartil 3,78 m pod terénom a 3. kvartil 4,21 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,1 °C počas 22. augusta, naopak, najnižšia teplota (6,5 °C) bola zaznamenaná 10. februára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,9 °C.



Obr. 4.11.4a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016, zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Hodruša-Hámre; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte PS-H1 (modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016; žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy), b – znázornenie dennej teploty vzduchu (T_V) na zrážkomernej stanici SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 11901).

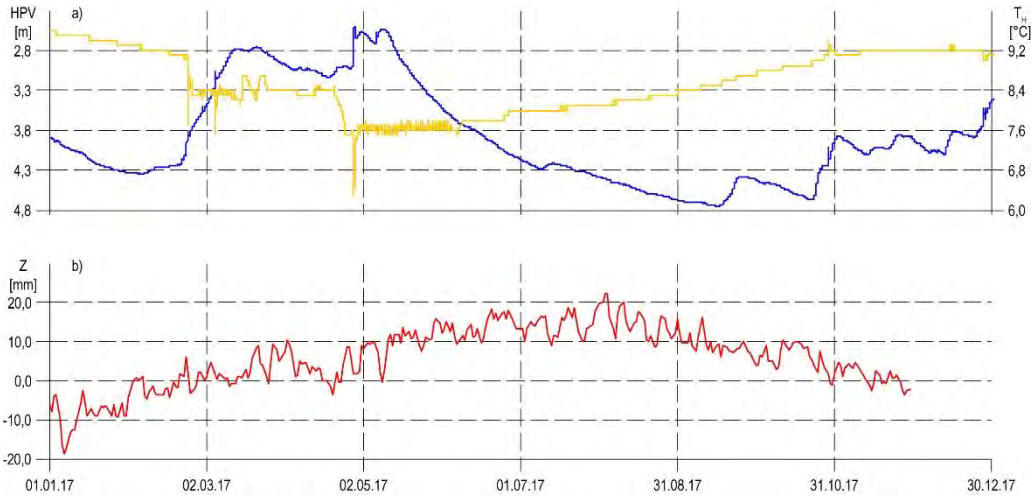
V roku 2017 sa pokračovalo s meraniami v rovnakom režime ako v predchádzajúcom roku. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 2,5 m pod terénom (527,70 m n. m.; 29. apríl). V porovnaní s predchádzajúcim rokom bola maximálna hladina podzemnej vody o 0,23 m vyššie ako v roku 2016. K jej dosiahnutiu došlo krátko po náhlom vzostupe hladiny podzemnej vody na konci apríla. Hladina však začala výraznejšie stúpať už v druhej polovici februára. Po dosiahnutých maximálnych stavoch začala hladina klesať. Najnižšie, do hĺbky 4,75 m pod terénom (525,45 m n. m.), sa dostala v polovici septembra. V zvyšnej časti roka hladina podzemnej vody mala vzostupný trend. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 3,90 m pod terénom (526,30m n. m.), čo je oproti roku 2016, len nepatrná zmena. Amplitúda ročných 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 (čo je 8,44 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,48 m pod terénom, 2. kvartil 4,06 m pod terénom a 3. kvartil 4,34 m pod terénom.

Tab. 4.11.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Hodruša-Hámre 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.]	
PS-H1	8760	2,50	527,70	29.04.17	4,75	525,45	15.09.17	3,90	526,30	2,25

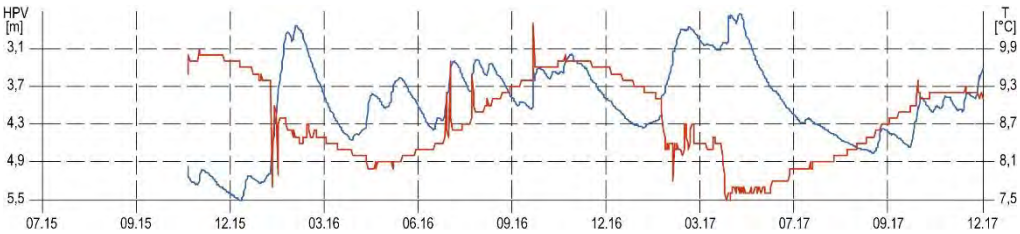
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,6 °C počas 1. januára, naopak, najnižšia teplota len 6,3 °C (29. apríla). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,7 °C.

Veľmi nízka teplota podzemnej vody v období maximálneho stavu naznačuje, že podzemná voda je viazaná na plytší zvodnený horizont, prípadne sa do vrtu dostávajú hypodermické vody.



Obr. 4.11.4b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017, zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Hodruša-Hámre; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte PS-H1 (modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017; žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy), b – znázornenie dennej teploty vzduchu (T_v) na zrážkomernej stanici SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 11901).

Hladinomer bol do vrtu osadený v druhej polovici novembra roku 2015. V období monitorovania bola maximálna hladina zaznamenaná v roku 2017 a minimálna na začiatku roka 2016. Ich hodnoty sú uvedené v tab. 4.11.3 a 4.11.4.



Obr. 4.11.5. Priebey dlhodobých (2008 – 2017) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickým hladinomerom na lokalite Hodruša-Hámre. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PS-H1 (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260; obr. 4.10.5 a 4.10.6). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Svätý Anton.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Hodruša-Hámre sú monitorovacie aktivity zabezpečované 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.

Merania metódou presnej inklinometrie priniesli obraz o pohybovej aktivite sledovaného územia, v ktorom v roku 2015 prebehli sanačné práce. V porovnaní s rokom 2016 došlo v oboch vrtoch k nárastu deformácie na sledovaných šmykových plochách. Najvyššie etapové

prírastky boli namerané vo vrte PS-Z1 v hĺbke 4,96 m pod terénom. Práve v tomto horizonte bola (v období od apríla do decembra) pozorovaná najvyššia etapová deformácie za celé monitorované obdobie. Celkovo je možné konštatovať, že inklinometrické merania v roku 2017 poukázali na postupnú aktivizáciu pohybovej aktivity.

Hladina podzemnej vody mala v priebehu zimného a čiastočne i jarného obdobia vzostupný charakter. Následne, počas druhej polovice jarného a letného obdobia postupne klesala. V jesennom období opäť začala mierne stúpať. V jarnom období boli náhle vzostupy hladiny podzemnej vody sprevádzané výraznými zmenami jej teploty. Teplota v týchto prípadoch klesala o viac ako 1 °C, a to v priebehu niekoľkých hodín. Naznačuje to, že hladiny podzemnej vody sú priamo dopĺňané povrchovými vodami (vody z topiaceho sa snehu). V roku 2017 bola nameraná i najvyššia úroveň hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie vodnej stavby) je i v roku 2018 plánované pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu ako v roku 2017.

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 – TP, medzištátny plynovod, 2 línie ropovodov, optické káble, telekomunikačné káble, vysokotlaková odbočka plynu pre obec Slanec), ako aj nadzemné elektrické vedenie. Vzhľadom na extrémnu preťaženosť 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 2016 a 2017

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2016 a 2017 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 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
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 *(3. február, 2. marec, 30. marec, 28. apríl, 31. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)*	10 *(9. február, 2. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. 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 *(3. február, 2. marec, 30. marec, 28. apríl, 31. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)*	10 *(9. február, 2. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Slanská Huta (indikatív 51160)	*Mesačné úhrny zrážok*	

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

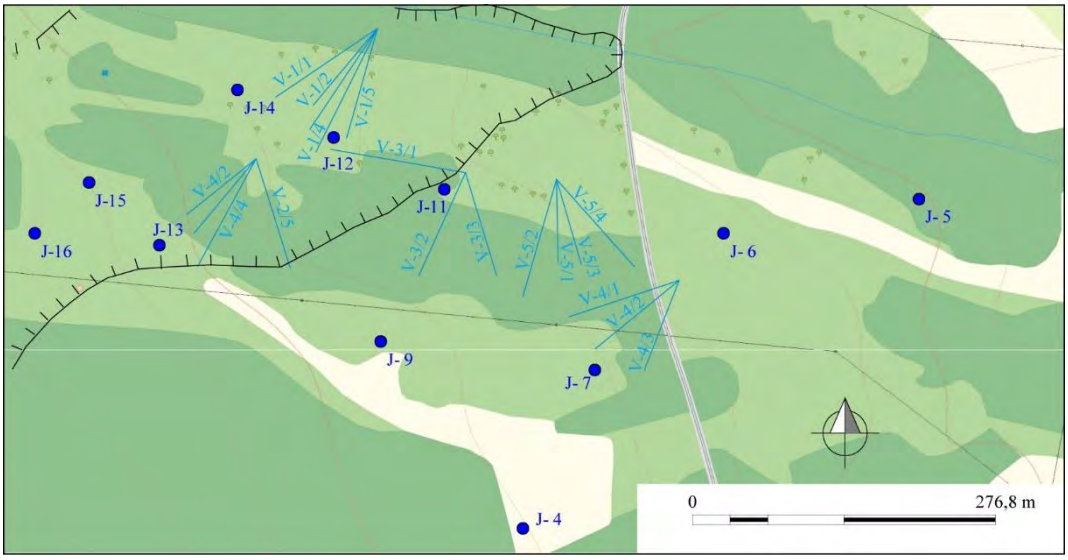
a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

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). V roku 2015 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (3. február – 27. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte J-11 (na úrovni terénu – preliv cez pažnicu vrtu; 324,98 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 2. marca. Nad terén vystúpila hladina podzemnej vody však až v 2 vrtoch (aj vo vrte J-16 v rovnakom termíne ako vo vrte J-11). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali

v intervale 0,00 až 9,46 m pod terénom (J-7). Vyskytovali sa od 2. marca (napr. vrt J-4) do 30. marca (napr. vrt J-5). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte J-7 (min. hladina podzemnej vody 11,99 m pod terénom bola nameraná dňa 29. septembra). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali prevažne 29. septembra, ojedinele však i 3. februára. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 5,73 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,36 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,95 (vrt J-11) do 11,26 m pod terénom (vrt J-7). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte J-14 (4,41 m).

Tab. 4.12.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2016

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-4	10	3,76	338,74	2. 3. 16	6,52	335,98	29. 9. 16	5,43	337,07	2,76
J-5	10	7,67	295,12	30. 3. 16	8,83	293,96	3. 2. 16	8,26	294,53	1,16
J-6	10	8,57	306,75	30. 3. 16	10,73	304,59	3. 2. 16	9,77	305,55	2,16
J-7	10	9,46	325,19	2. 3. 16	11,99	322,66	29. 9. 16	11,26	323,39	2,53
J-9	10	8,08	337,80	30. 3. 16	9,46	336,42	29. 9. 16	8,85	337,03	1,38
J-11	10	0,00	324,98	2. 3. 16	2,33	322,65	29. 9. 16	0,95	324,03	2,33
J-12	10	2,51	333,10	2. 3. 16	4,75	330,86	3. 2. 16	4,01	331,60	2,24
J-13	10	0,50	352,29	2. 3. 16	2,37	350,42	29. 9. 16	1,53	351,26	1,87
J-14	10	0,40	339,29	2. 3. 16	4,81	334,88	29. 9. 16	2,90	336,79	4,41
J-15	10	6,34	354,79	2. 3. 16	8,08	353,05	29. 9. 16	7,38	353,75	1,74
J-16	10	0,00	358,29	2. 3. 16	3,88	354,41	29. 9. 16	2,74	355,56	3,88



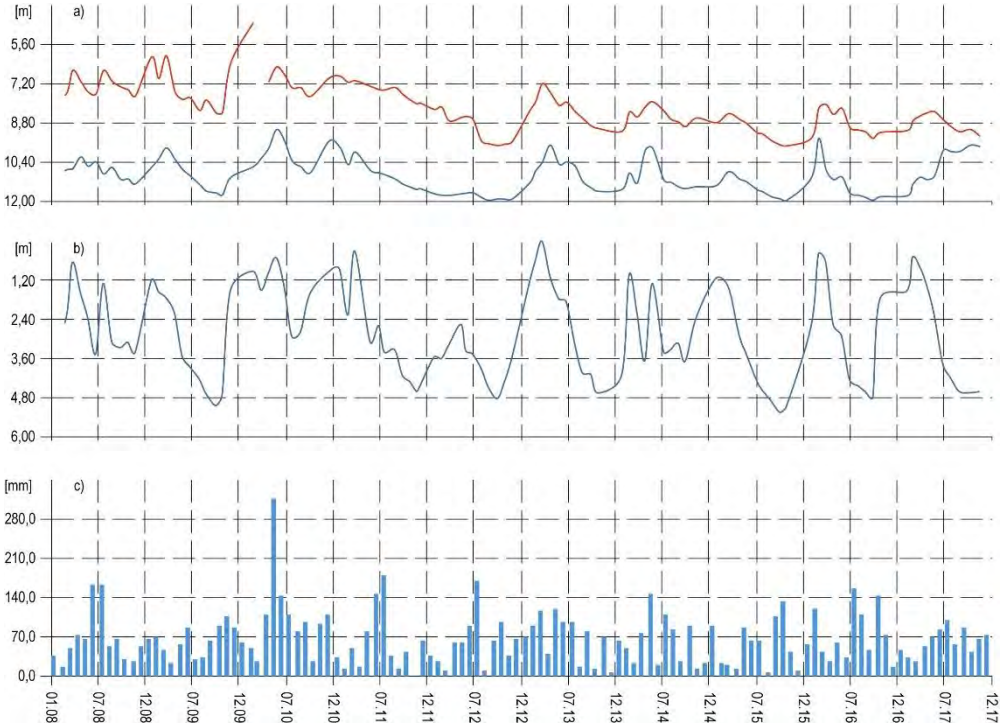
Obr. 4.12.1. Lokalita Slanec-TP – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v 11 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní. Monitorovacie merania sa vykonávali od 9. februára do 16. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola opätovne nameraná vo vrte J-11 (0,10 m pod terénom; 324,88 m n. m.), a to počas 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 začiatku marca (okrem už spomenutých vrtov, zaznamenaná bola aj vo vrtoch J-12 a J-15). Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte J-7. Minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 11,80 m pod terénom počas 9. februára. Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali prevažne v druhej polovici roka 2018, prevažne však počas mesiacov október a november. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2017 dosiahla hĺbku 5,63 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup

o 0,10 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,13 (vrt J-11) do 10,58 m pod terénom (vrt J-7). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo, podobne ako vlani, pozorované vo vrte J-14 (4,16 m). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.12.2.

Tab. 4.12.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP 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-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



Obr. 4.12.2. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Slanec-TP. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – J-7 (modrá) a J-9 (červená), b – J-14; c – mesačné úhrny zrážok zo stanice SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160).

Z dlhodobého hľadiska (v období 2008 až 2017 – obr. 4.12.2) 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 desať rokov dosahuje 11,08 m pod terénom).

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 bolo 2. a 4. stanovište značnú časť monitorovaného obdobia zaplavené vodou.

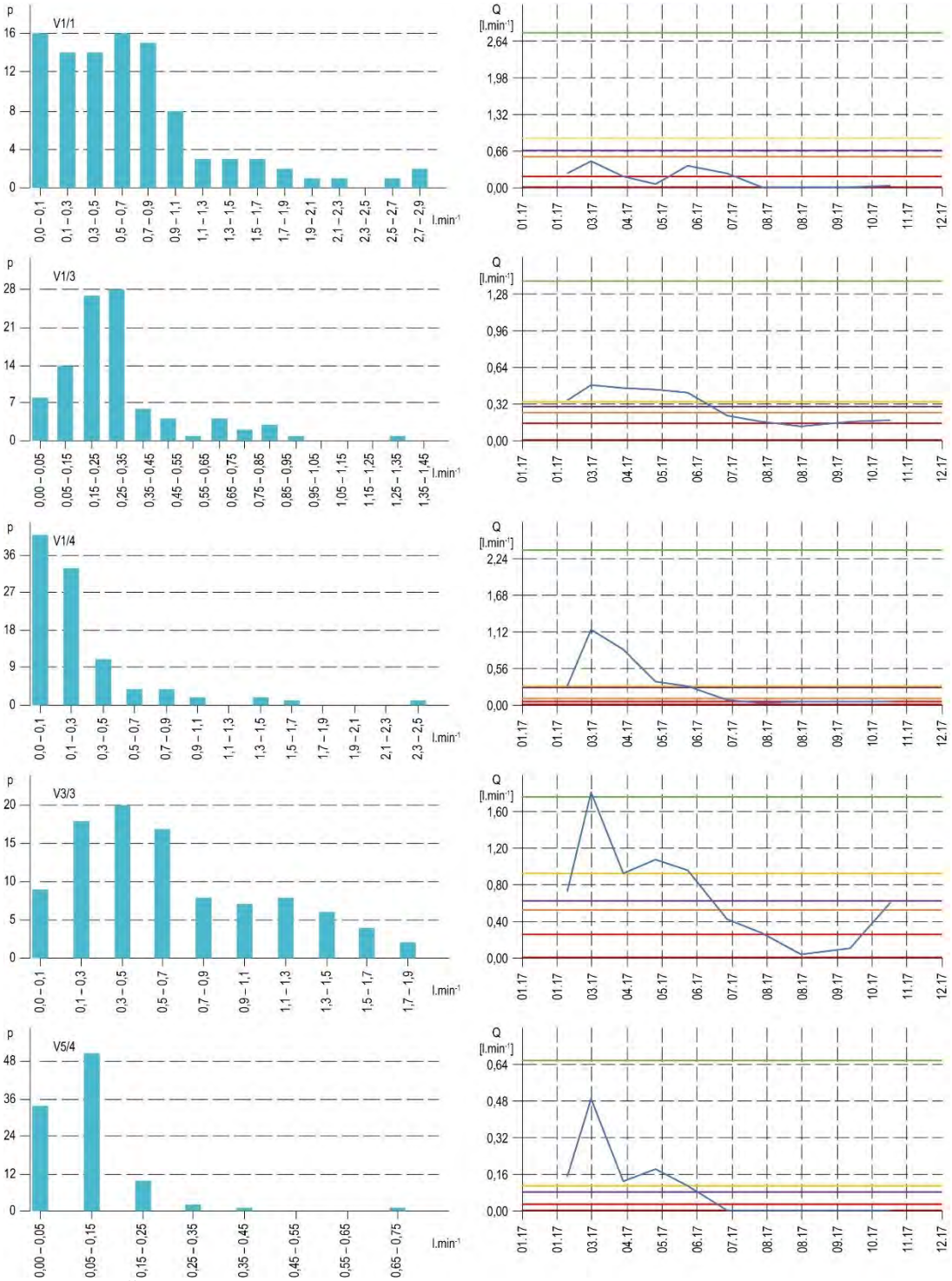
V roku 2016 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 3. februára do 27. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 2. marca na odvodňovacom vrte V5/2 (6,24 $l.min^{-1}$). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť – na úrovni kvapkania – nameraná 31. mája a priemerná výdatnosť v tomto vrte dosiahla 0,74 $l.min^{-1}$.

Tab. 4.12.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2016

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie
		[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	výdat. [$l.min^{-1}$]
V1/1	9	0,26	27. 10. 16	0,00	31. 5. 16	0,08	0,26
V1/2	9	0,75	27. 10. 16	0,03	3. 8. 16	0,29	0,72
V1/3	9	0,32	2. 3. 16	0,10	3. 8. 16	0,20	0,22
V1/4	9	1,03	2. 3. 16	0,03	3. 8. 16	0,20	1,00
V1/5	9	0,48	27. 10. 16	0,00	30. 3. 16	0,14	0,48
V2/1	9	6,00	30. 3. 16	0,30	3. 2. 16	Ústia odvodňovacích vrtov sa minimálne počas troch meraní nachádzali pod hladinou vody	
V2/2	9	2,01	30. 3. 16	0,00	1. 7. 16		
V2/3	9	0,50	30. 3. 16	0,20	3. 2. 16		
V2/4	9	4,00	30. 3. 16	0,06	1. 7. 16		
V2/5	9	0,04	30. 3. 16	0,00	3. 2. 16		
V3/1	9	1,54	2. 3. 16	0,00	29. 9. 16	0,59	1,54
V3/2	9	3,87	2. 3. 16	0,00	1. 7. 16	0,64	3,87
V3/3	9	1,02	28. 4. 16	0,00	1. 7. 16	0,44	1,02
V4/1	9	Ústia odvodňovacích vrtov sa nachádzali pod hladinou vody					
V4/2	9						
V4/3	9						
V5/1	9	3,45	2. 3. 16	0,00	3. 8. 16	0,47	3,45
V5/2	9	6,24	2. 3. 16	0,00	31. 5. 16	0,74	6,24
V5/3	9	2,64	2. 3. 16	0,00	29. 9. 16	0,30	2,64
V5/4	9	0,66	2. 3. 16	0,00	3. 8. 16	0,13	0,66

Tab. 4.12.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie
		[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	výdat. [$l.min^{-1}$]
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 deviatiach 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

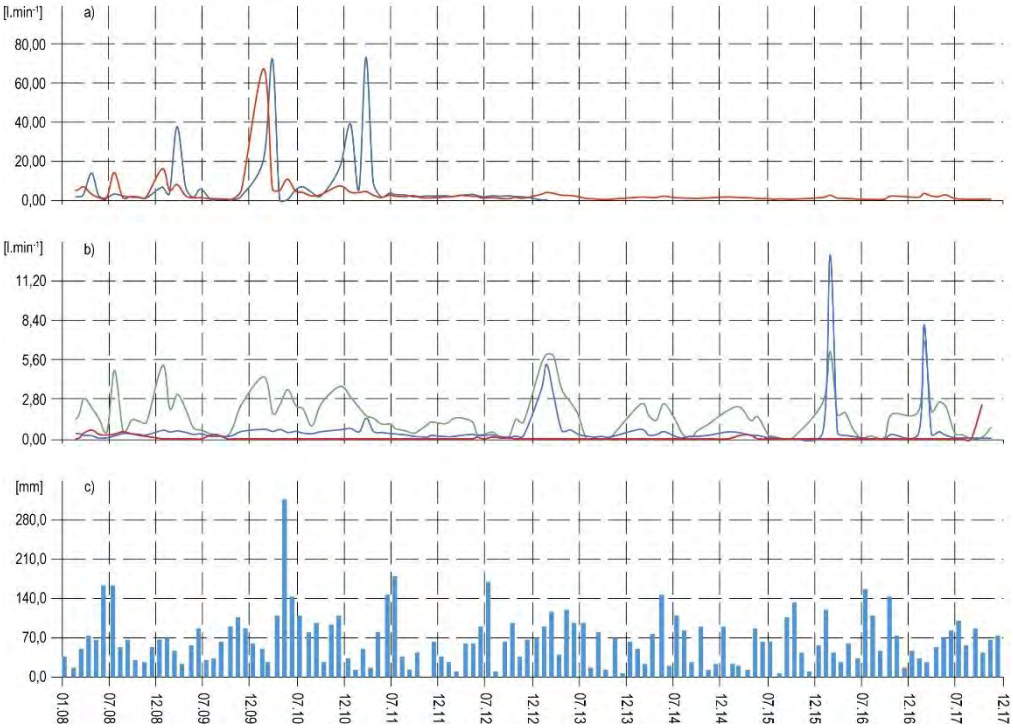


Obr. 4.12.3. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2007 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Slanec-TP. Analyzované obdobie (AO): január 2007 – október 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

Viacero vrtov bolo počas monitorovaného obdobia suchých, prípadne bolo zaznamenané len kvapkanie. Ide o vrty V1/1, V2/5, V3/1, V5/3 a V5/4. Minimálne priemerné výdatnosti boli namerané vo vrte V1/1 a V2/5 (v intervale od 0,01 do 0,08 $l.min^{-1}$). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 9,54 $l.min^{-1}$, čo je

v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2015 viac ako dvojnásobok. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte V5/2 (6,24 l.min^{-1}). Priebehy množstva odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení sú znázornené na obr. 4.12.4.

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. 4.12.3. Spoločná výdatnosť za dlhšie časové obdobie je spolu s kumulatívnymi zrážkami zobrazená na obr. 4.12.4.



Obr. 4.12.4. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Slanec-TP; a – spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení V1 (červená) a V2 (modrá), b – spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení V3 (zelená), V4 (červená) a V5 (modrá), c – znázornenie mesačných zrážkových úhrnov zo stanice SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160).

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}).

Ak hodnotíme jednotlivé odvodňovacie vrty vidíme, že v poslednom desaťročí prevládajú výdatnosti do 1,0 l.min^{-1}. Podobne je to i v súbore nameraných výdatností v rámci celej lokality. Počas monitorovaného obdobia boli 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 1,18 l.min^{-1}. O niečo nižšia priemerná výdatnosť bola

nameraná v šachtách V1 (0,59 l.min^{-1}) a V3 (0,52 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 však 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.

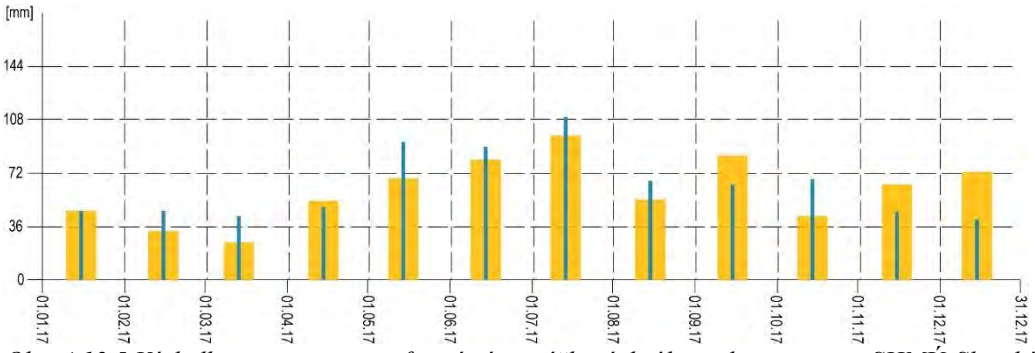
Dlhodobým problémom monitorovania výdatnosti odvodňovacích zariadení na tejto lokalite je, že viaceré vrty sú počas roka zaplavované vytekajúcou vodou z drenážnych zariadení. Vďaka tomuto stavu nie je možné sledovať množstvo odtekajúcej vody zo zosuvného územia, ale čo je ešte horšie, zaplavovaním zberných šácht, dochádza k znižovaniu účinnosti hĺbkového odvodnenia.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Slanská Huta s indikatívom 51160 (obr. 4.12.5). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od januára 2001 do decembra 2016 predstavuje 764,3 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1204,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 63,7 mm a maximálny mesačný úhrn 314,9 mm (máj 2010).

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 864,1 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (153,6 mm). Najsuchším mesiacom bol december so 16,6 mm zrážok.

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.



Obr. 4.12.5 Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160) v roku 2017 (modrá – mesačné úhrny atmosférických zrážok v roku 2017, oranžová – priemerné mesačné zrážkové úhrny za obdobie rokov 2001 až 2016).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Slanec sú monitorovacie aktivity zamerané výlučne na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Zároveň je sledovaná i efektívnosť sanačného opatrenia – meranie výdatnosti subhorizontálnych odvodňovacích vrtov. Analyzované sú tiež údaje o zrážkomernej stanice Slanská Huta.

V roku 2017, na základe získaných údajov a ich zhodnotenia je možné konštatovať, že v porovnaní s rokom 2016 bol nameraný mierny vzostup hladiny podzemnej vody. Zároveň došlo k poklesu hodnoty sumárnej priemernej výdatnosti odvodňovacích zariadení. V tejto súvislosti je potrebné uviesť, že v roku 2017 bol pozorovaný podstatne nižší úhrn zrážok ako

v predchádzajúcom roku. Rozdiel zrážok je až 139,4 mm. Z uvedených výsledkov vyplýva, že odvodňovacie zariadenia reagovali na pokles zrážkového úhrnu.

Vzhľadom na mimoriadne riziko spojené s potenciálnym pretrhnutím predovšetkým tranzitného plynovodu alebo ropovodu treba zdôrazniť naliehavú potrebu komplexnej sanácie celého zosuvného územia (svahov po oboch stranách miestneho potoka). Jej realizácia by si vyžiadala združené investície subjektov – vlastníkov či prevádzkovateľov všetkých produktovodov a inžinierskych sietí (diaľkového a optického kábla). V roku 2018 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2017.

1.4.13. Lokalita Dolná Mičiná

Stručná charakteristika lokality

Zosuvné územie sa nachádza na severnom okraji obce Dolná Mičiná, približne 10 km južne od Banskej Bystrice. V súvislosti s aktivizáciou zosuvu bol v roku 1995 v území realizovaný inžinierskogeologický prieskum (Jadroň et al., 1998) a v lete o rok neskôr rozsiahla sanácia svahu (prísypy, zárubný a oporný múr). Súčasťou geologických a sanačných prác bolo vybudovanie siete monitorovacích objektov, na ktorej sa monitoring uskutočňuje prakticky od začiatku geologických prác (jar 1995). Detailnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu Jadroň et al. (1998), ako aj správ z nasledujúcich rokov (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Dolná Mičiná, sú zhrnuté v tab. 4.13.1.

Tab. 4.13.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Dolná Mičiná v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	JM-6 automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Bystrica (indikatív 34300)	*Denné úhrny zrážok*	

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

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Dolná Mičiná sú automatickými hladinomermi zabezpečované merania v 1 vrte (JM-6). Počas hodnotených rokov 2016 a 2017 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

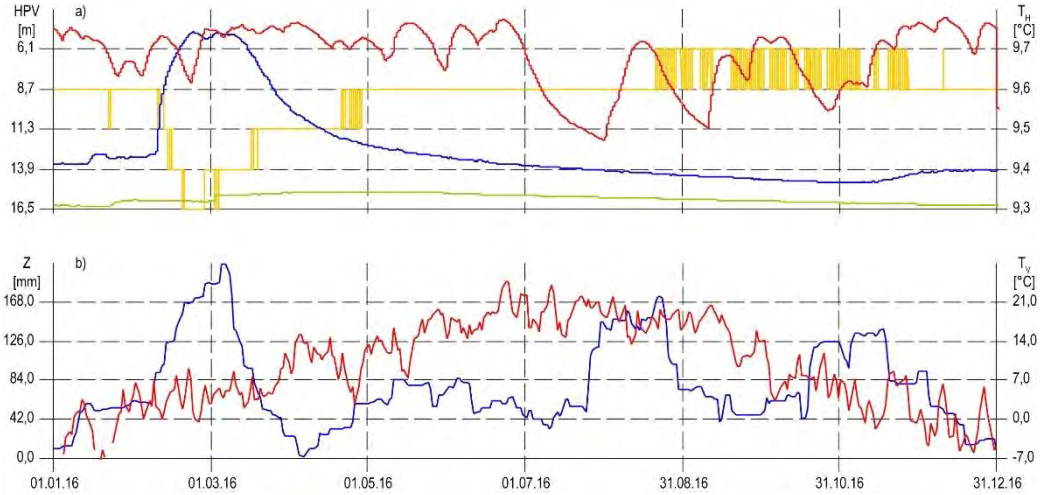
Tab. 4.13.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Dolná Mičiná v roku 2016

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	8784	4,97	407,92	23. 2. 16	14,80	398,09	3. 11. 16	12,66	400,23	9,83

V roku 2016 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 4,97 m pod terénom (407,92 m n. m.; 23. február), čo je prakticky totožná hĺbka ako v predchádzajúcom rokom. Približne na tejto úrovni sa hladina podzemnej vody udržala do prvej polovice marca. Následne došlo k jej výraznému zostupu. Od mája do konca októbra pokračoval pokles hladiny podzemnej vody, ale jeho charakter sa zásadne zmenil (obr. 4.13.1). V tomto období boli v území zaznamenané viaceré významnejšie zrážkové udalosti, avšak na priebeh hladiny podzemnej vody nemali žiadny dosah. Je možné predpokladať, že dopadnuté zrážkové vody boli v plnom rozsahu „spotrebované“ pri evapotranspirácii a povrchovom (podpovrchovom) odtoku. Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 14,80 m (398,09 m n. m.) bola

dosiahnutá 3. novembra (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,52 m). Následne, vplyvom jesenných výdatných zrážok došlo k miernemu vzostupu hladiny podzemnej vody. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 12,66 m pod terénom (400,23 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,98 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 9,83 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,08 m. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,19 m (1,93 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 12,61 m pod terénom, 2. kvartil 13,65 m pod terénom a 3. kvartil 14,26 m pod terénom.

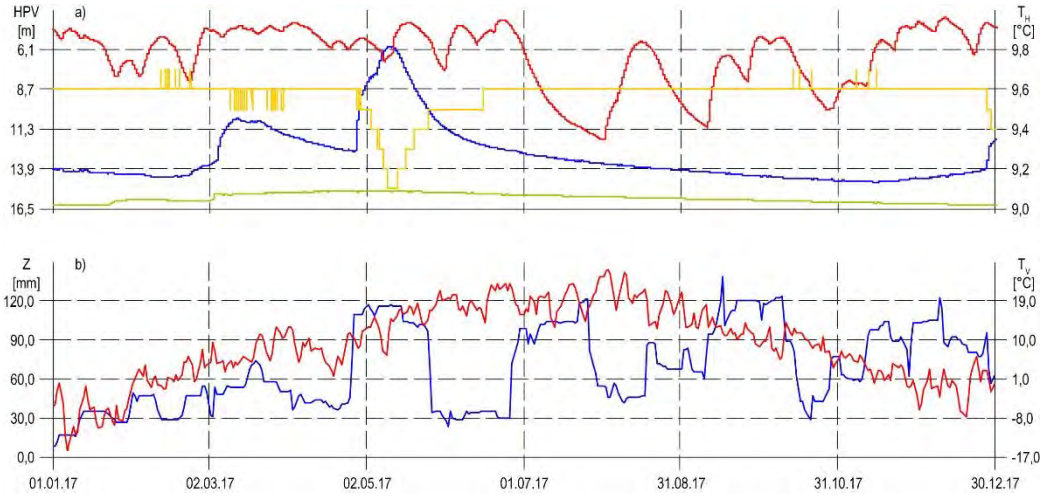
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,7 °C počas 21. augusta, naopak, najnižšia teplota (9,4 °C) bola zaznamenaná 20. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,0 °C.



Obr. 4.13.1a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Dolná Mičiná. a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte JM-6 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300).

V roku 2017 sa pokračovalo v rovnakom režime ako v predchádzajúcom roku. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 5,91 m pod terénom (406,98 m n. m.; 12. máj), čo je v porovnaní z rokom 2016 pokles o 0,94 m. Nameraný vzostup hladiny z konca apríla, počas ktorého bola dosiahnutá maximálna hladina podzemnej vody, bol spojený so zrážkami s relatívne vysokou intenzitou. Počas 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 otepľovanie a s tým spojené topenie sa snehovej pokrývky. Od polovice mája až do polovice novembra dochádzalo, v dôsledku zrážkového deficitu, k postupnému poklesu hladiny podzemnej vody. Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 14,79 m (399,83 m n. m.) bola dosiahnutá 14. novembra. Oproti roku 2016 ide o nepatrnú zmenu. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 13,06 m pod terénom (399,83 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,40 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 8,88 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,10 m za deň, čím 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 ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 12,35 m pod terénom, 2. kvartil 13,89 m pod terénom a 3. kvartil 14,35 m pod terénom.

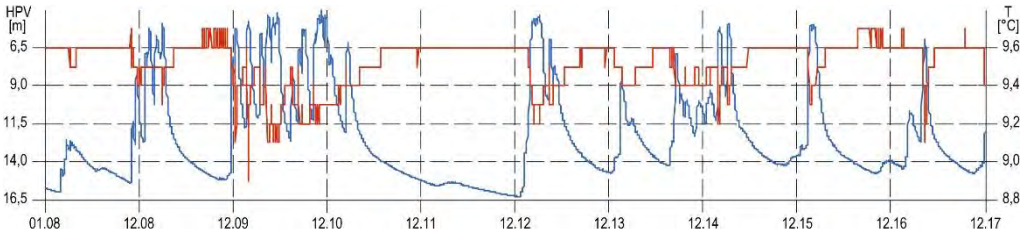


Obr. 4.13.1b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Dolná Mičiná. a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte JM-6 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300).

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,7 °C počas 12. februára, naopak, najnižšia teplota (9,1 °C) bola zaznamenaná 10. mája. Priemerná teplota v hodnotenom roku predstavovala 9,59 °C.

Tab. 4.13.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Dolná Mičiná 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.]	
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. Priebehy dlhodobých (2008 – 2017) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickým hladinomerom na lokalite Dolná Mičiná. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JM-6 (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

Pri hodnotení posledného desaťročia je možné sledovať pravidelný cyklus zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorý odráža sezónne zmeny. 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.

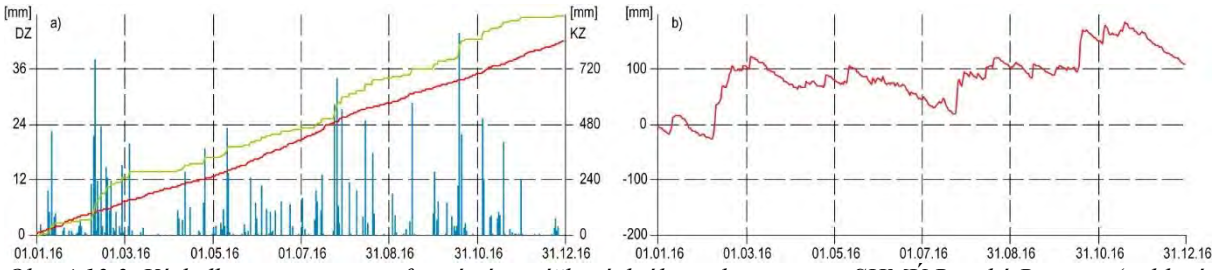
Maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná 12. decembra 2010 s hĺbkou 4,02 m pod terénom (obr. 4.13.2). Ide o najvyššiu úroveň hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia. Opačným príkladom je rok 2012, ktorý je možné vyhodnotiť ako najsuchší – s najnižšou priemernou úrovňou hladiny podzemnej vody.

b/ Merania zrážkových úhrnov

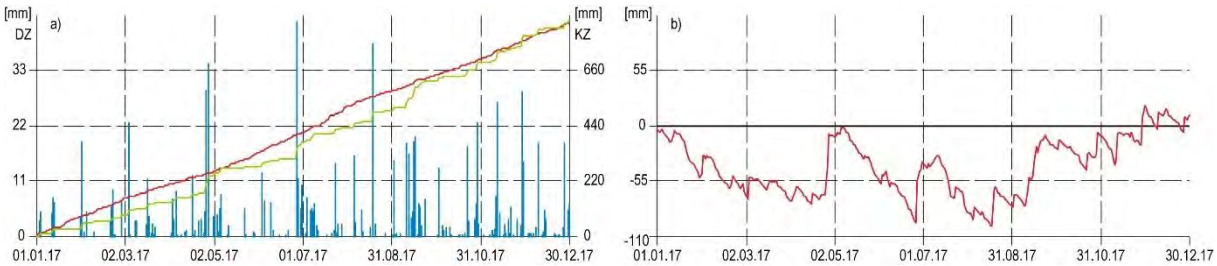
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Banská Bystrica s indikatívom 34300 (obr. 4.13.3 a 4.13.3). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2000 do 31. decembra 2016 predstavuje 860,0 mm a maximálny ročný úhrn v tomto 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 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 949,5 mm. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas februára (184,4 mm) a najvyšší denný úhrn 20. októbra (43,7 mm). Najsuchším mesiacom bol december s 21,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 7. februára do 8. marca (209,0 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 najvyšší 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) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 2. decembra 2016 do 1. januára 2017), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 8,6 mm.



Obr. 4.13.3. 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 2016, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2000 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.



Obr. 4.13.4. 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.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Dolná Mičiná sú monitorovacie aktivity zamerané výlučne na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Zo zabezpečených meraní (automatickým hladinomerom) máme v roku 2017 obraz o vývoji hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte JM-6. Zároveň boli spracované a vyhodnotené údaje zo stanice SHMÚ v Banskej Bystrici (s indikatívom 34300). Z výsledkov vyplýva, že na konci zimného obdobia, ale tiež i v období jarných mesiacoch došlo k zhoršeniu stabilitných pomerov. Tento stav súvisí so zvýšenými úhrnmi zrážok. Naopak, v letnom a jesennom období sa hladina podzemnej vody nachádzala pomerne hlboko pod terénom, a to i napriek výdatným zrážkovým úhrnom v letnom období.

V roku 2018 vzhľadom na súčasný stav monitorovacej siete plánujeme pokračovať v zbere a analýze údajov z automatického hladinomera, situovaného vo vrte JM-6 a klimatických ukazovateľov zo stanice SHMÚ Banská Bystrica.

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 2016 a 2017

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 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.14.1.

Tab. 4.14.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	4	JV-1A, JV-2A, JV-3A, JV-4A	3 *(5. apríl, 19. august, 13. december)*	2 *(2. máj, 8. december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	4	JV-1, JV-2, JV-3[1], JV-4	10 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
	1	JV-3[1] – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prešov-planetárium (indikatív 59160)	*Denné úhrny zrážok*	

[1] *– merania sú od 10. novembra 2016 zabezpečované automatickým hladinomerom*

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

a/ Inklinometrické merania

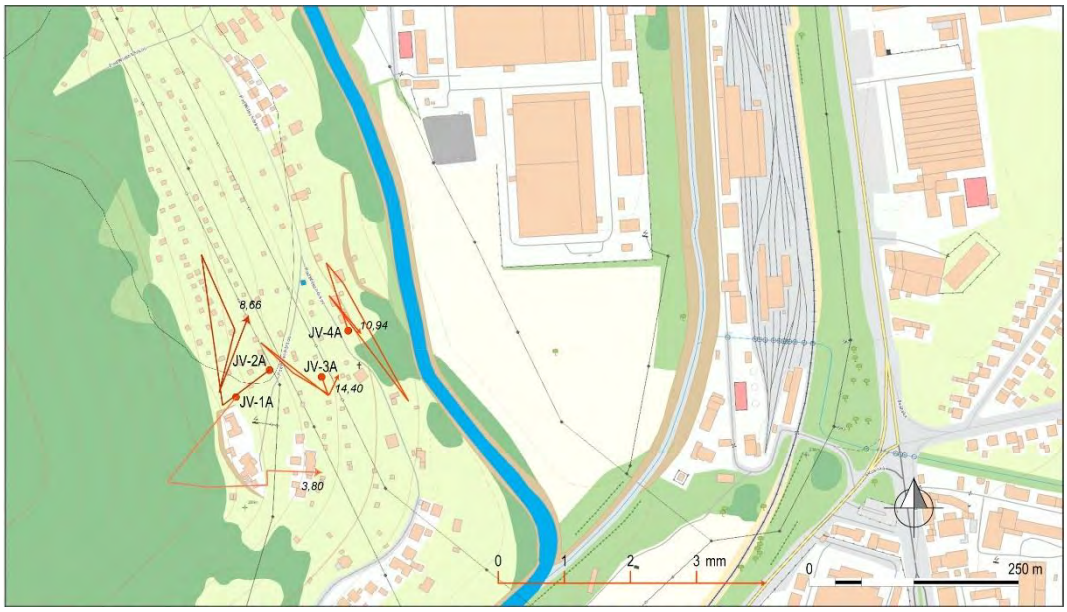
Inklinometrické merania sa na lokalite realizujú v štyroch inklinometrických vrtoch (JV-1A, 2A, 3A a 4A – obr. 4.14.1), ktoré sú situované do profilu a zachytávajú pohybovú aktivitu v najjužnejšej časti rozsiahlej svahovej deformácie.

V roku 2016 boli zabezpečené tri etapy meraní; počas jari, leta a na konci jesenného obdobia. Najvyššie hodnoty boli dosiahnuté v letnom období vo vrte JV-2A, a to vo všetkých sledovaných horizontoch. V hĺbke 11,66 m pod terénom sa začal zreteľne rysovať priebeh šmykovej plochy (obr. 4.14.2). Počas obdobia od začiatku apríla do druhej polovice augusta došlo v tomto horizonte k deformácii 2,22 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 5,96 mm.rok^{-1}. Počas jesenného merania bola v opisovanom horizonte nameraná deformácia 1,1 mm (3,48 mm.rok^{-1}). Výsledná dlhodobá deformácia za obdobie od 4. decembra 2014 do

13. decembra 2016 dosiahla však len 0,61 mm, a teda i výsledná priemerná rýchlosť deformácie je len 0,30 mm.rok^{-1}. Spôsobené je to tým, že počas jednotlivých etapových meraní boli azimuty vektorov výrazne protichodné. I počas roka 2016 sa azimuty menili od juhozápadu cez sever až na juho-juhovýchod. Táto skutočnosť vnáša istú neistotu do interpretácie nameraných výsledkov.

Počas jesenného merania bola deformácia presahujúca 2 mm nameraná i v prípade vrtu JV-4A. V hĺbke 10,94 m pod terénom bola nameraná deformácia 2,04 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 6,42 mm.rok^{-1}. Vektor mal nameraného juho-juhovýchodný azimut.

Na základe nameraných hodnôt v monitorovaných vrtoch v sledovaných horizontoch možno vo všeobecnosti konštatovať, že počas letného a jesenného merania prevládali vektory s východným až juhovýchodným azimutom. Počas jarného obdobia to boli zas vektory s orientáciou na juhozápad až severozápad. Do tohto rámca nezapadá už spomínaný vrt JV-2A.



Obr. 4.14.1. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrkou – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.14.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.14.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v rokoch 2016 a 2017

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	09.11.15 – 05.04.16			05.04.16 – 19.08.16			19.08.16 – 13.12.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
JV-1A	3,80	3,86	1,65	219	4,39	0,63	97	5,23	0,89	88
JV-1A	9,80	3,83	0,94	237	4,00	0,63	97	4,39	0,85	94
JV-1A	12,80	1,20	0,99	250	1,00	0,20	115	0,71	0,64	76
JV-2A	8,66	1,10	0,89	233	3,41	2,30	352	2,26	1,24	156
JV-2A	9,66	0,10	0,81	230	2,31	2,30	348	1,14	1,30	147
JV-2A	11,66	0,58	0,85	239	1,70	2,22	358	0,61	1,10	165
JV-3A	14,40	0,10	0,30	160	1,36	1,30	308	0,71	0,67	133
JV-4A	10,94	3,95	1,08	342	4,03	0,40	140	4,61	2,04	151

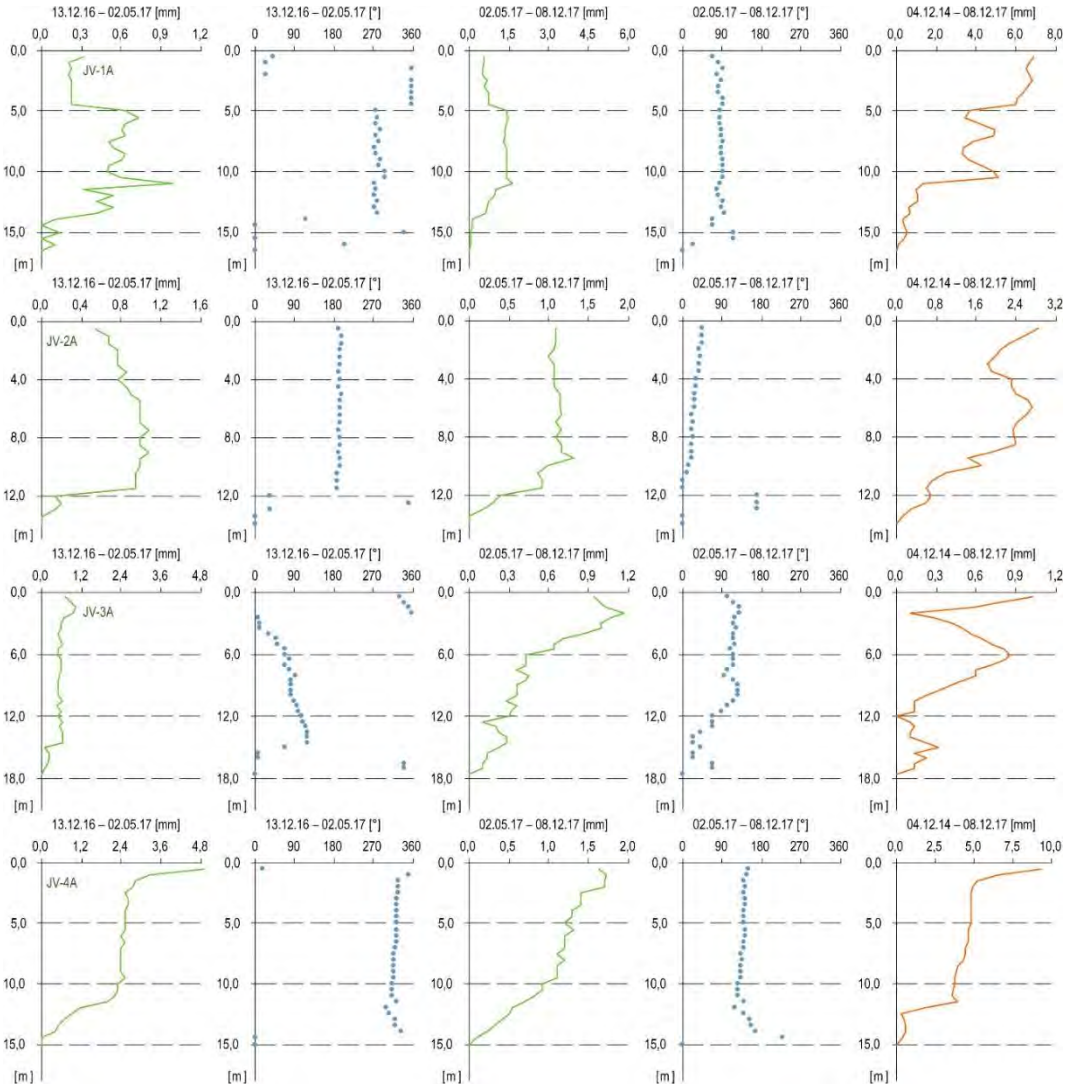
V roku 2017 boli zabezpečené dve etapy meraní (jar a neskorá jeseň). Počas prvej etapy, ktorá trvala od decembra 2016 do mája 2017, boli najvýznamnejšie prírastky deformácie namerané vo vrte JV-4A v sledovanej hĺbke 10,94 m pod terénom (2,0 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 5,21 mm.rok^{-1}). Orientácia 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).

Pokračovanie tab. 4.14.2.

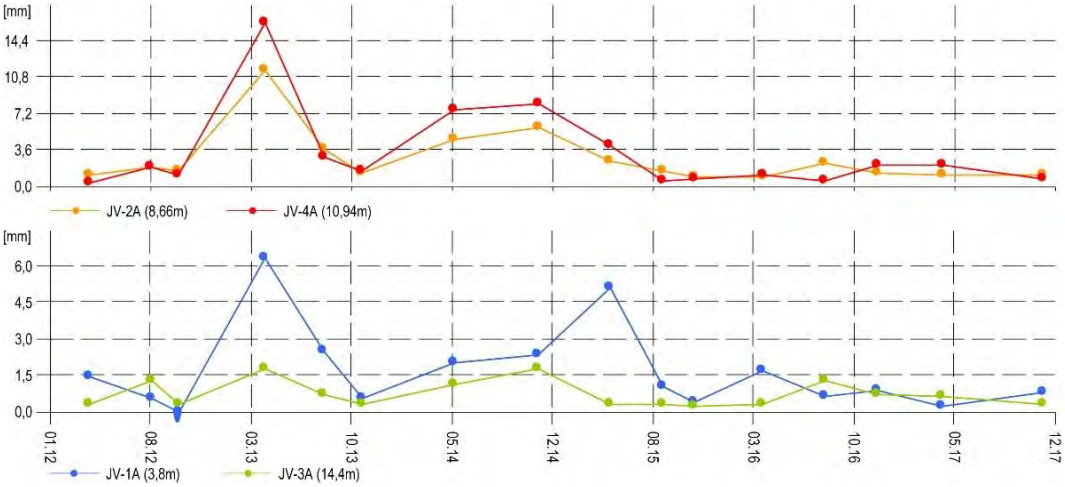
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	13. 12. 16 –2. 5. 17			2. 5. 17 – 8. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
JV-1A	3,80	5,31	0,22	358	6,01	0,76	92
JV-1A	9,80	4,31	0,60	295	5,06	1,39	94
JV-1A	12,80	0,98	0,41	281	0,67	0,63	97
JV-2A	8,66	1,30	0,98	194	2,40	1,17	21
JV-2A	9,66	0,22	0,98	194	1,43	1,30	22
JV-2A	11,66	0,36	0,95	188	0,60	0,92	3
JV-3A	14,40	0,10	0,64	121	0,22	0,28	25
JV-4A	10,94	3,74	2,00	323	3,98	0,70	140

CD – celková deformácia od nultého merania (4. 12. 14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.14.2. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

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 ešte i vo vrte JV-2 (v hĺbke 9,66 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 1,3 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 2,16 mm.rok^{-1}). Azimuty vektorov zaznamenaných v jednotlivých vrtoch počas oboch meracích etáp naznačujú, že v súčasnosti došlo k relatívnemu upokojeniu pohybovej aktivity v tomto území. Časté zmeny v ich orientácii spôsobujú, že výsledné deformácie na sledovaných šmykových plochách majú pomerne nízke hodnoty. Najvyššia výsledná deformácia je vo vrte JV-1A (v hĺbke 3,8 m pod terénom) s hodnotou 6,01 mm (2,02 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.14.3. Priebehy dlhodobých (2012 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

Z dlhodobého hľadiska je možné za najaktívnejšie obdobie považovať jarnú etapu 2013 (október 2012 – apríl 2013), kedy na väčšine šmykových plôch boli namerané najväčšie deformácie inklinometrickej pažnice za monitorované obdobie (obr. 4.14.3). Od polovice roku 2015 je možné v území sledovať pomerne výrazný pokles pohybovej aktivity. Namerané etapové vektory len vzácne prekračujú hodnotu 1,5 mm.

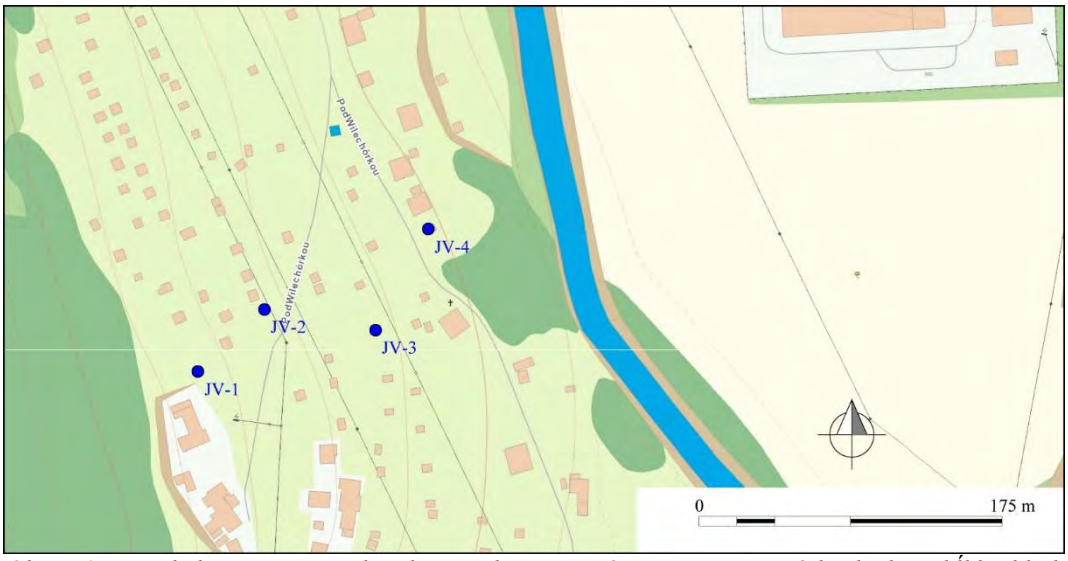
b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 4 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). V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa vykonávali v období 2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte JV-3 (3,12 m pod terénom – 261,97 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 3,12 až 9,77 m pod terénom (JV-1) a vo všetkých vrtoch sa vyskytovali počas jedného termínu. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte JV-1 (min. hladina podzemnej vody 10,66 m pod terénom bola nameraná dňa 27. júna).

Minimálne hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch vyskytovali v rôznych termínoch, a to od 2. februára do 26. októbra. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 6,71 m pod terénom, čo je oproti roku 2015 nepatrná zmena (pokles o 0,08 m). Priemerné hĺbky v monitorovaných vrtoch sa pohybovali v rozsahu od 4,28

(vrt JV-3) do 10,28 m pod terénom (vrt JV-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JV-4 (3,48 m).



Obr. 4.14.4. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrkou – situácia monitorovacích objektov hĺbky hladiny podzemnej vody; ohraničenie zosuvov podľa Tupý et al. (2011b); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.14.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v roku 2016

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	9,77	279,79	30.05.16	10,66	278,90	27.06.16	10,28	279,29	0,89
JV-2	10	3,42	271,35	30.05.16	4,75	270,02	26.10.16	4,30	270,47	1,33
JV-3	10	3,12	261,97	30.05.16	5,33	259,76	28.09.16	4,28	260,81	2,21
JV-4	10	6,56	248,93	30.05.16	10,04	245,45	02.02.16	8,00	247,49	3,48

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v 4 vrtoch a 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.

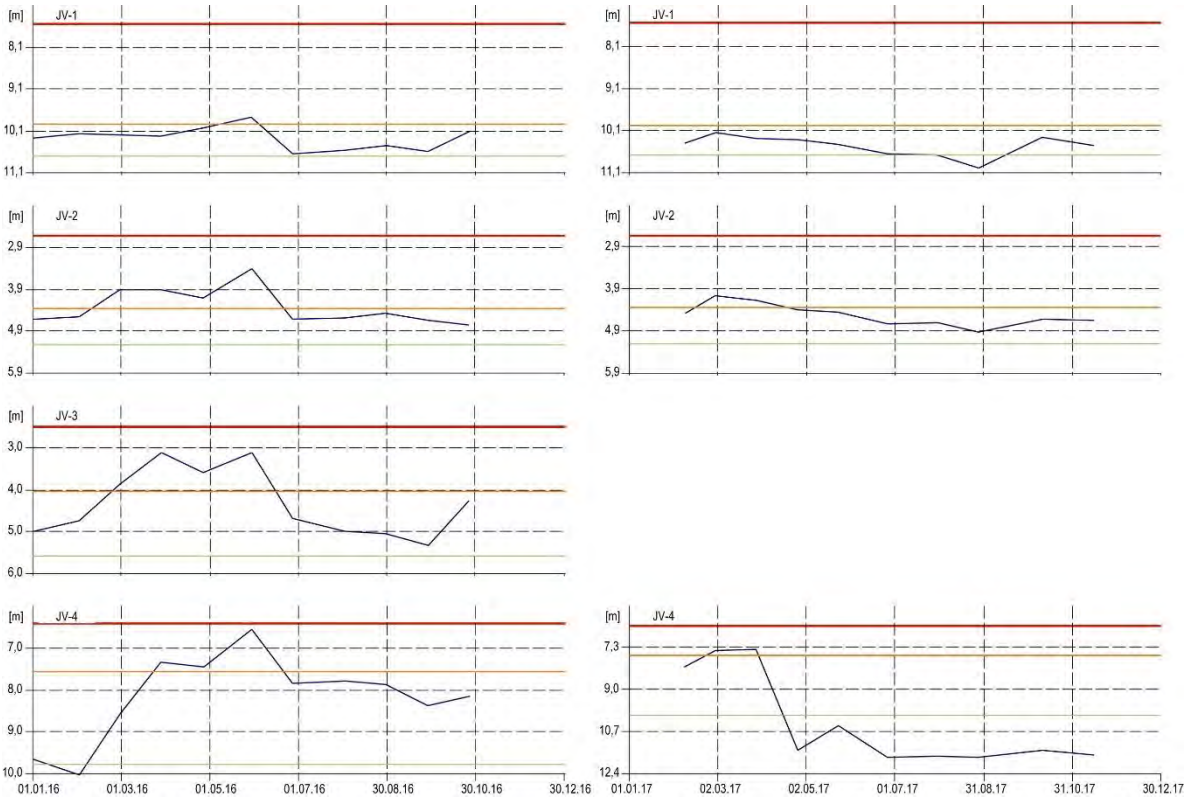
Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2017 dosiahla hĺbku 7,34 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles až o 0,72 m. Priemerné hĺbky sa v monitorovaných vrtoch pohybovali v rozsahu od 4,41 (vrt JV-3) do 10,48 m pod terénom (vrt JV-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JV-4 (4,4 m).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2016 a 2017, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené

na obr. 4.14.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.14.6.

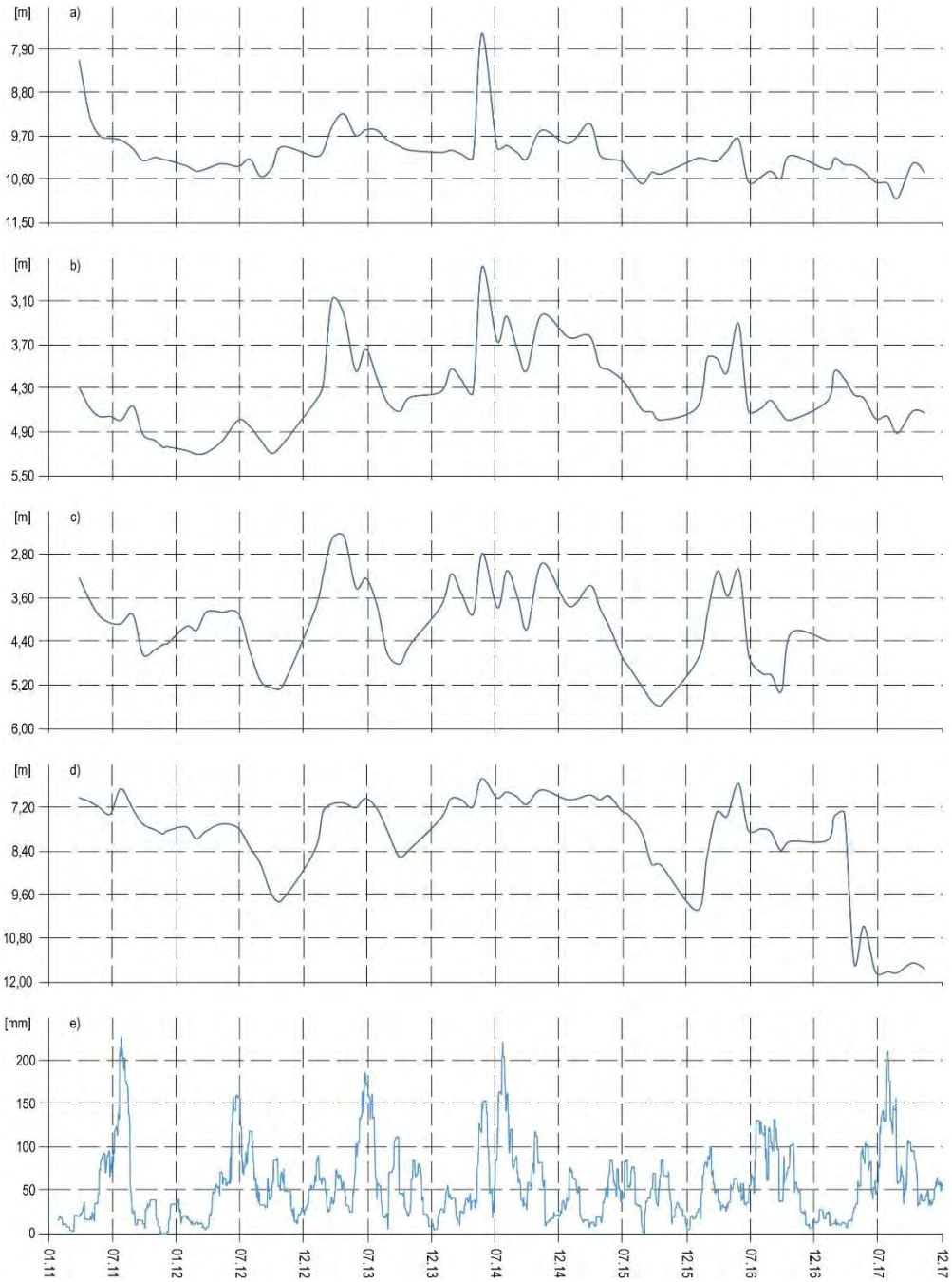
Tab. 4.14.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v roku 2017

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-3	10	4,41	260,68	08.02.17	4,41	260,68	08.02.17	4,41	260,68	0,00
JV-4	10	7,36	248,13	29.03.17	11,76	243,73	28.08.17	10,33	245,16	4,40



Obr. 4.14.5. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

Pri pohľade na dlhodobé výsledky režimových pozorovaní je vidieť, 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 počas monitorovaného obdobia namerané v roku 2014. Jej najväčší vzostup bol pozorovaný vo vrte JV-1 (maximálna hladina bola pozorovaná 26. mája 2014), počas ktorého hladina prekonala maximálny stav zo začiatku monitorovacieho obdobia. Naopak, v aktuálne hodnotenom roku 2017 boli prekročené dlhodobé minimálne stavy hladiny podzemnej vody, a to vo vrtoch JV-1 a JV-4.



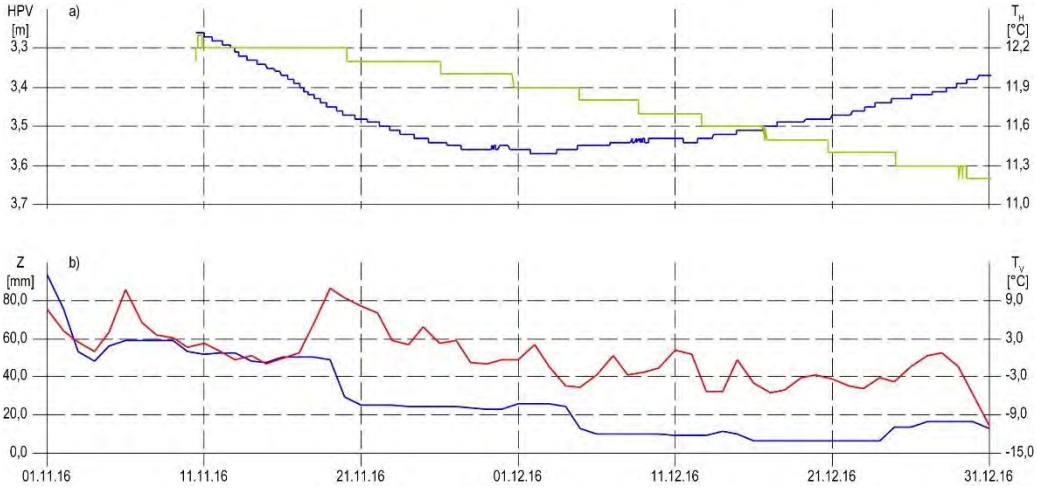
Obr. 4.14.6. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – JV-1, b – JV-2, c – JV-3, d – JV-4; e – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160).

b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomermi

Na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie v 1 vrte (JV-3). Inštalovaný bol počas roku 2016 – 10. novembra (1237 záznamov).

V roku 2016, počas vykonávania monitorovacích meraní bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 3,26 m pod terénom (261,83 m n. m.; 10. november). Minimálna hladina podzemnej vody bola dosiahnutá 1. decembra s hĺbkou 3,57 m (261,52 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 3,47 m pod terénom (261,62 m n. m.). Výsledná amplitúda teda dosiahla len 0,31 m. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,01 m (3,23 % celkových ročných

zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Teplota podzemnej vody sa pohybovala v intervale 11,2 °C – 12,3 °C. Priemerná teplota v hodnotenom období dosiahla 11,8 °C.



Obr. 4.14.7a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte JV-3 (modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016; zelená – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy), b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160).

V roku 2017 sa pokračovalo v zbere kontinuálnych informácii o stave hladiny podzemnej vody, avšak hĺbka inštalácie monitorovacieho zariadenia neumožnila sledovať priebeh hladiny podzemnej vody počas celého roka. Od 17. júna, kedy hladina podzemnej vody klesla pod úroveň 4,08 m pod povrchom terénom, nebolo možné sledovať ďalší jej vývoj. Z tohto dôvodu sa v hodnotení zameriavame len na obdobie prvého polroka, kedy bola zaznamenaná i najvyššia, a teda zo stabilitného hľadiska, nepriaznivejšia úroveň hladiny podzemnej vody.

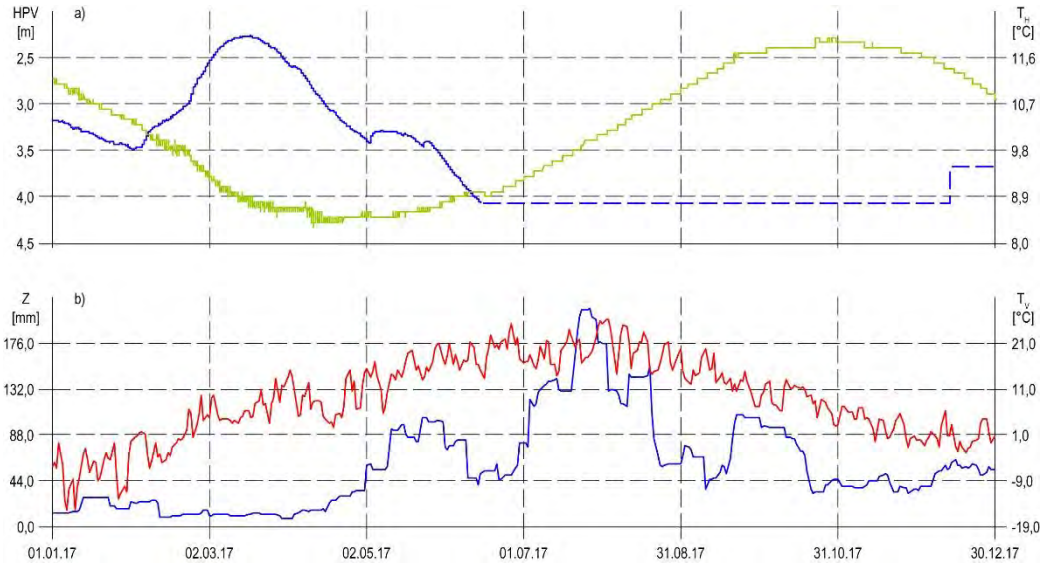
Tab. 4.14.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v roku 2017

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-3	8760	2,26	262,83	18.03.17	4,08	261,01	16.06.17	3,61	261,48	1,82

Poznámka: údaje v tabuľke charakterizujú len obdobie od 1. januára do 16 júna.

Maximálna úroveň hladiny podzemnej vody bola nameraná 18. marca s hĺbkou 2,26 m pod terénom (262,83 m n. m.). Priemerná hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody dosiahla 3,10 m pod terénom (263,67 m n. m.). Celková hodnota amplitúdy zmien hĺbky sa nachádzala na úrovni 1,82 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,01 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla hodnotu 0,01 m (0,55 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 2,73 m pod terénom, 2. kvartil 3,25 m pod terénom a 3. kvartil 3,40 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla relatívne vysokú hodnotu, a to až 12,0 °C (23. október). Najnižšia teplota (8,30 °C) bola zaznamenaná 12. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,18 °C a celkové kolísanie teploty počas roka až 3,7 °C.



Obr. 4.14.7b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte JV-3 (modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017; zelená – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy), b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160).

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú 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 zosuvnej lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou zabezpečujeme monitorovacie aktivity na severovýchodnom svahu v oblasti záhradkárskej kolónie. Merania sú zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a sledovanie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody prostredníctvom automatického hladinomera a terénneho pozorovateľa.

V roku 2017 boli zaznamenané relatívne priaznivé stabilitné pomery. Namerané vektory v sledovaných horizontoch len ojedinele prekročili hodnotu 2,0 mm. Orientované boli od severu cez východ až po juhozápad.

Z výsledkov režimových pozorovaní vyplýva, že hladiny podzemnej vody mali počas jarného a letného obdobia zostupný charakter. Vo vrte JV-4 hladina podzemnej vody klesla hlboko pod doteraz nameranú minimálnu hladinu. Podobne, i v prípade vrtu JV-3, v ktorom je umiestnený automatický hladinomer, hladina klesla pod inštalovanú úroveň samotného snímača. Z tohto dôvodu nám chýba časť výsledkov o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody.

Na základe nameraných výsledkov možno konštatovať, že monitorovaná časť zosuvného územia sa v roku 2017 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 stav súvisí 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 výsledky žiadnych monitorovacích meraní.

V budúcnosti plánujeme pokračovať v meraniach hĺbky hladiny podzemnej vody a podpovrchovej deformácie metódou presnej inklinometrie. Režimové pozorovania zmien

hĺbky hladiny podzemnej vody budú realizované v mesačnom intervale (cca 10 meraní za rok). Vo vrte s inštalovaným automatickým hladinomerom bude zabezpečený zber s hodinovou frekvenciou. A nakoniec, merania metódou presnej inklinometrie plánujeme zabezpečiť dvakrát, a to počas jarného a jesenného obdobia.

1.4.15. Lokalita Okoličné

Stručná charakteristika lokality

Zosuv sa nachádza na SV okraji mesta Liptovský Mikuláš a je súčasťou rozsiahleho zosuvného územia, ktoré sa v minulosti vyvinulo v súvislosti s laterálnou eróznou činnosťou rieky Váh. Monitorovaný zosuv je výsledkom nesprávneho antropogénneho zásahu pri realizácii odrezu v akumulačnej časti 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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.15.1.

Tab. 4.15.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Okoličné v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	2016	2017
Geodetické	15	P5, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P18, P19, P22, P24	1 *(14. jún)*	1 *(20. jún)*
Inklinometrické	1	M-2	1 *(9. jún)*	
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*	

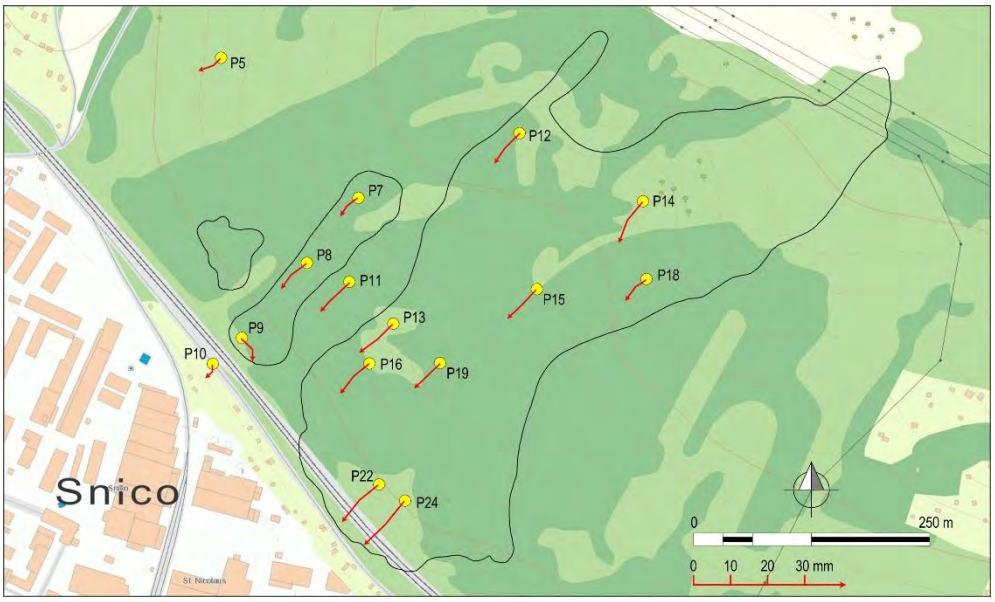
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2016 a 2017 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Geodetické merania

V roku 2016, na základe vykonaného 62. etapového merania (Pisca, 2016) možno konštatovať, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, že v zosuvnom území neboli namerané polohové posuny nad 10 mm. Maximálna polohová zmena 7,81 mm bola nameraná v bode P24, ktorý sa nachádza v čele svahovej poruchy. Vertikálne zmeny mali výrazne poklesový charakter, avšak ani v jednom prípade neboli väčšie ako 3 mm. Na základe nameraných výsledkov je možné zosuvné územie považovať za potenciálne stabilné (Pisca, 2016).

Namerané hodnoty posunov v roku 2017 korešpondujú s výsledkami z posledných etáp. Najvyššia hodnota pohybovej aktivity na sieti geodetických bodov bola nameraná na bode P24 (7,07 mm). Na ostatných bodoch sa polohové zmeny pohybovali v rozsahu od 1,41 mm (P10) do 6,4 mm (P22). Vo vertikálnom smere boli rovnako namerané len minimálne zmeny (pokles do 4 mm – P22; Pisca, 2017).

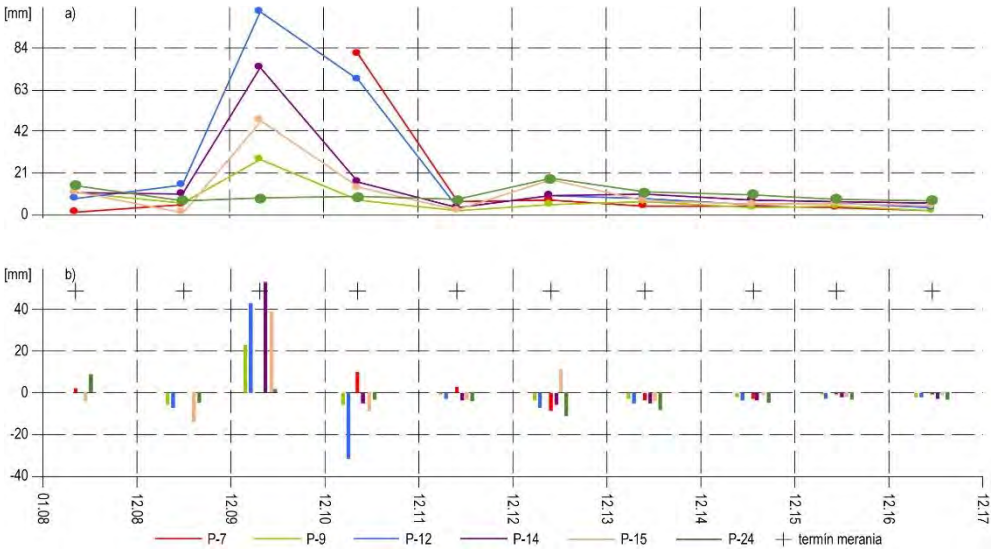
Z dlhodobého hľadiska (obdobie 2008 až 2017 – obr. 4.15.2) možno konštatovať, že najväčšie hodnoty posunov boli zaznamenané v rokoch 2010 a 2011 (výsledky meraní môžu byť do určitej miery ovplyvnené zmenou technológie merania – prechod z výlučne terestrického merania na GNSS).



Obr. 4.15.1. Lokalita Okoličné – výsledky geodetických meraní (metódou GNSS) za obdobie rokov 2016 a 2017. Obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.15.2; mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.15.2. Výsledky geodetických meraní na lokalite Okoličné v rokoch 2016 a 2017

Bod	24.07.15 – 14.06.16			24.07.15 – 20.06.17		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	polohové	výškové	priestorové	polohové	výškové	priestorové
P10	2,000	-1,000	2,236	1,41	0,00	1,41
P11	7,071	-2,000	7,348	2,83	-1,00	3,00
P12	5,657	-3,000	6,403	3,61	-2,00	4,12
P13	5,657	-2,000	6,000	5,00	-2,00	5,39
P14	6,403	-2,000	6,708	5,39	-3,00	6,16
P15	5,657	-2,000	6,000	4,24	-1,00	4,36
P16	5,000	-2,000	5,385	5,00	-2,00	5,39
P18	3,606	-1,000	3,742	3,61	-2,00	4,12
P19	4,243	1,000	4,359	4,24	-1,00	4,36
P22	6,403	-3,000	7,071	6,40	-4,00	7,55
P24	7,810	-3,000	8,367	7,07	-3,00	7,68
P5	2,828	-1,000	3,000	3,16	0,00	3,16
P7	3,606	-1,000	3,742	2,24	-1,00	2,45
P8	5,000	-2,000	5,385	3,61	-2,00	4,12
P9	4,243	-1,000	4,359	2,00	-2,00	2,83



Obr. 4.15.2. Dlhodobé (2008 – 2017) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov zistené metódou GNSS na lokalite Okoličné (podľa Piscu, 2016 a 2017); a – polohové zmeny geodetického bodu, b – vertikálne zmeny geodetického bodu.

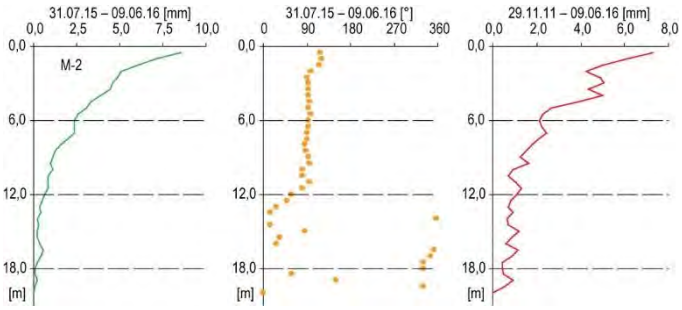
Pri hodnotení vertikálnych zmien v dlhšom časovom období (2008 až 2017) boli najvýraznejšie zmeny zaznamenané v roku 2009 (obr. 4.15.2b). Najvýraznejšie sa prejavili v bodoch P14 (53,0 mm), P12 (43,0 mm) a P15 (39,0 mm). V tomto prípade išlo výlučne o vzostupné zmeny. V nasledujúcom období však prevládal pokles. Celkovo, za posledných 10 rokov prevládali vertikálne zmeny v rozsahu 0 – 4 mm (36 prípadov z 59 meraní).

b/ Inklinometrické merania

Z vykonanej analýzy inklinometrických meraní (Ondrejka et al., 2016) vyplýva, že vrty, ktoré tu boli v minulosti vybudované, sa deformujú najmä v súvislosti s nevhodným spôsobom zabudovania. Pri meraniach sa vďaka tejto skutočnosti výrazne znižuje spoľahlivosť výstupnej informácie. Z tohto dôvodu boli monitorovacie aktivity v roku 2016 výrazne zredukované a sústredené výlučne na vrt M-2, ktorý sa nachádza v čele svahovej poruchy. Z výsledkov analýzy, založenej na dlhodobých meraniach vyplýva, že vo vrte v hĺbke 4,15 m pod terénom možno predpokladať priebeh šmykovej plochy. V roku 2016 bolo vo vrte vykonané meranie v prvej polovici júna (obr. 4.15.3 a 4.15.4). Z výsledkov vyplýva, že v sledovanej hĺbke došlo v porovnaní s rokom 2015 k miernemu nárastu deformácie (3,36 mm; 3,91 mm.rok^{-1}; tab. 4.15.3). Vektor mal azimut orientovaný na východ, to znamená, že v porovnaní s rokom 2015 došlo k pootočeniu o 177°. Výsledný vektor za obdobie od 29. novembra 2011 do 9. júna 2016 dosiahol len 3,89 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie len 0,86 mm.rok^{-1}. Získané výsledky z roku 2016 potvrdzujú, že monitorovacia sieť nie je vhodná pre vysoko presné merania touto metódou. Z uvedeného dôvodu boli v zosuvnom území Okoličné v roku 2017 prerušené monitorovacie aktivity metódou presnej inklinometrie. Obnovenie meraní bude možné až po vybudovanej novej siete inklinometrických vrtov.



Obr. 4.15.3. Lokalita Okoličné – vektory deformácií namerané v roku 2016 (obdobie meracej etapy je v súlade s tab. 4.15.3; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Fussgängera a Jadroňa (1977), mapový podklad: ZBGIS®.

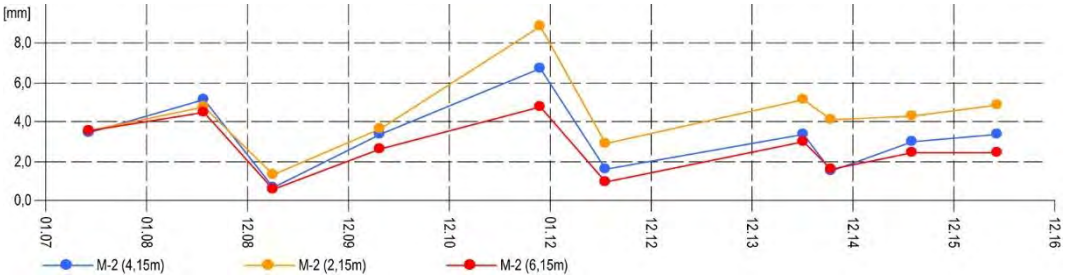


Obr. 4.15.4. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte M-2 na lokalite Okoličné; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom); oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach; červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Tab. 4.15.3. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Okoličné v roku 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	31. 7. 15 – 9. 6. 16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]
M-2	4,15	3,89	3,36	97

CD – celková deformácia od nultého merania (29. 11. 11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.15.5. Priebehy dlhodobých (2007 – 2016) prírastkov deformácie na lokalite Okoličné, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia venujeme pozornosť vrtu M-2, v ktorom boli najvýraznejšie deformácie namerané v roku 2011 (v hĺbke 2,15 m bola nameraná deformácia 8,87 mm s orientáciou na juhozápad). Predpokladáme, že ich vysoká hodnota súvisela s nepriaznivými klimatickými pomermi v predchádzajúcom roku 2010, ale čiastočne i roku 2011. V ostatných rokoch sa namerané deformácie pohybovali v rozsahu od 0,54 do 5,18 mm. V prípade nameraných vektorov prevládal východný a o niečo menej západný smer. Orientácia vektorov na sever bola minimálna.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi

Na lokalite Okoličné je automatický hladinomer umiestnený vo vrte J-1. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody bolo v rokoch 2016 a 2017 možné pozorovať nepretržite, teda v hodinovom intervale. V roku 2016 maximálna hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku 5,68 m pod terénom (602,39 m n. m.; 2. jún – tab. 4.15.6), čo je v porovnaní s rokom 2015 pokles o 1,96 m. Priebeh hladiny podzemnej vody počas roka z hľadiska vzostupu a zostupu mal prakticky symetrický tvar. Maximum bolo dosiahnuté v polovici roka a zostupná vetva krivky, charakterizujúca zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody v druhej polovici roka, mala príbuzný charakter (avšak inverzný) krivky z prvej polovice roka (obr. 4.15.8.). Zvýšené zrážkové úhrny z letného, ale aj konca jarného obdobia sa na kolísaní hladiny prejavili len veľmi mierne. Zmeny hĺbky súviseli najmä so zrážkami z konca zimného obdobia. Zároveň

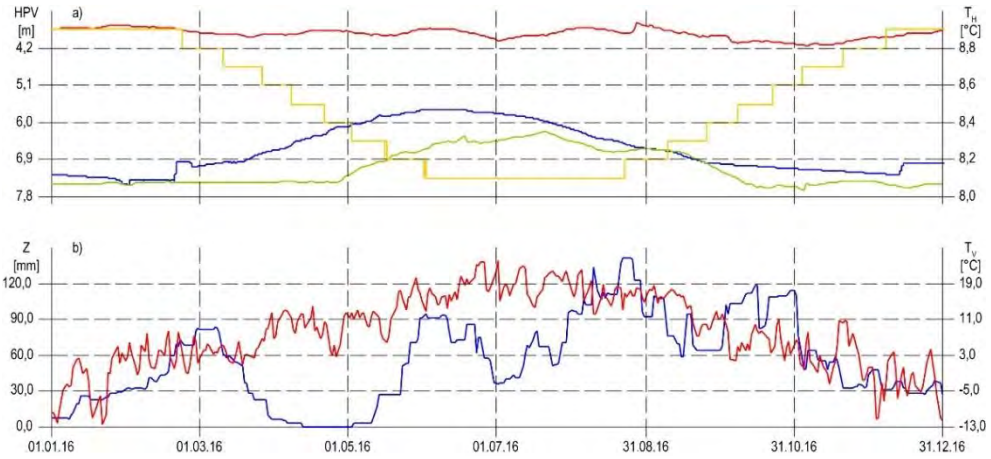
v tomto období sa na dopĺňaní vody zásob podzemnej vody uplatnila i topiaca sa snehová pokrývka.

Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,52 m (600,55 m n. m.), bola dosiahnutá 1. februára. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 6,66 m pod terénom (601,41 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 1,78 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,84 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,01 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,07 m (čo je 3,80 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 6,11 m pod terénom, 2. kvartil 6,9 m pod terénom a 3. kvartil 7,13 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 8,9 °C počas 1. januára, naopak, najnižšia teplota (8,1 °C) bola zaznamenaná 1. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,5 °C.

Tab. 4.15.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Okoličné v roku 2016

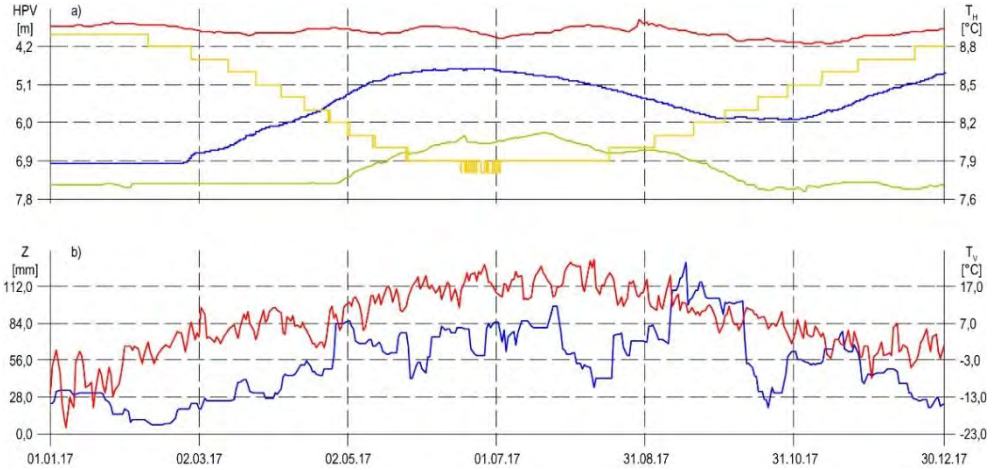
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-1	8784	5,68	602,39	2. 6. 16	7,52	600,55	1. 2. 16	6,66	601,41	1,84



Obr. 4.15.8a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Okoličné; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte AH-2 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_v (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130).

V roku 2017 pri rovnakom intervale meraní 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 činnosťou 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.

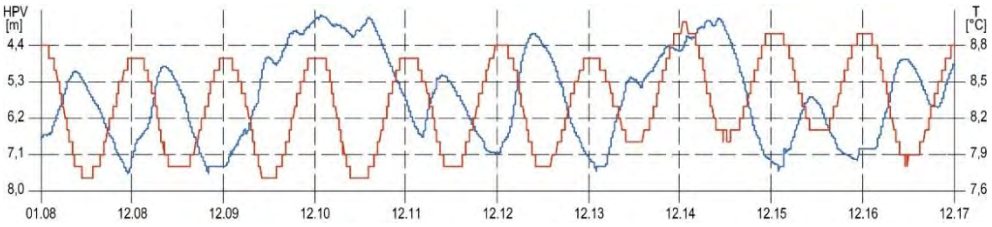
V roku 2017 boli minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané hneď na začiatku roka. Ich skutočná hodnota bola však hlbšia ako bol schopný zaznamenať automatický hladinomer, aktuálne inštalovaný v hĺbke cca 7 m pod terénom. Zo záznamu vyplýva, že hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku umiestnenia 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 5,02 m pod terénom, 2. kvartil 5,63 m pod terénom a 3. kvartil 6,07 m pod terénom.



Obr. 4.15.8b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Okoličné; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte AH-2 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130).

Tab. 4.15.6. 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



Obr. 4.15.9. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) 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).

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.

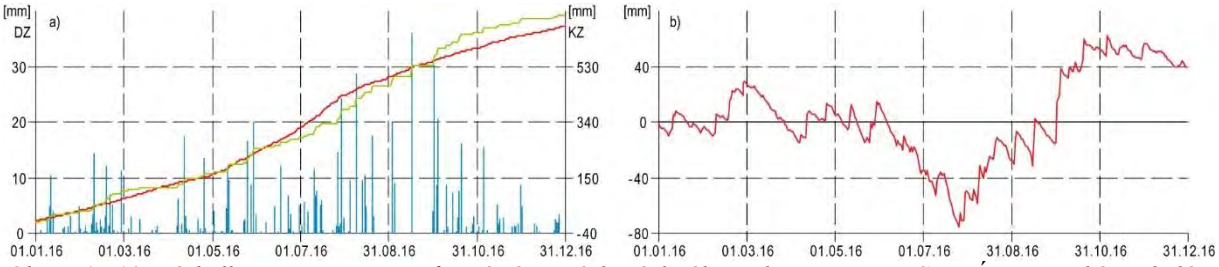
Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia prevažne s ročným klimatickým cyklom (obr. 4.15.9). Hladina podzemnej vody vo vrte J-1 má mimoriadne pravidelný režim, maximálne stavy sa vyskytujú zvyčajne na konci prvej polovice roka. Výnimku tvorí 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.

d/ Merania zrážkových úhrnov

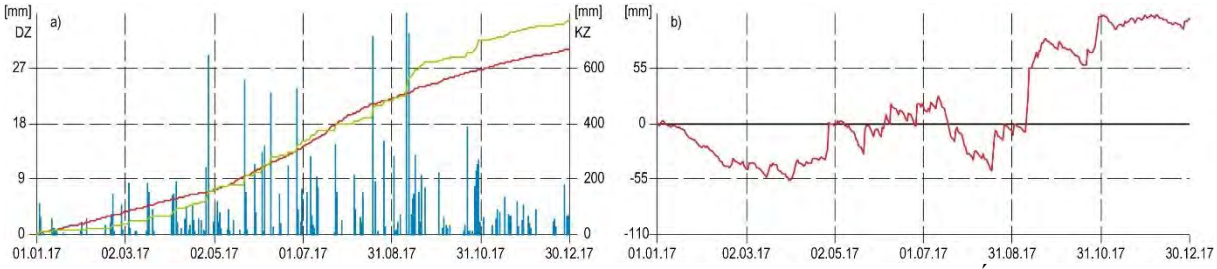
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová s indikatívom 21130 (obr. 4.15.10 a 4.15.11). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2016 predstavuje 665,4 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 923,9 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 55,7 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 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 706,6 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (114,0 mm) a najvyšší denný úhrn 17. septembra (36,0 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 12,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 23. júla do 22. augusta (130,5 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 774,5 mm, čo zodpovedá 116,40 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. 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) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 15. januára do 14. februára), sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 4,9 mm.



Obr. 4.15.10. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) 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. 4.15.11. 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.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Okoličné sa monitorovacie činnosti postupne zredukovali na sledovanie pohybovej aktivity metódou geodézie a pozorovanie hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody v jedinom piezometrickom vrte, prostredníctvom automatického hladinomera. Piezometrické merania preukázali, že v roku 2017 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k vzostupu hladiny podzemnej vody. Kolísanie hladiny malo charakteristický priebeh s maximálnou hodnotou na konci jarného obdobia. Hlbší obeh podzemnej vody, monitorovanej vo vrte J-1, potvrdzuje i vývoj zmien jej teploty.

Pri hodnotení pohybovej aktivity, na základe výsledkov geodetických meraní, možno konštatovať, že v polohovom a vertikálnom smere boli namerané hodnoty, ktoré vypovedajú o stave relatívnej stability. Priaznivý stabilitný vývoj je možné na zosuve pozorovať od roku 2012.

Na základe terénnych rekognoskácií je i naďalej 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.

Vážnym nedostatkom pozorovacej siete na lokalite Okoličné je vandalizmus a nízka úroveň kvality monitorovacích objektov. Súvisí to s tým, že pôvodne boli monitorovacie vrty realizované ako viacúčelové, čo v súčasnosti sťažuje realizáciu, ale hlavne interpretáciu nameraných výsledkov.

Vzhľadom na vysoký celospoločenský význam lokality, súvisiaci s trvalým ohrozením hlavnej železničnej trate, ktorá predstavuje spojnicu viacerých krajských miest, je i v nasledujúcom roku 2018 plánované zabezpečiť zber a analýzu údajov z hladinomera.

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, približne v strednej časti obce, s rozmermi cca 110 krát 75 m (max. dĺžka a šírka – obr. 4.16.1). Počas prieskumu Fekeč 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 2016 a 2017

Na zosuvnej lokalite boli v rokoch 2016 a 2017 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 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	1	KIN-1	3 *(2. február, 30. máj, 5. december)*	2 *(5. október, 11. 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 2016 a 2017 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite sú zabezpečené merania 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 2016 sa v tomto vrte, kvôli vysokej pohybovej aktivite, zvýšila frekvencia z pôvodných dvoch meraní na tri merania. Prvé meranie bolo zabezpečené na začiatku februára. Etapový vektor teda charakterizuje deformáciu za predchádzajúce polročné obdobie. Ide najmä o jesenné, ale čiastočne i letné ročné obdobie roku 2015 a tiež zimné v roku 2016. Výsledok merania naznačuje, že práve toto obdobie bolo zo stabilitného hľadiska najpokojnejšie. Situácia sa zmenila v jarnom období, kedy počas májového merania stúpla deformácia v sledovanom horizonte na 14,14 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 43,73 mm.rok^{-1}. Etapový vektor mal juhozápadný azimut. Počas poslednej etapy, zabezpečenej 5. decembra bol opäť pozorovaný pokles pohybovej aktivity. Za viac ako polročné obdobie došlo na šmykovej ploche k deformácii 2,43 mm (4,7 mm.rok^{-1}).

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}.

Výsledná deformácia (7. október 2014 – 11. december 2017; 4.16.2) dosiahla v sledovanej hĺbke 45,73 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 14,37 mm.rok^{-1}. V porovnaní s predchádzajúcim rokom 2016 došlo k miernemu poklesu priemernej rýchlosti.

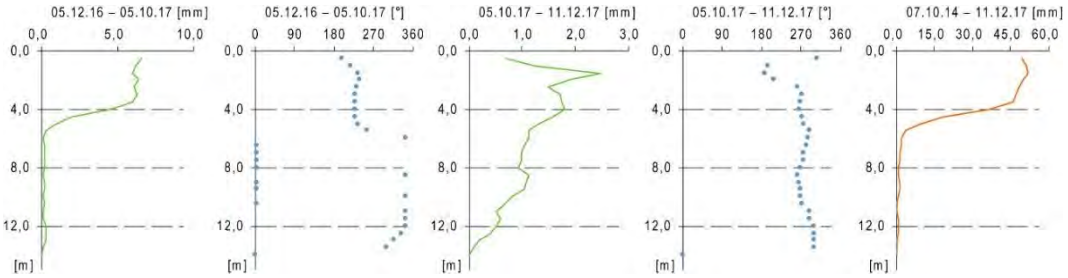
Tab. 4.16.2 Výsledky inklinometrických meraní na Červený Kameň v rokoch 2016 a 2017

Bod	Hĺbka	28.07.15 – 02.02.16			02.02.16 – 30.05.16			30.05.16 – 05.12.16			05.12.16 – 05.10.17			05.10.17 – 11.12.17		
		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	3,5	22,20	1,52	187	36,21	14,14	235	38,36	2,43	201	44,40	6,04	229	45,73	1,75	269

CD – celková deformácia od nultého merania (7. 10. 14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



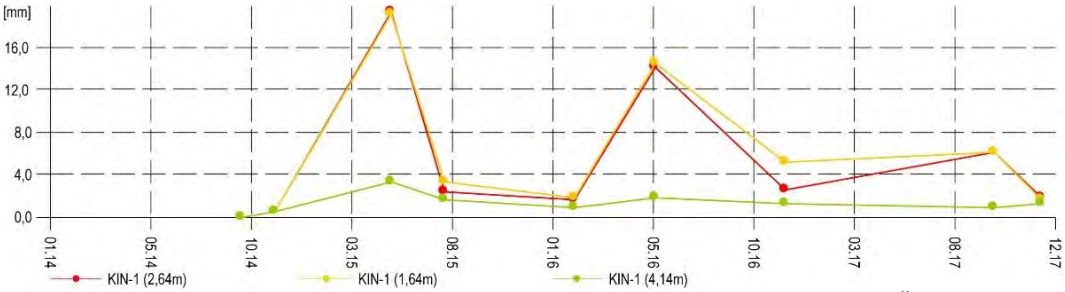
Obr. 4.16.1. Lokalita Červený Kameň – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.16.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Sluku (2014 in Fekeč et al. 2014f in Šimeková et al., 2014); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.16.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach vo vrte KIN-1 na lokalite Červený Kameň; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Vývoj deformácie znázornený na obr. 4.16.3 naznačuje, že oblasť bola v rokoch 2015 a 2016 mimoriadne aktívna. Najvyššia aktivita bola 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. Priebehy dlhodobých (2014 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Červený Kameň, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Červený Kameň sú automatickým hladinomerom zabezpečované merania vo vrte KHG-2. Počas hodnotených rokov 2016 a 2017 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

V roku 2016 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 1,19 m pod terénom (378,03 m n. m.; 2. február), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom veľmi príbuzná hodnota. Po dosiahnutí maximálneho stavu hladina podzemnej vody zaznamenala zostupný trend, počas ktorého bolo pozorované relatívne malé kolísanie (obr. 4.16.4). Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 5,93 m (373,29 m n. m.), bola dosiahnutá 12. júla. V tomto období ale hladina veľmi výrazne kolísala. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 2,95 m pod terénom (376,27 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 0,87 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 4,74 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol teda zachovaný charakter jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,56 m za deň, čím bola opätovne potvrdená mimoriadna dynamika zmien hladiny podzemnej vody. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 2,85 m (čo je až 60,13 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 2,25 m pod terénom, 2. kvartil 2,58 m pod terénom a 3. kvartil 3,47 m pod terénom.

Tab. 4.16.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Červený Kameň v roku 2016

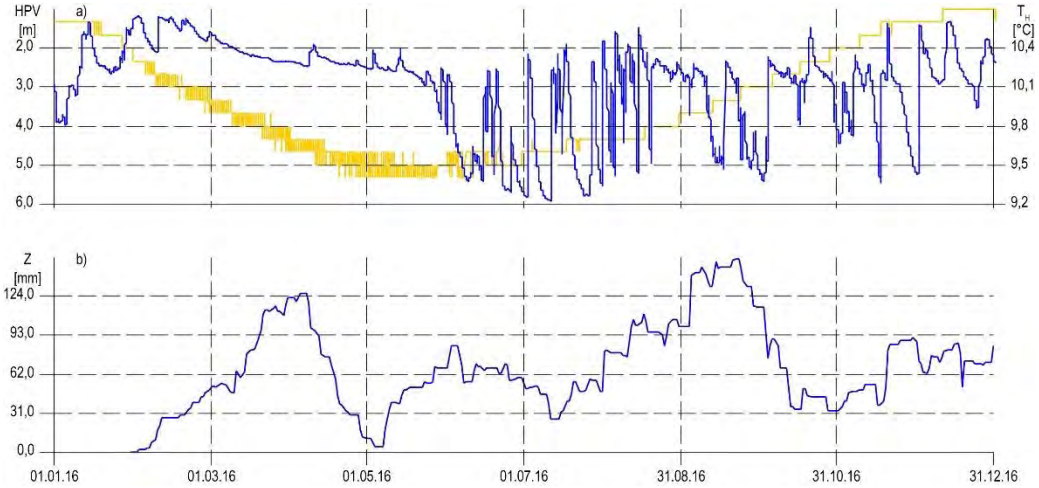
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
KHG-2	8784	1,19	378,03	02.02.16	5,93	373,29	12.07.16	2,95	376,27	4,74

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,7 °C počas 11. decembra, naopak, najnižšia teplota (9,4 °C) bola zaznamenaná 20. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,0 °C.

V roku 2017 sa pokračovalo v rovnakom režime meraní. 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 – apríl. Postupne od konca apríla hladina podzemnej vody začala klesať. Priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017 má veľmi podobné črty 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 2,04 m pod terénom, 2. kvartil 2,49 m pod terénom a 3. kvartil 4,18 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.

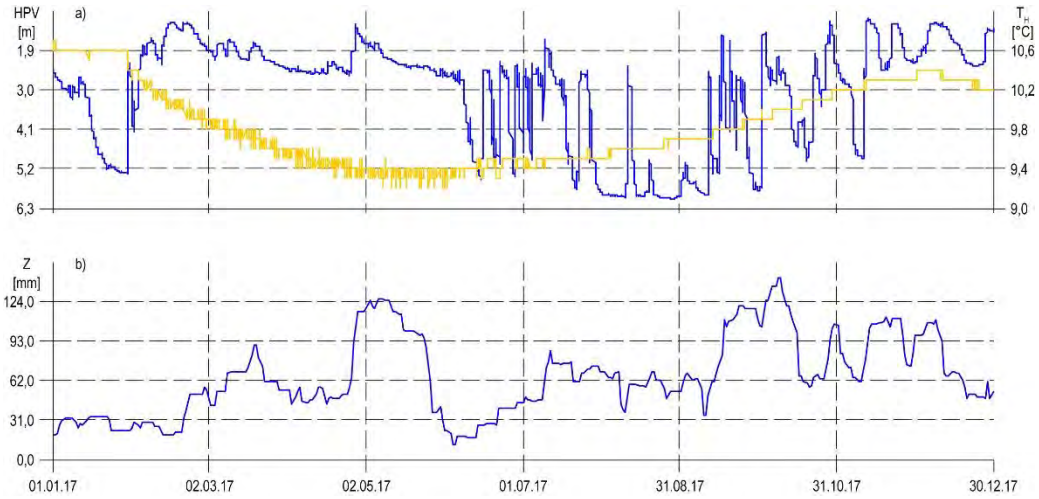


Obr. 4.16.4a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Červený Kameň; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte KHG-2 (modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Červený Kameň (indikatív 27100).

Tab. 4.16.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Červený Kameň v roku 2017

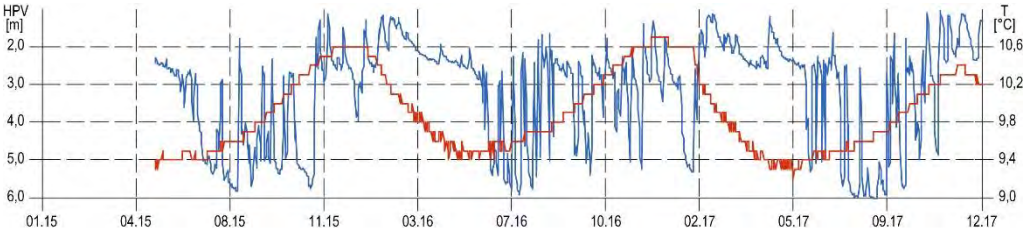
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
KHG-2	8760	1,01	378,21	13.11.17	6,04	373,18	30.08.17	3,05	376,17	5,03

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.



Obr. 4.16.4b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Červený Kameň; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte KHG-2 (modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Červený Kameň (indikatív 27100).

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 značnej miery to však závisí od klimatických pomerov. Celkovo však môžeme konštatovať, že hladina podzemnej vody vykazuje časté zmeny, ktoré trvajú veľmi krátke obdobie. V tejto súvislosti sú zaznamenané najmä jej vzostupy. Treba ale poznamenať, že kvalita nameraných údajov nie je úmerná technickému vybaveniu vrtu. Zároveň treba priznať, že namerané výsledky môžu byť do určitej miery skreslené.



Obr. 4.16.5. Priebeh dlhodobých (2008 – 2017) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickým hladinomerom na lokalite Červený Kameň. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte KHG-2 (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Červený Kameň s indikatívom 27100. Informácie o zrážkach sme začali preberať od roku 2016.

V roku 2016 dosiahol ročný zrážkový úhrn 865,9 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (132,7 mm) a najvyšší denný úhrn 5. augusta (40,4 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 19,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 12. júla do 10. augusta (165,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 7. marca do 5 apríla) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,1 mm.

V roku 2017 ročný zrážkový úhrn predstavoval 838,2 mm, čo je o 27,7 mm menej ako v roku 2016. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas septembra (118,2 mm) a najvyšší denný úhrn 17. septembra (34,4 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 26,0 mm

zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 10. septembra do 10. októbra (147,6 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 6. mája do 5. júna), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 11,5 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V intraviláne obce Červený Kameň zabezpečujeme monitorovacie aktivity na juhozápadnom svahu priamo v zastavanom území. Merania sú zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a zároveň sledujeme zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody prostredníctvom automatického hladinomera.

V roku 2017 boli na lokalite zabezpečené dve etapy inklinometrických meraní. Z nameraných výsledkov vyplýva, že aktívna šmyková plocha sa nachádza v hĺbke cca 3,5 m (pod ústím pažnice). Aktivita na šmykovej ploche sa v porovnaní s rokom 2016 mierne upokojila. Počas jarného merania bola v tomto vrte nameraná etapová deformácia 6,04 mm, vďaka ktorej výsledná deformácia inklinometrickej pažnice vzrastala na hodnotu 44,4 mm.

Automatickým hladinomerom bolo možné sledovať zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte KHG-2. Veľmi výrazné zmeny jej úrovne naznačujú, že pri zabudovaní vrtu mohlo dôjsť k prepojeniu viacerých zvodnených horizontov. Na základe priebehu hladiny podzemnej vody predpokladáme, že do monitorovacieho objektu nateká voda z plytších horizontov, resp. ide o hypodermické vody z najvyššie položených častí vrtu, vďaka čomu sa vytvára falošný obraz o jej zmenách.

V roku 2018 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v roku 2017.

1.4.17. Lokalita Ďačov

Stručná charakteristika lokality

Zosuv, ktorý sa inicioval v roku 2010, sa nachádza v obci Ďačov, na úpätí svahu (s kótou 486,3 m n. m.) a je potenciálnou hrozbou pre zástavbu domov, hospodárskych budov a priľahlých plôch na ľavej strane Ďačovského potoka (obr. 4.17.1). Ide o svahovú poruchu frontálneho charakteru. V postihnutom území sa vyskytujú samostatné menšie parciálne prúdové zosuvy, ako aj deformácie blokového charakteru.

Monitorovacie práce sa vykonávajú na vybudovanej sieti inklinometrických a piezometrických vrtov. Bližšie informácie o lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Tupý et al., 2010b), ako i monitorovania za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.17.1.

Tab. 4.17.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ďačov v rokoch 2016 a 2017

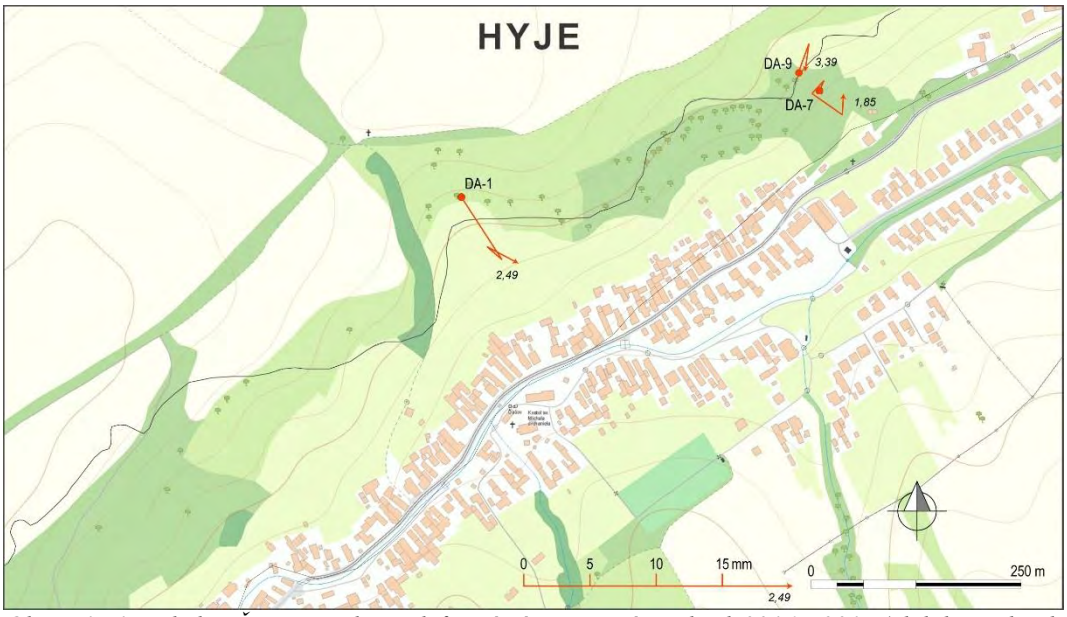
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	3	DA-1, 7, 9	1 – 2 *(27. apríl, 20. júl, 11. november)*	1 – 2 *(19. apríl, 25. apríl, 18. október)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	DA-5, DA-8, DA-10	10 *(2. február, 2. marec, 23. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Lipany (indikatív 59100)	*Denné úhrny zrážok*	

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

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite bolo v roku 2010 vybudovaných viacero vrtov, z ktorých sa v súčasnosti monitorujú tri (DA-1, 7 a 9). Vrty DA-9 a DA-7 sú situované severovýchodnej časti obce a sledujú pohybovú aktivitu parciálneho aktívneho zosuvu (obr. 4.17.1).

V roku 2016 došlo v sledovaných vrtoch (tab. 4.17.2) k celkovému poklesu pohybovej aktivity. Najvyšší vektor bol zaznamenaný vo vrte DA-1. V hĺbke 2,49 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 5,63 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 7,67 mm.rok^{-1}. Nameraný vektor mal juhovýchodný azimut. Mierne zvýšená pohybová aktivita bola pozorovaná aj vo vrte DA-9. V hĺbke 3,39 m pod terénom bola nameraná deformácia 2,33 mm (4,63 mm.rok^{-1}). Vo vrte DA-7 prírastky deformácie neprekročili 1 mm. Následne, jesenné meranie potvrdilo klesajúci trend pohybovej aktivity. Vo vrte DA-7, ktorý sa v minulosti prejavoval najaktívnejšie (v období 7. december 2011 – 11. november 2016, dosiahla dlhodobá deformácia v sledovanej hĺbke 50,01 mm – 10,14 mm.rok^{-1}), prírastok deformácie počas posledného merania dosiahol 1,34 mm (2,47 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.17.1. Lokalita Ďačov – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (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®.

V roku 2017 boli na vybratých (pohybovo aktívnejších) vrtoch DA-1, DA-7 a DA-9 realizované jedna až dve etapy meraní (tab. 4.17.2). Prvá etapa bola zabezpečená v apríli a druhá októbri. Z nameraných údajov vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte DA-7. V apríli, po päťmesačnom období, bola v tomto vrte nameraná deformácia 2,8 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 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 odlučnej oblasti frontálneho zosuvu.

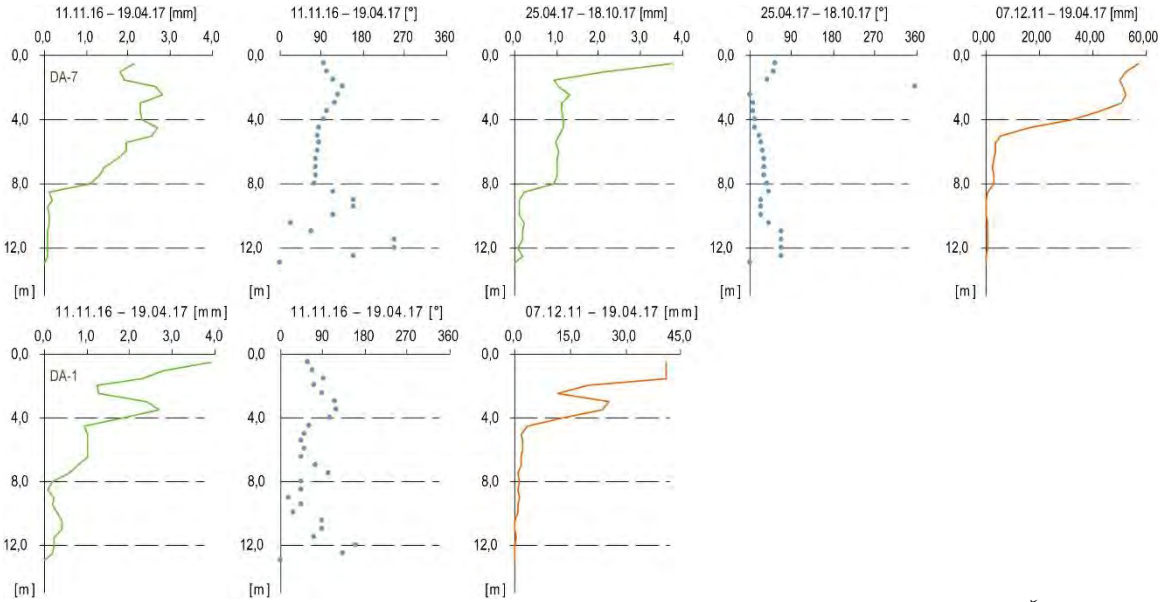
Počas jesennej etapy, ktorá bola zabezpečená v druhej polovici októbra, boli merania realizované vo vrtoch DA-7 a DA-9. Vo vrte DA-7 došlo na oboch sledovaných šmykových plochách k miernemu poklesu deformácií (v hĺbke 1,85 m pod terénom bol nameraný vektor 1,3 mm, čo vzhľadom na dĺžku etapy, predstavuje 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}).

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. 4.17.2).

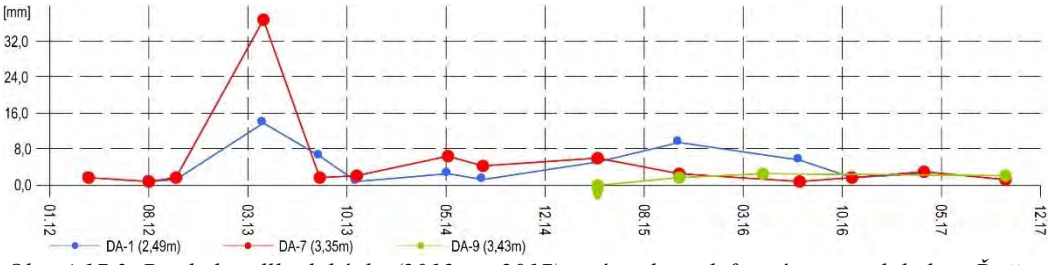
Tab. 4.17.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Ďačov v rokoch 2016 a 2017

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	26. 10. 15 – 20. 7. 16			20. 7. 16 – 11. 11. 16			11. 11. 16 – 19. 4. 17			25. 4. 17 – 18. 10. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
DA-1	2,49	26,26	5,63	147	27,75	1,50	311	25,51	2,40	118			
DA-1	8,99	0,92	0,51	124	0,71	0,22	198	0,86	0,20	45			
DA-7	1,85	49,34	0,85[1]	25[1]	50,01[2]	1,34[2]	223[2]	52,23	2,80	125	1,30	1,30	3
DA-7	7,35	1,25	0,51[1]	351[1]	2,11[2]	0,86[2]	34[2]	3,07	1,10	75	0,94	0,94	38
DA-9	3,39	3,65	2,33[1]	20[1]							1,84	1,84	188
DA-9	6,39	1,92	1,00[1]	114[1]							1,14	1,14	195

CD – celková deformácia od nultého merania (7. 12. 11 – vrty: DA-1 a 7; 27. 4. 15 – vrt DA-9); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 26. 10. 15 – 27. 4. 16; [2] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 27. 4. 16 – 11. 11. 16.



Obr. 4.17.2. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Ďačov (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



Obr. 4.17.3. Priebehy dlhodobých (2012 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Ďačov, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

Z dlhodobejšieho pohľadu má zmysel hodnotiť deformácie namerané vo vrtoch DA-1 a DA-7, v ktorých bolo možné identifikovať šmykovú plochu. V oboch vrtoch bol najvýraznejší etapový vektor nameraný v apríli 2013. Vo vrte vo DA-7 v hĺbke 3,35 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 21,95 mm, ktorej priemerná rýchlosť dosiahla 41,73 mm.rok^{-1}.

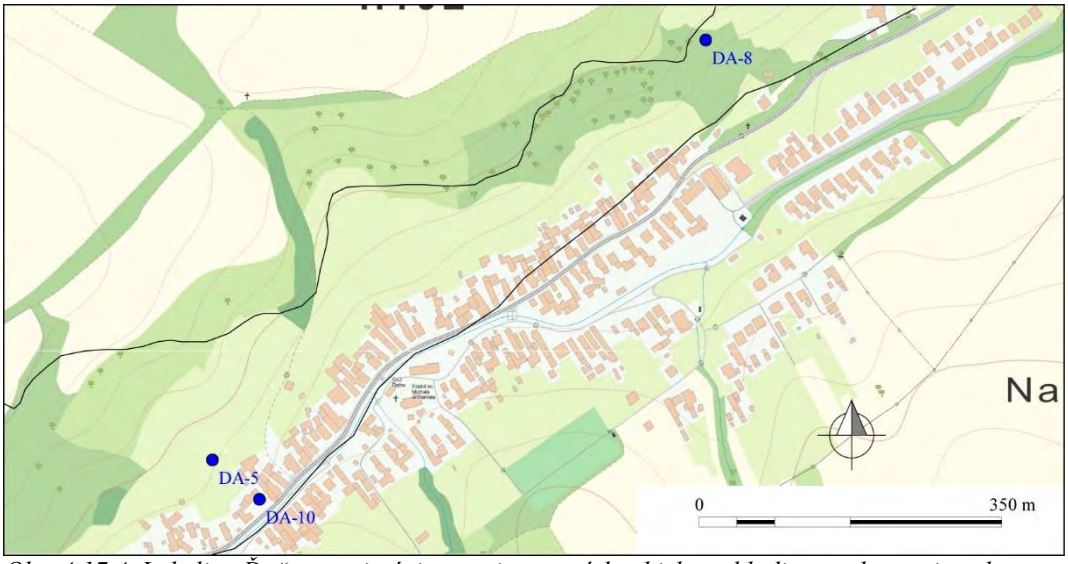
b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Ďačov 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). Počas roka 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte DA-10 (0,26 m pod terénom – 429,80 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 30. mája. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,26 až 4,79 m pod terénom (DA-8). Vyskytovali sa najmä 2. marca (vrty DA-5 a DA-8), ale aj 30. mája (vrt DA-10). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody nachádzala vo vrte DA-8 (min. hladina podzemnej vody 12,08 m pod terénom bola nameraná dňa 2. februára). Podobne 2. februára klesla na minimum hladina podzemnej vody i vo vrte DA-10. Vo vrte DA-5 bol minimálny stav zaznamenaný až 26. októbra.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 4,81 m pod terénom, čo je oproti roku 2015 pokles o 0,55 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v intervale od 0,88 (vrt DA-10) do 10,95 m pod terénom (vrt DA-8). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte DA-8 (7,29 m). Pri porovnaní nameraných údajov z roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2015) vyplýva, že vo vrte DA-10 bolo prekročené dlhodobé maximum (vzostup o 0,07 m).

Tab. 4.17.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2016

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	0,26	429,80	30.05.16	1,08	428,98	02.02.16	0,88	429,18	0,82
DA-5	10	0,83	441,28	02.03.16	3,35	438,76	26.10.16	2,61	439,50	2,52
DA-8	10	4,79	432,02	02.03.16	12,08	424,73	02.02.16	10,95	425,86	7,29



Obr. 4.17.4. Lokalita Ďačov – situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody; mapový podklad: ZBGIS®.

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 8. februára do 15. novembra. Najvyššia hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte DA-5 (na úrovni terénu – 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, že vo vrtoch maximálna hladiny dosiahla, resp. prekročila doteraz najvyššie stavy podzemnej vody.

Tab. 4.17.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2017

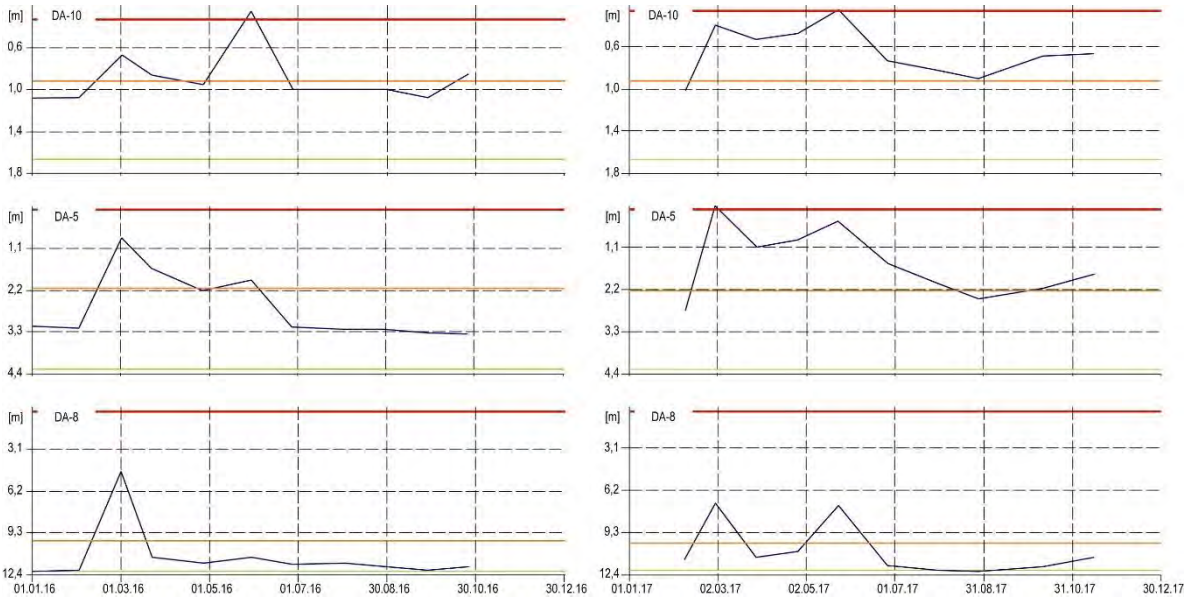
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
DA-10	10	0,25	429,81	24.05.17	1,02	429,04	08.02.17	0,65	429,41	0,77
DA-5	10	0,00	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

Minimálne hladiny podzemnej vody boli dosiahnuté počas prvého merania v roku – 8. februára (DA-5 a 10), resp. 28. augusta (DA-8). Vrty DA-5 a DA-10 sa nachádzajú

v západnej časti a vrt DA-8 vo východnej časti obce. Rozsah minimálnych hladín sa pohyboval od 1,02 (DA-10) do 12,16 m pod terénom (DA-8).

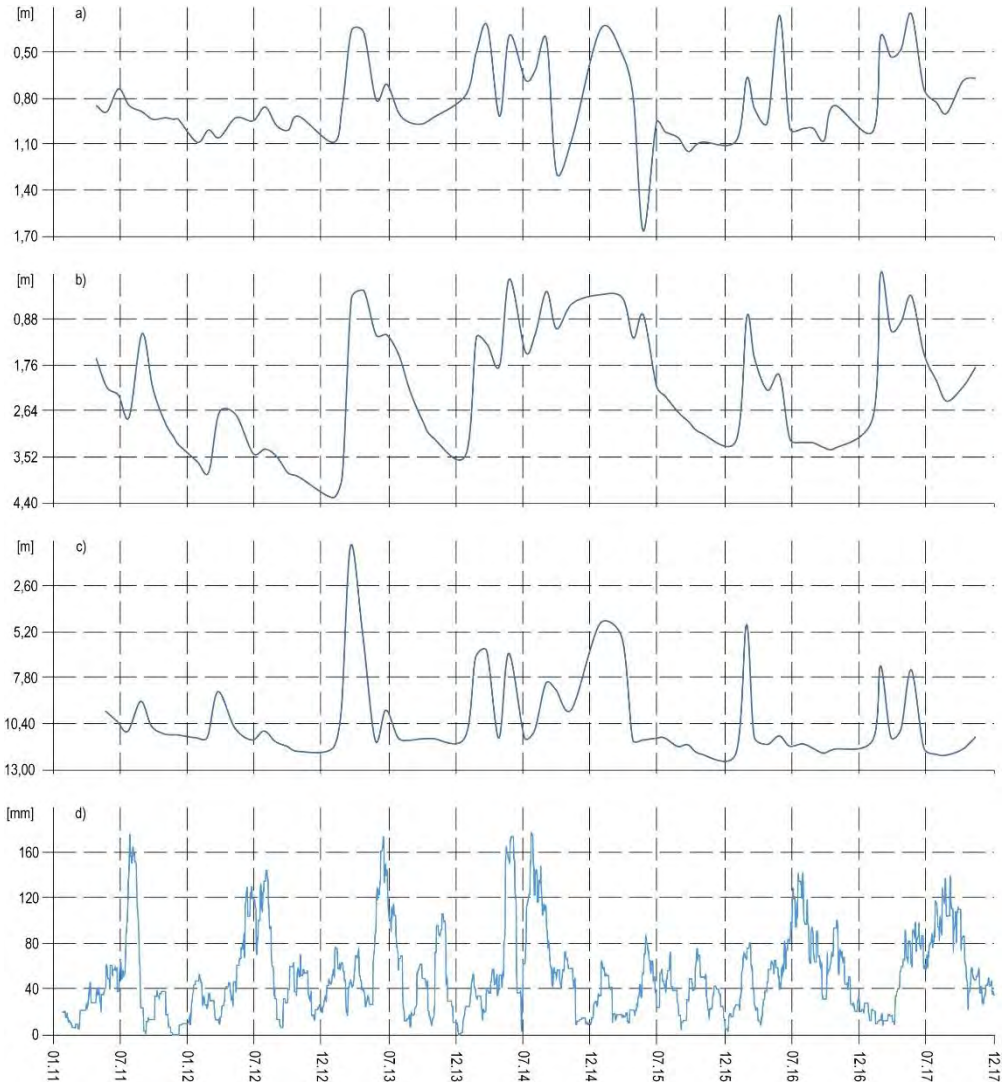
Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 4,28 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,54 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,65 (vrt DA-10) do 10,66 m pod terénom (vrt DA-8). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte DA-8 (5,04 m).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2016 a 2017 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.17.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.17.6.



Obr. 4.17.5. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Ďačov, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

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 aktuálne hodnotenom 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.



Obr. 4.17.6. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Ďačov. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – DA-10, b – DA-5, c – DA-8; d – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Lipany s indikatívom 59100).

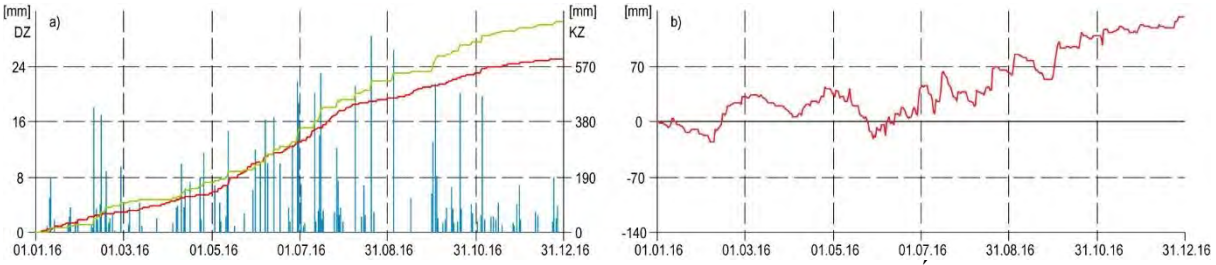
c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Lipany s indikatívom 59100 (obr. 4.17.7 a 4.17.8). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2016 predstavuje 610,0 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 2014do 24. júla 2014) dosiahol 176,4 mm.

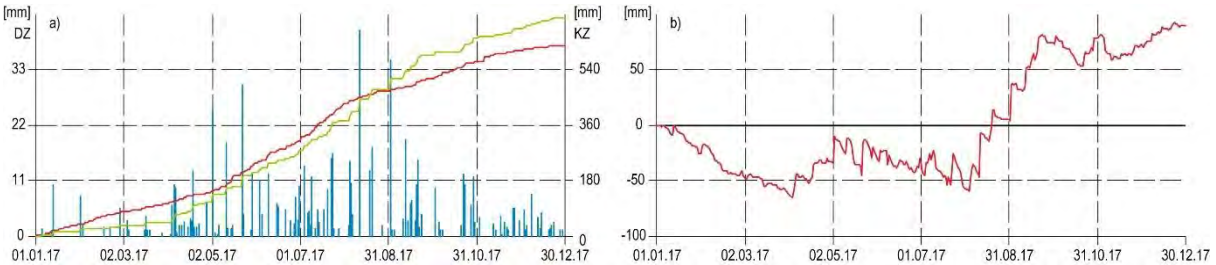
V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 695,3 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla 2016 (145,1 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta 2016 (28,3 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 13,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 30. júna do 30. júla (141,4 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 672,8 mm, čo zodpovedá 110,30 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. 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) a naopak, počas najsuchšieho

tridsaťdňového obdobia (od 2. februára do 4. marca) sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 2,8 mm.



Obr. 4.17.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Lipany (indikatív 59100); 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 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.



Obr. 4.17.8. 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 Ďačov, 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 – hladiny podzemnej vody.

V posledných rokoch sa merania vykonávajú na upravenom súbore inklinometrických vrtov. Týmto krokom malo dôjsť k nahradeniu vrtov DA-2, 3 a 4, ktoré bolo možné na základe vykonanej analýzy (Ondrejka et al., 2016) označiť za nespoľahlivé. Z výsledkov meraní vyplýva, že väčšina vrtov je pre monitorovanie pohybovej aktivity nevhodná. Najlepšie sa osvedčil vrt DA-7 a čiastočne i vrt DA-1. V roku 2017 bol v oboch spomenutých vrtoch pozorovaný pokles pohybovej aktivity. Jej výraznejšie prejavy boli sledované počas jarného merania.

Hladiny podzemnej vody zaznamenali vzostup najmä v zimných, ale aj v jarných mesiacoch. Spôsobené to bolo topením snehovej pokrývky. Celkovo v porovnaní s predchádzajúcim rokom však došlo k vzostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Treba však upozorniť na nízku frekvenciu režimových meraní, vďaka čomu 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.

Ako sme už spomenuli v území neboli doposiaľ vykonané žiadne sanačné opatrenia. Dlhodobo sledujeme nepriaznivú stabilitnú situáciu vo východnej časti územia v okolí

inklinometrického vrtu DA-7. Dlhodobá deformácia počas jarného merania v roku 2017 dosiahla hodnotu 52,23 mm. Pri prepočte na priemernú rýchlosť je to 9,73 mm za rok. Hladina podzemnej vody vo vrte DA-8, ktorý sa tu nachádza, kolíše v závislosti od klimatických pomerov. K stabilizácii tejto časti obce by prispelo hĺbkové odvodnenie zosuvného územia.

V roku 2018 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach (cca 10 krát ročne) 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 (Havčo et al., 2010 a Havčo, 2012). Bližšie informácie o zosuve sú súčasťou správy z prieskumu (Havčo et al., 2010) a monitorovacej správy za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.18.1.

Tab. 4.18.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	1	BIJ-1	2 *(26. apríl, 10. október)*	2 *(2. máj, 17. október)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	BHJ-1, BHJ-3	10 *(2. február, 2. marec, 23. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4	8 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 29. máj, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
Merania zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Bardejov (indikatív 49120)	*Denné úhrny zrážok*	

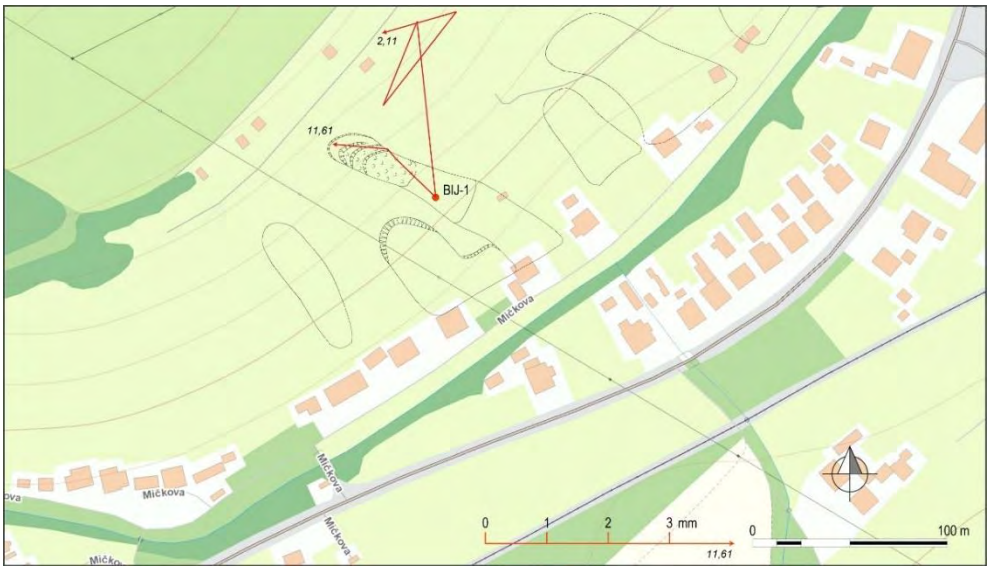
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2016 a 2017 a za dlhšie obdobie pozorovania

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 2016 boli zabezpečené dve merania – jarné a jesenné. Počas jarnej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu jedenásť a pol mesačného obdobia, bol v hĺbke 2,11 m pod terénom nameraný vektor 2,88 mm (3,03 mm.rok^{-1}). Nasledujúca októbrová etapa priniesla pokles deformácie (1,48 mm; 3,23 mm.rok^{-1}).

V roku 2017 sa pokračovalo s rovnakou frekvenciou meraní ako v prechádzajúcom roku. 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.

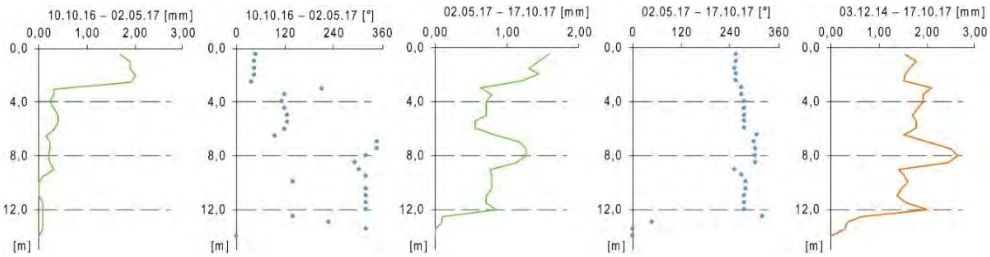


Obr. 4.18.1. Lokalita Bardejovská Zábava – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.18.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.18.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2016 a 2017

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	15. 5. 15 – 26. 4. 16			26. 4. 16 – 10. 10. 16			10. 10. 16 – 2. 5. 17			2. 5. 17 – 17. 10. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
BIJ-1	2,11	1,94	2,88	354	0,67	1,48	202	2,50	1,94	38	1,52	1,21	254
BIJ-1	11,61	1,30	0,91	314	1,39	0,10	320	1,49	0,10	320	2,00	0,85	275

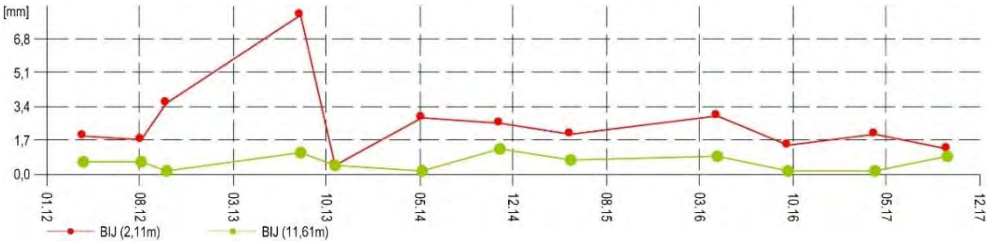
CD – celková deformácia od nultého merania (02.12.14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.18.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach vo vrte BIJ-1 na lokalite Bardejovská Zábava; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Za obdobie od decembra 2014 do októbra 2017 dosiahol celkový výsledný vektor v sledovanej hĺbke 2,11 m pod terénom len 1,52 mm (0,53 mm.rok^{-1}). Nízka hodnota výslednej deformácie je spôsobená rôznorodosťou orientácie vektorov zaznamenaných počas jednotlivých meracích etáp. Napríklad, za posledné dvojročné obdobie sa striedali vektory s orientáciou zo severo-severovýchodu na juho-juhozápad a zo severovýchodu na juhozápad (obr. 4.18.2).

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 posledných rokoch dochádza k postupnému útlmu pohybovej aktivity.



Obr. 4.18.3. Priebehy dlhodobých (2012 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Bardejovská Zábava, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

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). V roku 2016 bolo zabezpečených 10 meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte BHJ-3 (1,77 m pod terénom; 301,82 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-1 bol na úrovni 8,44 m pod terénom. V oboch vrtoch boli spomenuté najvyššie hladiny namerané 30. mája. Najhlbšie hladina podzemnej vody klesla vo vrte BHJ-1, ktorý zachytáva hlbší zvodnený horizont (9,59 m pod terénom; 30. augusta). Počas nasledujúceho termínu bola minimálna hladina podzemnej vody nameraná aj vo vrte BHJ-3. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 5,94 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku nepatrný pokles (o 0,07 m).



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 Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,59 (vrt BHJ-3) do 9,28 m pod terénom (vrt BHJ-1). Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte BHJ-1 (1,15 m).

Tab. 4.18.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2016

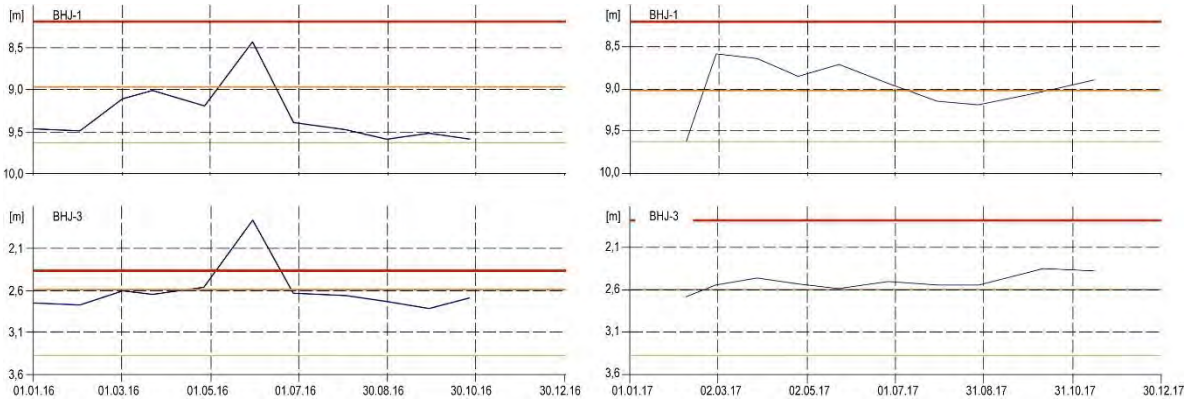
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
BHJ-1	10	8,44	335,32	30.05.16	9,59	334,17	30.08.16	9,28	334,48	1,15
BHJ-3	10	1,77	301,82	30.05.16	2,81	300,78	28.09.16	2,59	301,00	1,04

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a zabezpečených bolo 10 meraní. Režimové pozorovania boli vykonávané od 8. februára do 15. novembra. V plytšom 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 začiatku marca (8,59 m pod terénom; 335,17 m n. m.). V obidvoch vrtoch boli minimálne hladiny zaznamenané počas prvého merania (8. február).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 5,74 m pod terénom, čo 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. 4.18.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2017

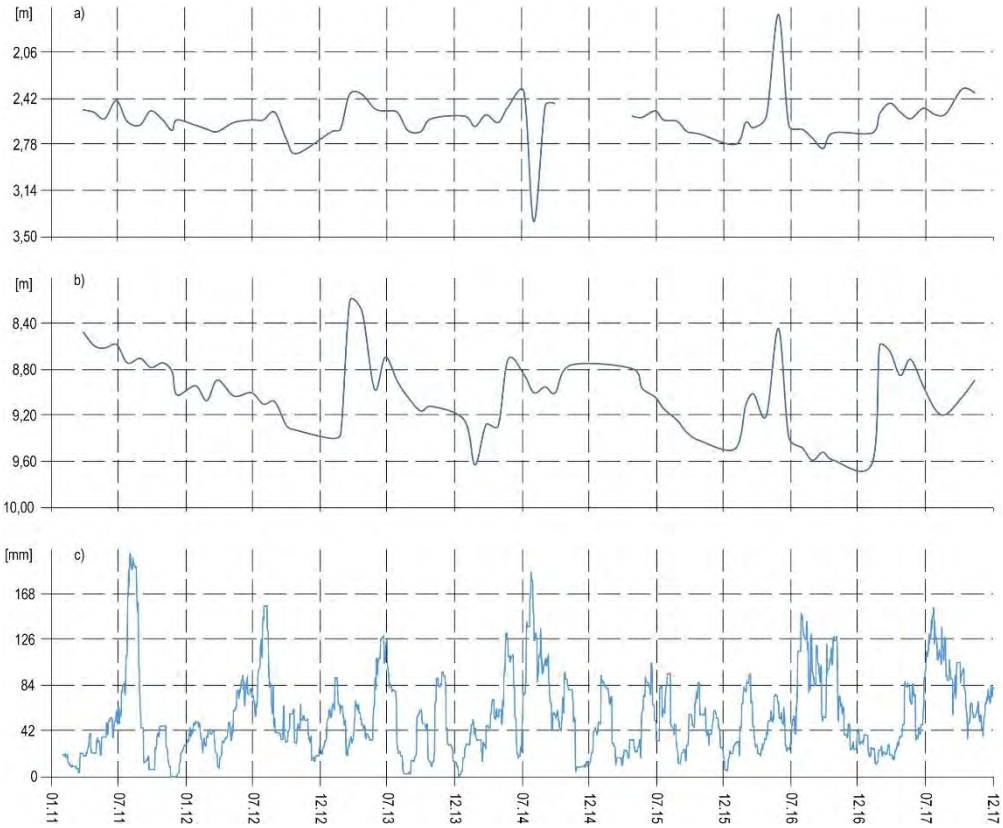
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
BHJ-1	10	8,59	335,17	01.03.17	9,62	334,14	08.02.17	8,96	334,80	1,03
BHJ-3	10	2,35	301,24	11.10.17	2,69	300,90	08.02.17	2,51	301,08	0,34



Obr. 4.18.5. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Bardejovská Zábava, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

Pri porovnaní nameraných hĺbok hladín podzemnej vody v roku 2017 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2015) vyplýva, že väčšiu časť roka oscilovali v blízkosti dlhodobej priemernej hodnoty. Na začiatku februára bola vo vrte BHJ-1 dosiahnutá minimálna hladina. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2016 a 2017 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.18.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.18.6.

Pri hodnotení celého obdobia režimových pozorovaní (2011 až 2017 – obr. 4.18.6), možno konštatovať, že hladina podzemnej vody na zrážkové úhrny reaguje minimálne. Výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody súviseli s jarným obdobím roku 2013 a hodnoteným rokom 2016. V súvislosti s hodnotením režimových ukazovateľov je nutné upozorniť na nízku frekvenciu meraní.



Obr. 4.18.6. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Bardejovská Zábava. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – BHJ-3, b – BHJ-1; c – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Bardejov (indikatív 49120).

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). Počas roka 2016 bolo zabezpečených 8 kontrolných meraní, realizovaných v období od 2. februára do 26. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 29. marca na odvodňovacom vrte HV2 (0,56 l.min^{-1}). Ide o jediný funkčný vrt, teda vrt, na ktorom bol počas monitorovacích meraní zaznamenaný nejaký prietok. Ostatné vrty boli suché počas všetkých meracích termínov. Najnižšia výdatnosť vo vrte HV2 bola nameraná 28. septembra s hodnotou 0,38 l.min^{-1} a priemerná výdatnosť dosiahla 0,46 l.min^{-1}.

Tab. 4.18.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2016

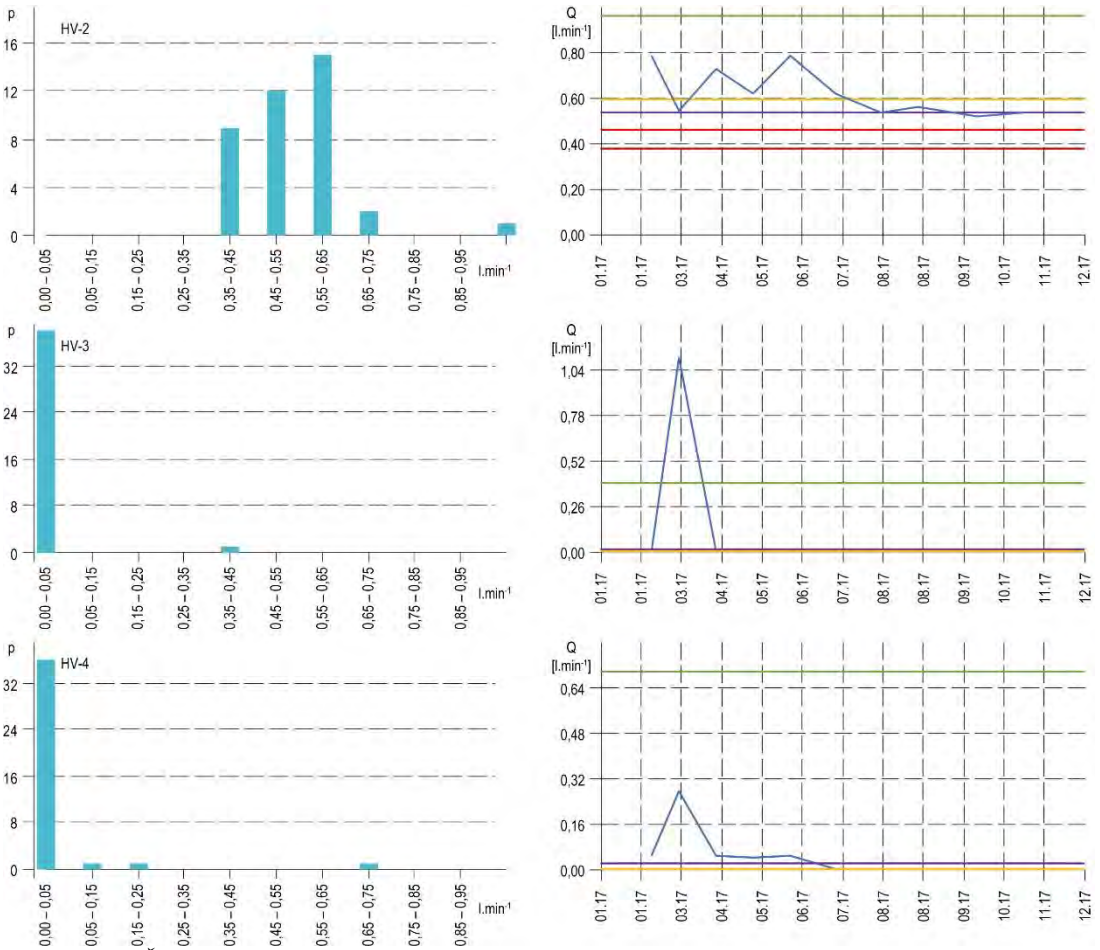
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	8	suchý					
HV-2	8	0,56	29.03.16	0,38	28.09.16	0,46	0,18
HV-3	8	suché					
HV-4	8						

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 však funkčný len vrt HV-2. Ostatné vrty boli minimálne počas troch meraní suché, väčšinou však len kvapkali. Najnižšia 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 až o 1,61 l.min^{-1} a v roku 2017 dosiahla hodnotu 2,07 l.min^{-1}.

Tab. 4.18.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2017

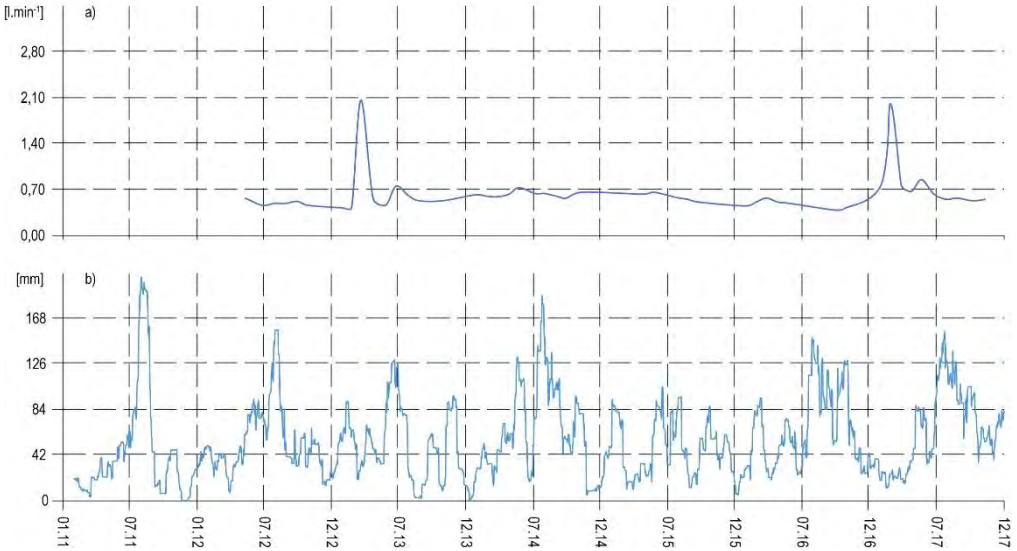
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	[l.min^{-1}]
HV-1	10	kvapká, suchý					
HV-2	10	0,79	08.02.17	0,52	11.10.17	0,63	0,27
HV-3	10	1,12	01.03.17	0,00	29.03.17	1,12	11,16
HV-4	10	0,28	01.03.17	0,00	31.07.17	0,33	2,76



Obr. 4.18.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2012 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Bardejovská Zábava. Analyzované obdobie (AO): máj 2012 – október 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

Zo štatistického spracovania (obr. 4.18.7) je zreteľne vidieť, 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 už spomenutý vrt HV-2. V tomto vrte prevládajú prietoky v intervale 0,55 až 0,65 l.min^{-1}.



Obr. 4.18.8. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Bardejovská Zábava; a – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov; b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Bardejov (indikatív 49120).

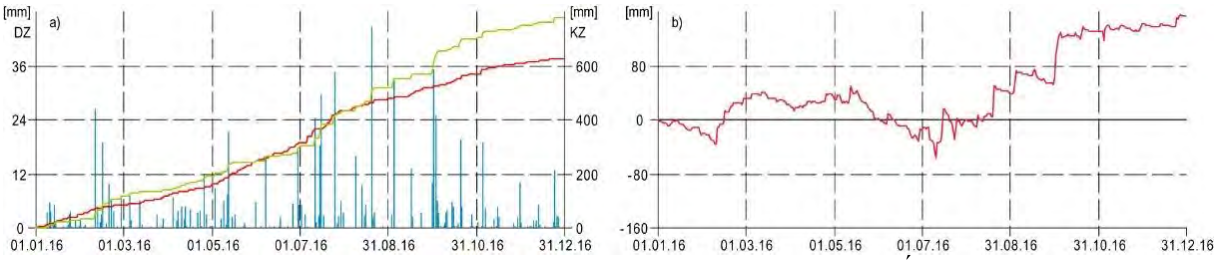
Z dlhodobého hľadiska, prezentovaného na obr. 4.18.8, je vidieť, že zvýšené prietoky boli namerané v druhej polovici marca 2013 a v opisovanom roku 2017. Počas marcového merania v roku 2013 spoločná výdatnosť vo vrtoch HV-2, HV-3 a HV-4 (dosiahla 2,06 l.min^{-1}). Celkovo najnižšia sumárna výdatnosť (zo všetkých odvodňovacích vrtov) bola nameraná na konci septembra v roku 2016. Celkový dlhodobý priemer spoločnej výdatnosti dosiahol 0,62 l.min^{-1}.

d/ Merania zrážkových úhrnov

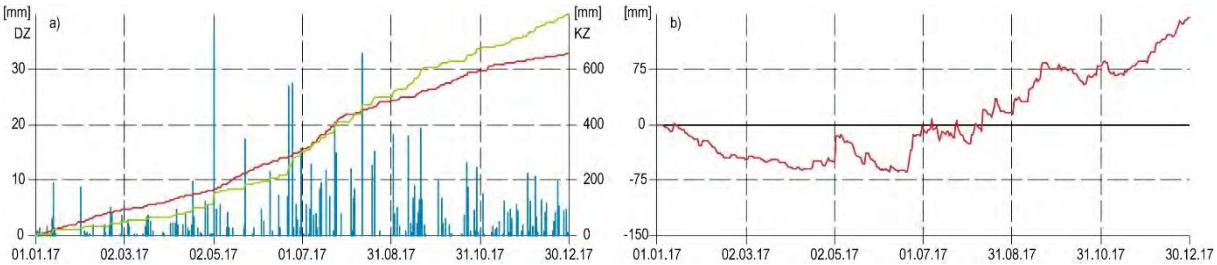
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Bardejov s indikatívom 49120 (obr. 4.18.9 a 4.18.10). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2016 predstavuje 670,2 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 780,2 mm (rok 2016); priemerný mesačný úhrn 55,8 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 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 780,2 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (154,1 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (44,7 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 25,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 26. júna do 26. júla (149,7 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 798 mm, čo zodpovedá 119,1 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. 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) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 15. januára do 14. februára), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 11,8 mm.



Obr. 4.18.9. 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 2016, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.



Obr. 4.18.10. 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.

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 i v roku 2017 bol zachovaný charakter vývoja pohybovej aktivity z predchádzajúceho obdobia. Etapové hodnoty jednotlivých prírastkov deformácie na sledovaných šmykových plochách nepresiahli 2,0 mm. Súčasne, aktuálne namerané azimuty sú v zásadnom rozpore s orientáciou spádnice svahu. Uvedené výsledky naznačujú, že po realizácii sanačného opatrenia, v podobe horizontálnych odvodňovacích vrtov, došlo v predmetnej oblasti k zlepšeniu stabilitných pomerov. Vo vrte BIJ-1 sledujeme dva horizonty, vyššie hodnoty boli namerané v hĺbke 2,11 m pod terénom.

Hladiny podzemnej vody boli monitorované v dvoch vrtoch. Z meraní vyplýva, že priemerná hodnota hladiny podzemnej vody v roku 2017, v porovnaní s rokom 2016, stúpla o 0,2 m. Hladina zaznamenaná vo vrte BHJ-3 sa značnú časť hodnoteného roka nachádzala na úrovni, ktorá je blízka dlhodobému priemeru. Vo vrte BHJ-1 hladina podzemnej vody oscilovala v okolí dlhodobej priemernej hodnoty.

Pri hodnotení výdatnosti odvodňovacích zariadení v roku 2017 stojí za zmienku prietok nameraný vo vrte HV-3 na začiatku marca. Zaznamenaný prietok násobne prekročil doteraz namerané prietoky.

V roku 2018 plánujeme kontrolným inklinometrickým meraním opäť overiť stabilitu zosuvného územia a zabezpečiť režimové 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 2016 a 2017

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 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.19.1.

Tab. 4.19.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prešov-Horárska ul. v rokoch 2016 a 2017

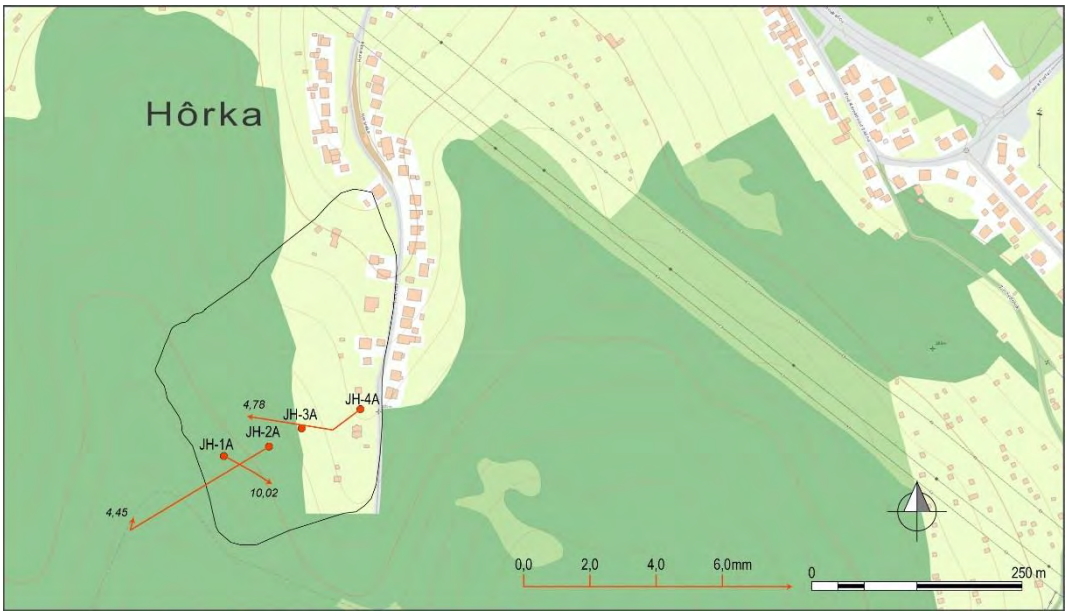
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	4	JH-1A, JH-2A, JH-3A, JH-4A	1 *(13. december)*	1 *(8. december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	4	JH-1, JH-2, JH-4	10 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
	1	JH-3 – automatický hladinomer	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prešov-planetárium (indikatív 59160)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2016 a 2017 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 2016 bolo zabezpečené jedno kontrolné meranie v polovici decembra. Najväčšie vektory boli namerané vo vrte JH-2A na úrovni sledovaných horizontov. V hĺbke 4,45 m pod terénom dosiahol prírastok deformácie 4,9 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,33 mm.rok^{-1}. Deformácia nad 1,5 mm bola nameraná vo vrte JH-3A v hĺbke 8,37 m pod terénom. V zvyšných dvoch vrtoch boli veľkosti prírastkov deformácie blízke 1 mm. Etapové vektory mali prevažne juho-juhozápadný až juhozápadný azimut (JH-2A, JH-3A – v hĺbke 14,37 m pod terénom, JH-4A; tab. 4.19.2). Menej častý bol juhovýchodný azimut. Orientácia spádnice svahu je na severovýchod. Znamená to, že väčšina nameraných etapových vektorov pravdepodobne priamo nesúvisela so zosuvným pohybom.



Obr. 4.19.1. Lokalita Prešov-Horárska ul. – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (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®.

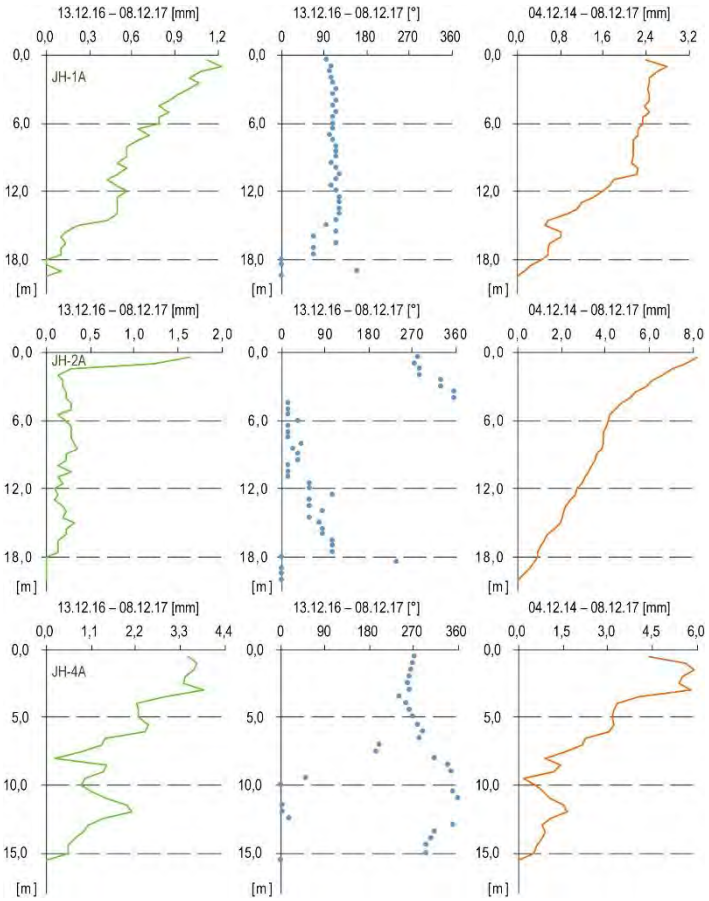
Tab. 4.19.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Prešov-Horárska ul. v rokoch 2016 a 2017

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	27. 10. 15 – 13. 12. 16			13. 12. 16 – 08. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
JH-1A	10,02	1,80	1,06	119	2,22	0,50	123
JH-2A	4,45	4,63	4,90	239	4,41	0,28	15
JH-2A	7,45	4,23	4,32	235	3,92	0,32	42
JH-2A	14,45	2,21	2,00	237	1,92	0,32	78
JH-3A	4,87	0,32	0,10	150	[1]	[1]	
JH-3A	8,37	0,63	1,51	158			
JH-3A	14,37	0,61	0,71	195			
JH-4A	4,78	0,95	1,04	233	3,23	2,51	279

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

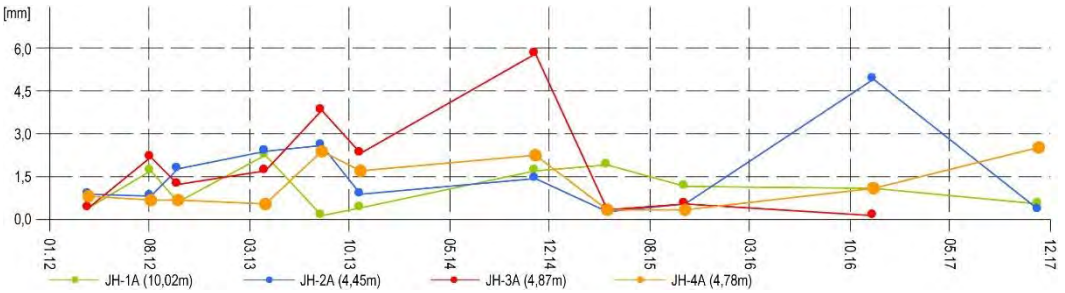
V roku 2017 boli monitorovacie merania zabezpečené na konci jesenného obdobia a zaznamenané vektory charakterizujú pohybovú aktivitu jedného roka. Najvyššia etapová deformácia bola nameraná vo vrte JH-4A (2,51 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 2,54 mm.rok^{-1}). V ostatných vrtoch v sledovaných horizontoch nepresiahli etapové deformácie 0,50 mm.

Opačná 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 doteraz na nevýraznej šmykovej ploche zaznamenaná nepriechodnosť, súvisiaca pravdepodobne s „ustrihnutím“ inklinometrickej pažnice.



Obr. 4.19.2. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Prešov-Horárska ul. (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Pri porovnaní nameraných vektorov v dlhšom období je vidieť, že najväčšie etapové deformácie boli zaznamenané v rokoch 2013, 2014 a 2016. Počas roka 2015 boli namerané najnižšie hodnoty pohybovej aktivity (obr. 4.19.3). V prípade, že videomonitoring potvrdí kritickú deformáciu vo vrte JH-3A, je možné za najaktívnejší považovať rok 2017.



Obr. 4.19.3. Priebehy dlhodobých (2012 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Prešov-Horárska ul., sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

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). V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február –

26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte JH-1 (3,47 m pod terénom; 348,05 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 3,47 až 14,78 m pod terénom (JH-2). Vyskytovali sa hlavne 30. mája (aj vo vrte JH-2), ale i 26. októbra (JH-4). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte JH-2 (16,87 m pod terénom; 2. február). Minimálne hladiny podzemnej vody boli vo všetkých vrtoch namerané 2. februára. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 10,45 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2015 pokles o 0,20 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 4,48 (vrt JH-1) do 15,72 m pod terénom (vrt JH-2). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JH-1 (2,75 m).

Celkovo možno konštatovať, že hladiny podzemnej vody zaznamenané v jednotlivých monitorovacích objektoch v roku 2016 oscilovali na úrovni blízkej dlhodobému priemeru. V prípade vrtu JH-2 bola prekročená dlhoročná minimálna hodnota.

Tab. 4.19.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2016

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	3,47	348,05	30.05.16	6,22	345,30	02.02.16	4,48	347,04	2,75
JH-2	10	14,78	331,01	30.05.16	16,87	328,92	02.02.16	15,72	330,07	2,09
JH-4	10	10,28	310,30	26.10.16	12,17	308,41	02.02.16	11,16	309,42	1,89

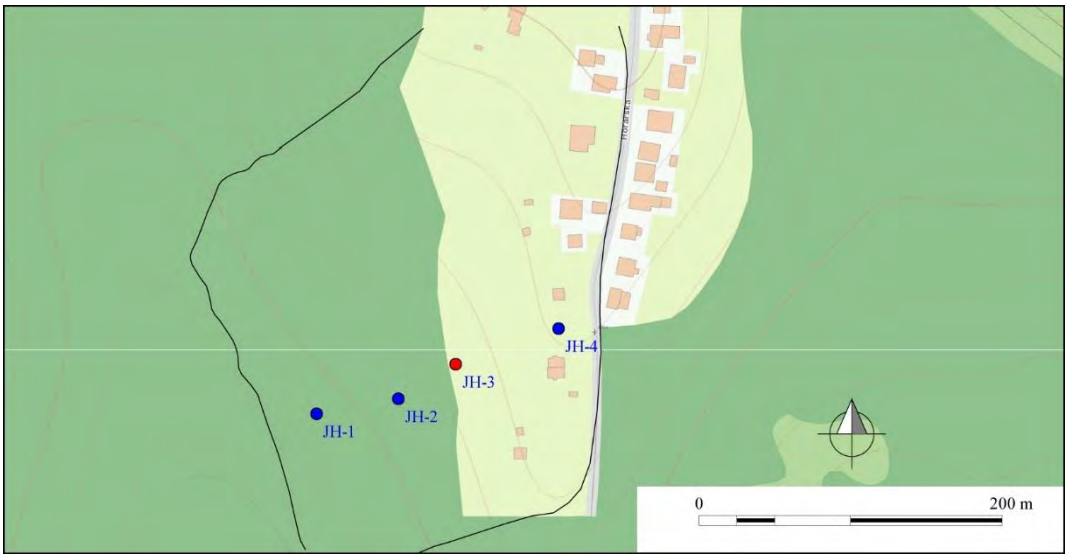
V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní. Monitorovacie aktivity na piezometrických vrtoch boli vykonávané od 8. februára do 15. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná opätovne vo vrte JH-1 (3,06 m pod terénom – 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).

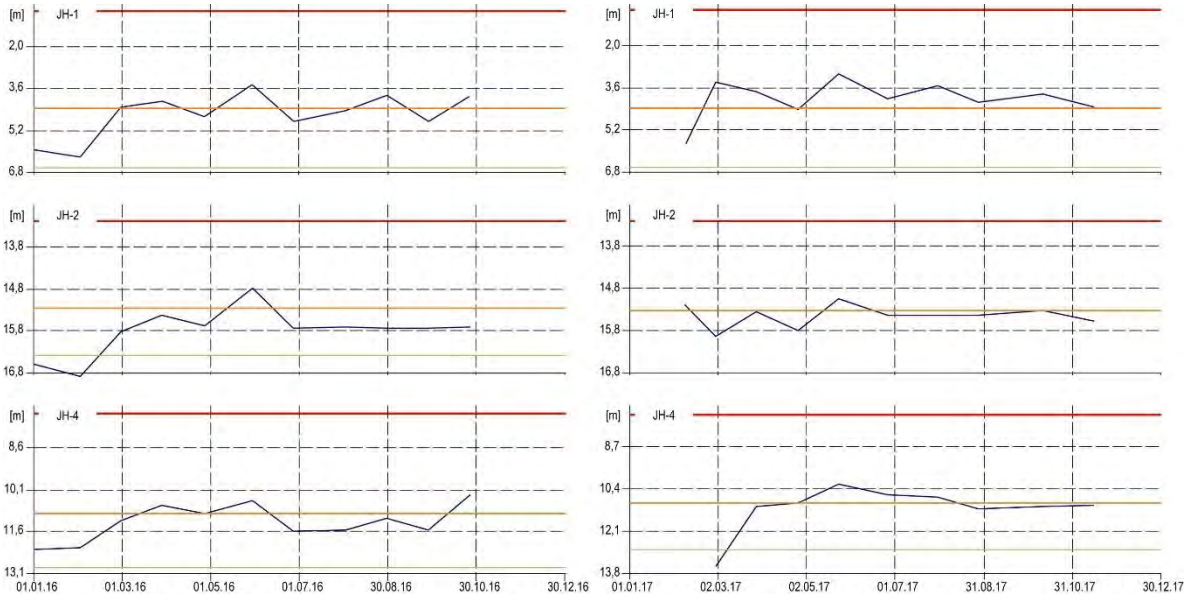
Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch rok 2016 a 2017, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní sú znázornené na obr. 4.19.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.19.6.

Tab. 4.19.4. 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

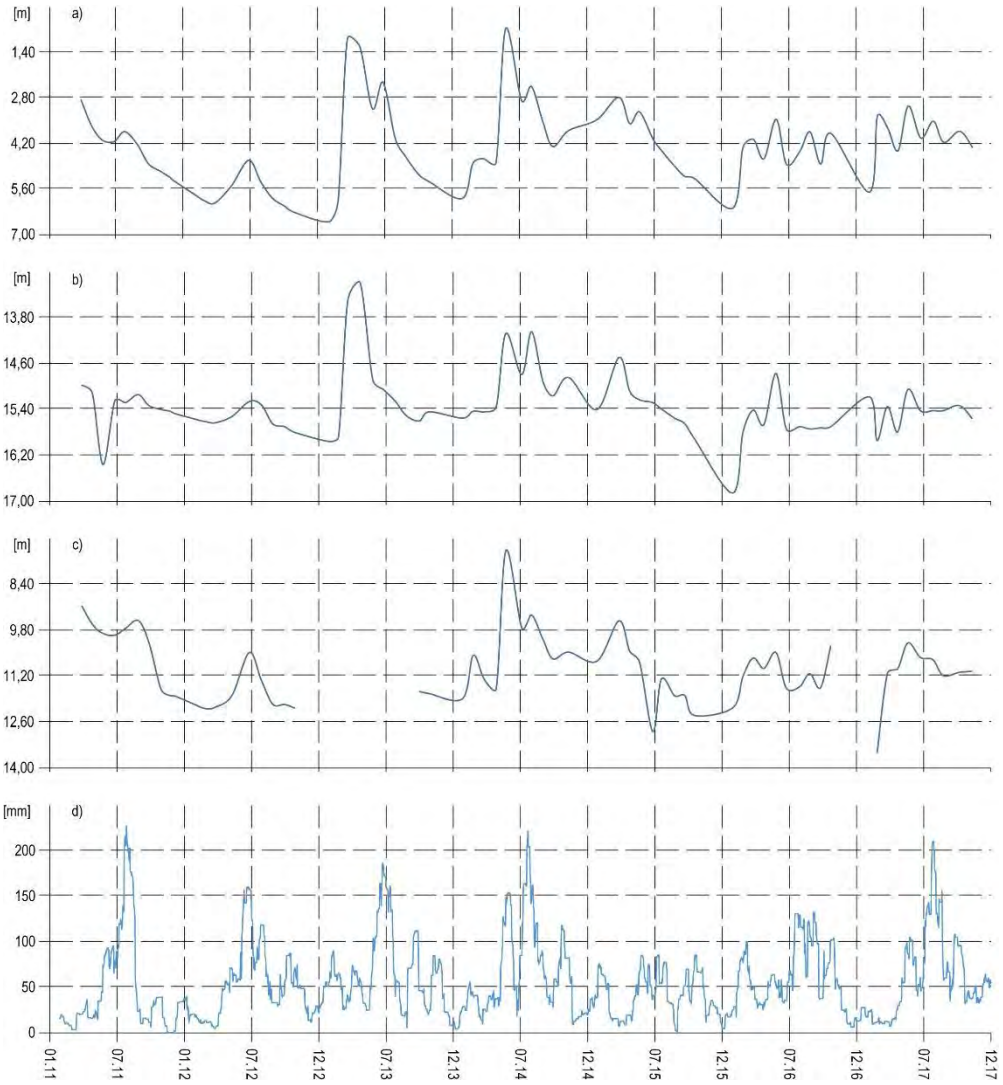


Obr. 4.19.4. Lokalita Prešov-Horárska ul. – situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody. Modré body – hladina podzemnej vody meraná pozorovateľom, červený bod – hladina podzemnej vody meraná automatickým hladinomerom; mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.19.5. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Prešov-Horárska ul., vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

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.



Obr. 4.19.6. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Prešov-Horárska ul. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – JH-1, b – JH-2, c – JH-4; d – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160).

b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomermi

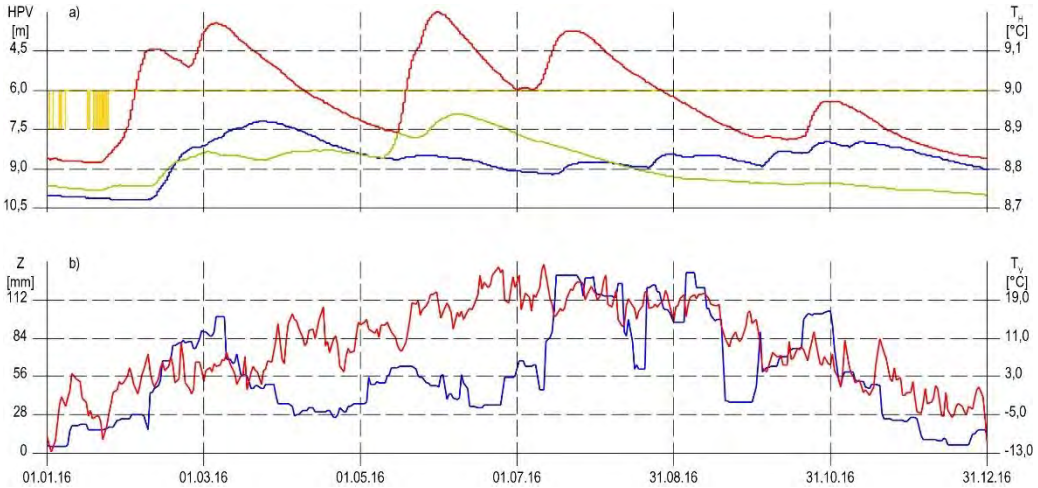
Na lokalite Prešov-Horárska ul. sú automatickým hladinomerom zabezpečované merania vo vrte JH-3. Počas hodnotených rokov 2016 a 2017 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

Tab. 4.19.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2016

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	8784	7,16	328,50	23.03.16	10,20	325,46	01.02.16	8,64	327,02	3,04

V roku 2016 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 7,16 m pod terénom (328,50 m n. m.; 23. marec), čo je v porovnaní s rokom 2015 pokles až o 3,73 m. Najvýraznejší vzostup hladiny podzemnej vody bol pozorovaný od 10. februára a trval približne do konca mesiaca. Následne bol pozorovaný pozvoľný nárast hladiny a trval do druhej polovice marca. V nasledujúcom období hladiny kolísala v úrovni dlhodobých minimálnych hodnôt, resp. pod ich úrovňou. Mierny vzostup bol pozorovaný len v jesennom období

(obr. 4.19.7). Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 10,20 m (325,46 m n. m.), bola dosiahnutá 1. februára. Ide o najnižšiu nameranú úroveň za monitorované obdobie. Oproti predchádzajúcemu roku predstavuje nameraná hladina pokles o 0,19 m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 8,64 m pod terénom (327,02 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom pokles o 0,76 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,04 m, čo znamená, že došlo k jej ustáleniu. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,02 m (čo je 0,66 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 8,19 m pod terénom, 2. kvartil 8,57 m pod terénom a 3. kvartil 8,89 m pod terénom.
Priemerná teplota podzemnej vody, podobne ako v roku 2015, dosiahla 9,0 °C.



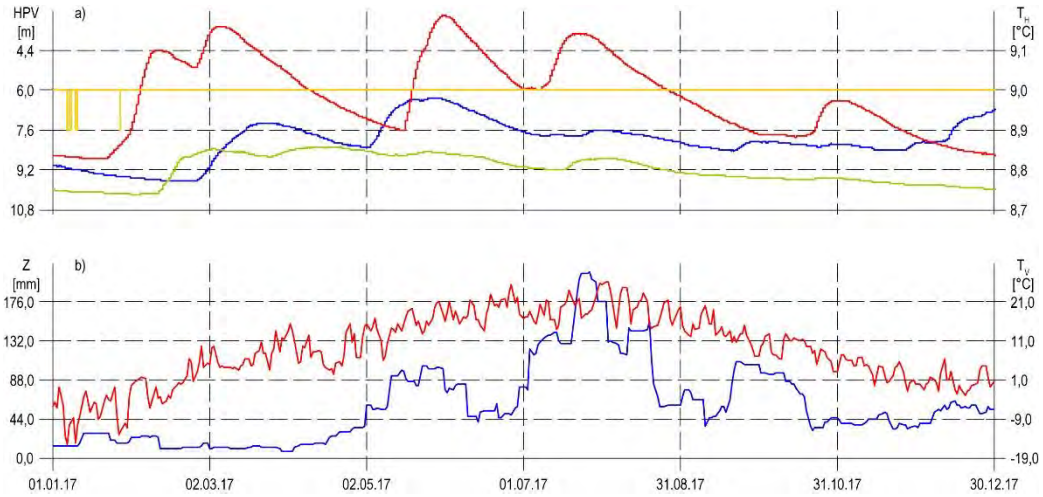
Obr. 4.19.7a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Prešov-Horárska ul.; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte JH-3 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_v (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160).

Tab. 4.19.6. 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

V roku 2017 sa pokračovalo v rovnakom režime meraní. Minimálna hladina podzemnej vody bola 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

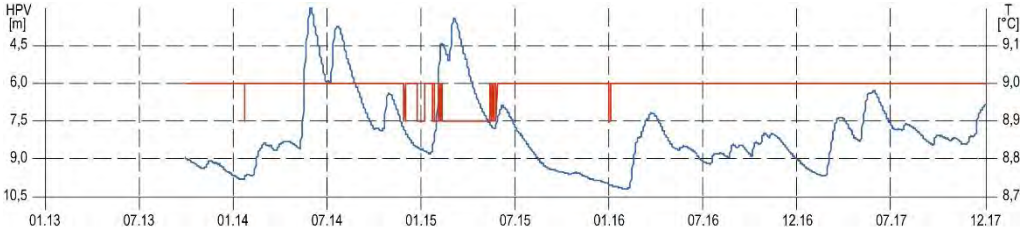
kolísania predstavovala 0,04 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 0,02 m (čo je 0,59 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,59 m pod terénom, 2. kvartil 8,08 m pod terénom a 3. kvartil 8,34 m pod terénom.



Obr. 4.19.7b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickým hladinomerom na lokalite Prešov-Horárska ul.; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte JH-3 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na zrážkomernej stanici SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160).

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.

Pri hodnotení celého obdobia monitorovania v tomto vrte je vidieť (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 prvej polovici júna 2014 s hĺbkou 3,02 m pod terénom. V roku 2015 počas 6. marca dosiahla hĺbku 3,43 m pod terénom. Z dlhodobého hľadiska je významný i rok 2016, počas ktorého sú zaznamenané najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody. Túto skutočnosť je možné posudzovať pozitívne.



Obr. 4.19.8. Priebeh dlhodobých (2013 – 2017) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickým hladinomerom na lokalite Prešov-Horárska ul. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JH-3 (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú 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

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, ktorý sa v minulosti nachádzal v relatívne stabilnom stave, sa v roku 2017 opäť aktivizoval. Dokumentuje to nepriechodnosť vrtu JH-3A, súvisiaca pravdepodobne s „ustrihnutím“ inklinometrickej pažnice. Vrt sa nachádza v strednej časti svahu nad zástavbou rodinných domov. Zvýšené hodnoty etapových prírastkov presiahli hranicu 2,5 mm len vo vrte JH-4A, ktorý sa nachádza v kontakte so zastavaným územím. Pri hodnotení ostatných vrtov možno konštatovať relatívne priaznivý stabilitný vývoj. Počas hodnoteného dvanásťmesačného obdobia bol zachovaný trend pohybovej aktivity z predchádzajúceho obdobia. Dosiahnuté vektory sa pohybovali rádovo v desatinách milimetra. Orientácia vektorov, podobne ako po minulé roky, bola rôznorodá, od severu, resp. severovýchodu až po západ. Väčšina nameraných vektorov teda nemá priamy logický súvis so zosuvným pohybom.

V prípade hladín podzemnej vody, sledovaných pozorovateľom, ale aj automatickým hladinomerom, boli počas roku 2017 pozorované úrovne, ktoré je možné z dlhodobého hľadiska označiť ako priemerné. Vo vrte JH-4 bol dosiahnutý minimálny stav hladiny podzemnej vody za celé obdobie monitorovania.

V budúcom roku 2018 vzhľadom na spoločenský význam zosuvnej lokality plánujeme zabezpečiť jedno kontrolné inklinometrické meranie. Zároveň plánujeme vo vrte JH-3A pomocou videomonitoringu posúdiť skutkový stav inklinometrickej pažnice v oblasti, ktorá sa počas merania prejavila ako nepriechodná („ustrihnutá“). Merania režimových ukazovateľov budú pokračovať s frekvenciou 10 meraní. Súčasne bude zabezpečený zber a spracovanie údajov z automatického hladinomera.

1.4.20. Lokalita Čirč

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 2016 a 2017

V rokoch 2017 a 2017 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 Čirč v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	Č-1 a Č-3	10 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	Spoločná výdatnosť troch odvodňovacích vrtov (VV-1, VV-2, VV-3)	10 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
Merania zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Lipany (59100); Malcov (49040)	*Denné úhrny zrážok*	

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

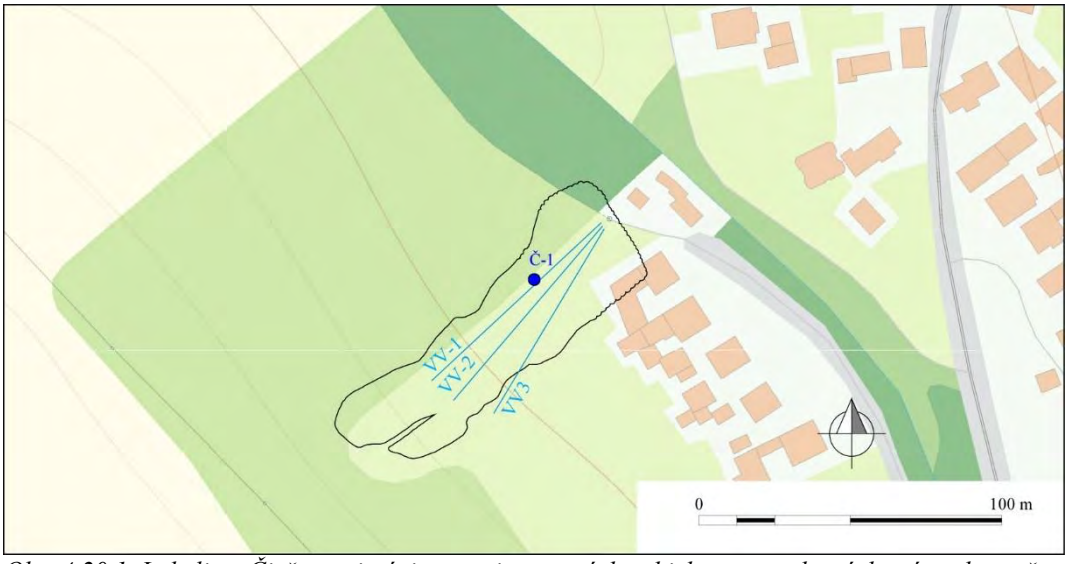
a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Čirč sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v dvoch vrtoch (Č-1 a Č-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).

V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte Č-1 (3,82 m pod terénom – 495,46 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte Č-3 bol zaznamenaný 1. marca v hĺbke 9,09 m pod terénom. Naopak, najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte Č-3; nameraná bola v hĺbke 10,71 m pod terénom, avšak počas marcového a aprílového

merania bol vrt suchý. Minimálna hladina podzemnej vody vo vrte Č-1 bola nameraná na začiatku februára.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 7,22 m pod terénom, čo je oproti roku 2015 vzostup o 0,19 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,61 (vrt Č-1) do 9,84 m pod terénom (vrt Č-3). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte Č-3 (nie je možné presne kvantifikovať veľkosť amplitúdy ročných zmien, pretože istú časť monitorovaného obdobia bol vrt suchý, teda hladina podzemnej vody sa nachádzala vo väčšej hĺbke než je samotné dno vrtu; nameraná zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 1,62 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2013 do 2015) vyplýva, že vo vrte Č-1 bola prekročená dlhodobá maximálna hladina podzemnej vody o 0,36 m.



Obr. 4.20.1. Lokalita Čirč – 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 Šimekovej et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.20.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2016

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.]	
Č-1	10	3,82	495,46	30.05.16	5,16	494,12	02.02.16	4,61	494,67	1,34
Č-3	10	9,09	495,62	01.03.16	10,71	492,69	02.02.16	9,84	494,44	1,62

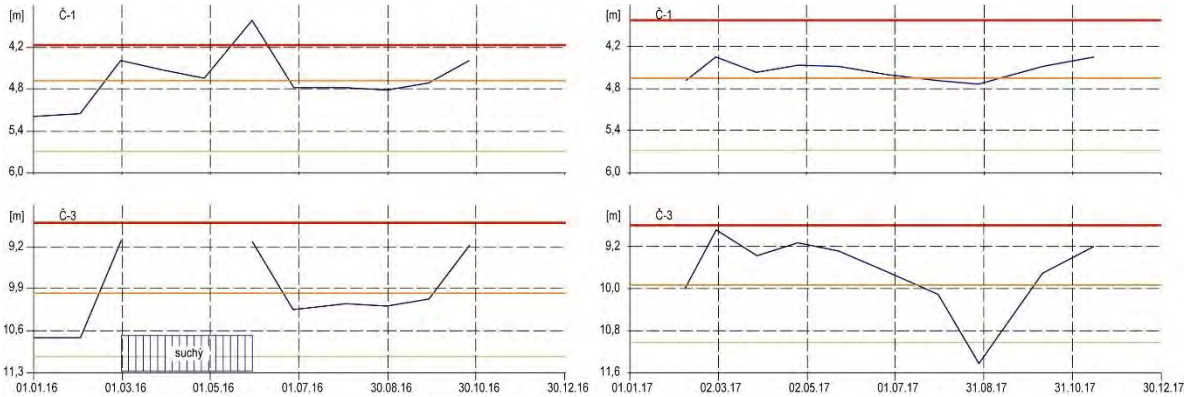
V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a celkovo bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 8. februára do 15. novembra. V plytšom horizonte, vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný počas novembrového (4,35 m pod terénom – 494,93 m n. m.). Vo vrte Č-3, ktorým sú sledované zmeny hladiny podzemnej vody v hlbšom horizonte, bol maximálny stav nameraný 1. marca (8,89 m pod terénom – 495,82 m n. m.). Naopak, hladiny podzemnej vody zaznamenali najväčší pokles na konci augusta. Hlbšie bola nameraná hladina podzemnej vody vo vrte Č-3, a to v hĺbke 11,44 m pod terénom (493,27 m n. m.).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 7,11 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,11 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,54 (vrt Č-1) do 9,68 m pod terénom (vrt Č-3). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte Č-3 (2,52 m).

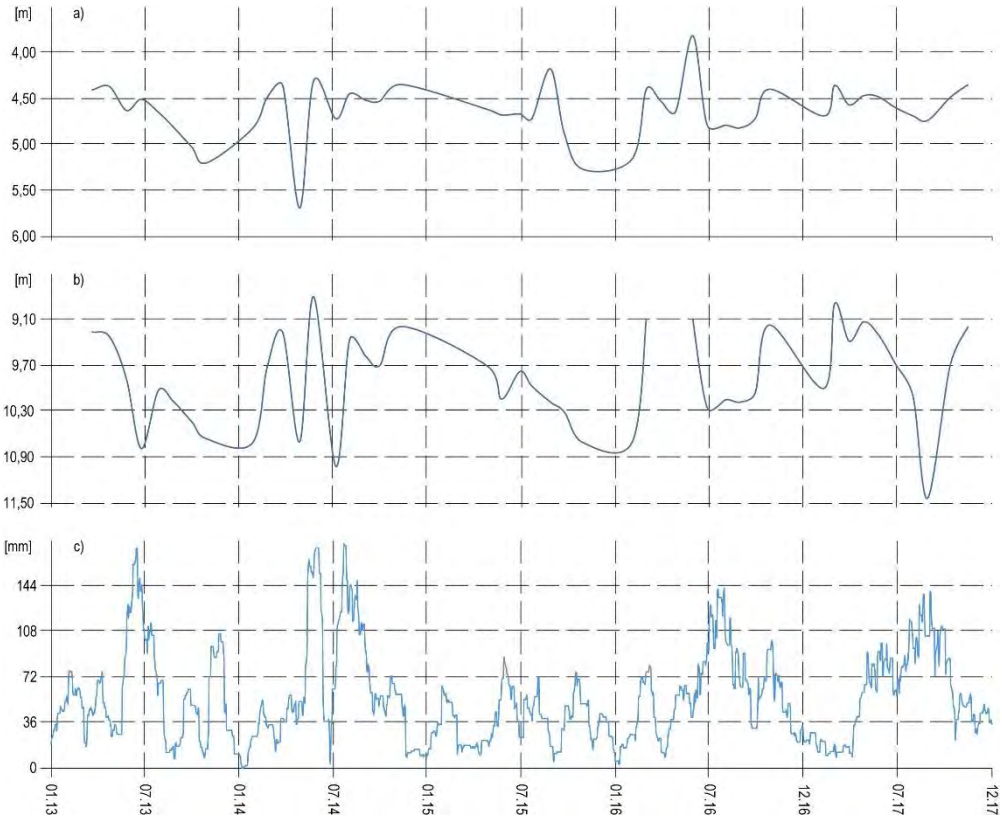
Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovaných vrtoch v rokoch 2016 a 2017 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi sú na obr. 4.20.2 a jej dlhodobé zmeny spolu s kumulatívnymi zrážkovými úhrnmi sú na obr. 4.20.3.

Tab. 4.20.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč 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.]	
Č-1	10	4,35	494,93	15.11.17	4,74	494,54	28.08.17	4,54	494,74	0,39
Č-3	10	8,89	495,82	01.03.17	11,44	493,27	28.08.17	9,68	495,03	2,55



Obr. 4.20.2. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Čirč, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).



Obr. 4.20.3. Priebeh dlhodobých (2013 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Čirč. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – Č-1, b – Č-3; c – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Lipany s indikatívom 59100).

Z dlhodobého hľadiska bol významný rok 2016. Hladina podzemnej vody vo vrte Č-1 dosiahla maximálnu úroveň, ale vzhľadom na skutočnosť, že frekvencia meraní je nízka, len 10 meraní za rok, je potrebné upozorniť, že v obdobiach s častejším výskytom intenzívnych zrážok hladiny podzemnej vody môžu vystúpiť i do vyššej úrovne. Overenie skutočného vývoja hladiny podzemnej vody by umožnila prevádzka automatického hladinomera s pravidelným hodinovým záznamom.

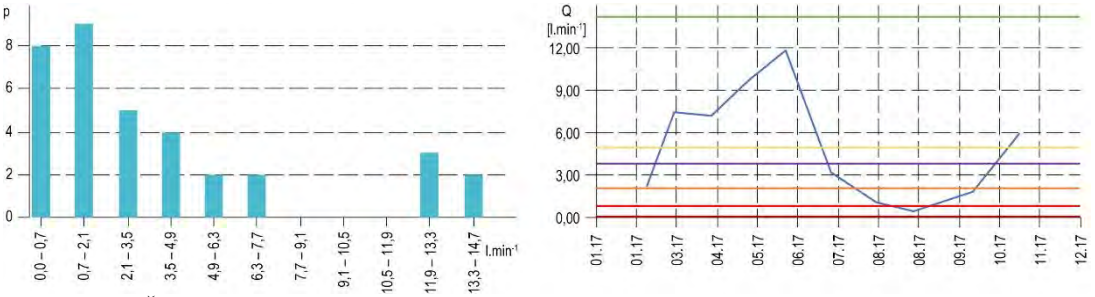
b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Čirč 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). V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 2. februára do 26. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca s hodnotou 13,80 l.min^{-1}. V tomto období dosahovala maximálny stav hladina podzemnej vody vo vrte Č-3. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná 27. júna, čo súvisí so zrážkovým deficitom, ktorý sa začal prejavovať na konci mája a trval počas prvej polovice júna. Z hľadiska hodnotenia efektívnosti odvodňovacieho systému v roku 2016, je pozitívne, že ani počas jedného merania neklesla výdatnosť na 0,0 l.min^{-1}. Celkové kolísanie výdatnosti dosiahlo 13,29 l.min^{-1}.

Tab. 4.20.4. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2016

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	13,80	01.03.16	0,51	27.06.16	4,00	13,29

V roku 2017 bolo zabezpečených rovnako ako v roku 2016 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}.



Obr. 4.20.4. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2013 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Čirč. Analyzované obdobie (AO): marec 2013 – október 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

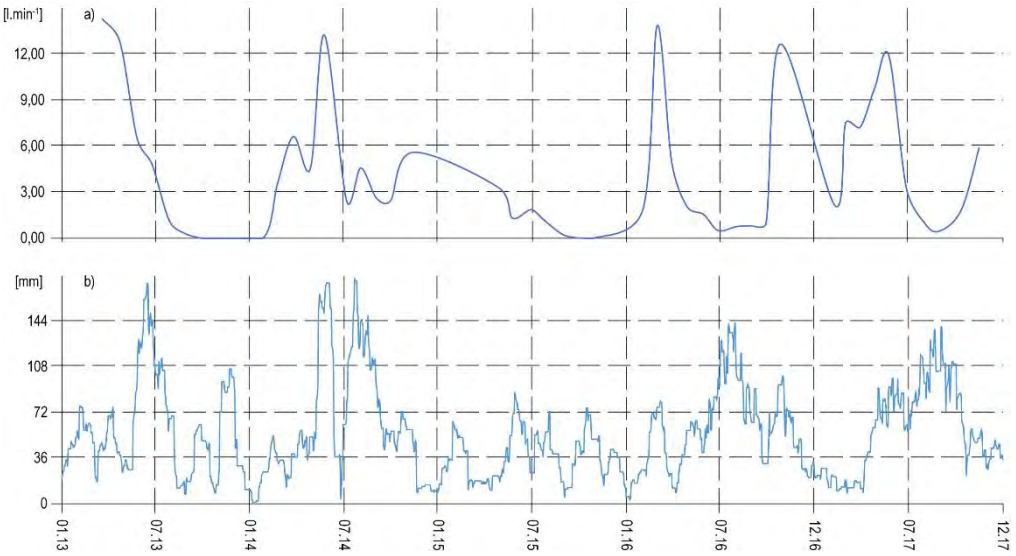
Štatistické zhodnotenie výdatnosti na základe doteraz zaznamenaných a spracovaných výsledkov je znázornené na obr. 4.20.4. Priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia v dlhšom časovom horizonte je spolu so zrážkami znázornený na obr. 4.20.5.

Tab. 4.20.5. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč 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

Z 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. 1. kvartil sa nachádza na úrovni 0,79 l.min^{-1}, 2. kvartil – 2,1 l.min^{-1}, 3. kvartil – 4,89 l.min^{-1} a najvyššia výdatnosť 14,24 l.min^{-1}.

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.



Obr. 4.20.5. Priebeh dlhodobých (2013 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Čirč; a – spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení VV-1 až VV-3, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Lipany (indikatív 59100).

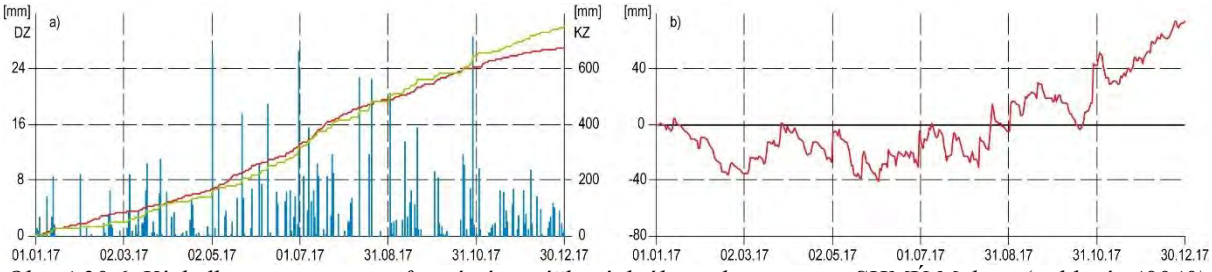
c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Lipany s indikatívom 59100 (obr. 4.17.7 a 4.17.8) a Malcov s indikatívom 49040 (obr. 4.20.6). Informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Lipany je uvedená v podkapitole 1.4.15 (lokalita Ďačov).

Na stanici Malcov dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2016, dosiahol 666,2 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 814,9 mm (rok 2014); 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 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 789,0 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (160,2 mm) a najvyšší denný úhrn 13. júl (41,2 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 21,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 17. júna do 17. júla (157,7 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 696,0 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) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 14. januára do 13. februára), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 9,8 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 – 2017); 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 2017 bol oproti predchádzajúcemu roku pozorovaný mierny vzostup priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Zároveň stúpla i hodnota priemernej ročnej výdatnosti. V tejto súvislosti treba však poznamenať, že merania sú vykonávané s nízkou frekvenciou a tým pádom spomenutý vzostup nie je jednoznačný.

Na zosuvnej lokalite plánujeme v roku 2018 pokračovať v monitorovacích meraniach v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v roku 2017.

1.4.21. Lokalita Žilina-Vranie

Stručná charakteristika lokality

Vranie je mestskou časťou mesta Žilina. Leží na pravej strane rieky Kysuca pred Kysuckou bránou. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správy zo sanácie (Fekeč et al., 2014h in Šimeková et al., 2014), ako aj monitorovania v roku 2014 a 2015 (Ondrejka, et al., 2015 a 2016). Monitorovacia sieť pozostáva zo šiestich vrtov. Tri vrty sú vybudované ako piezometrické a tri ako inklinometrické.

Prehľad monitorovacích aktivít v roku 2016

Na zosuvnej lokalite sa v rokoch 2015 a 2016 sústredila pozornosť na inklinometrické merania. Frekvencia meraní je zhrnutá v tab. 4.21.1.

Tab. 4.21.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Žilina-Vranie v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*
	Počet	Označenie	Rok 2016
Inklinometrické	3	INV-1, INV-2, INV-3	1 *(14. september)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Žilina (indikatív 25040)	*Denné úhrny zrážok*

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za rok 2016

a/ Inklinometrické merania

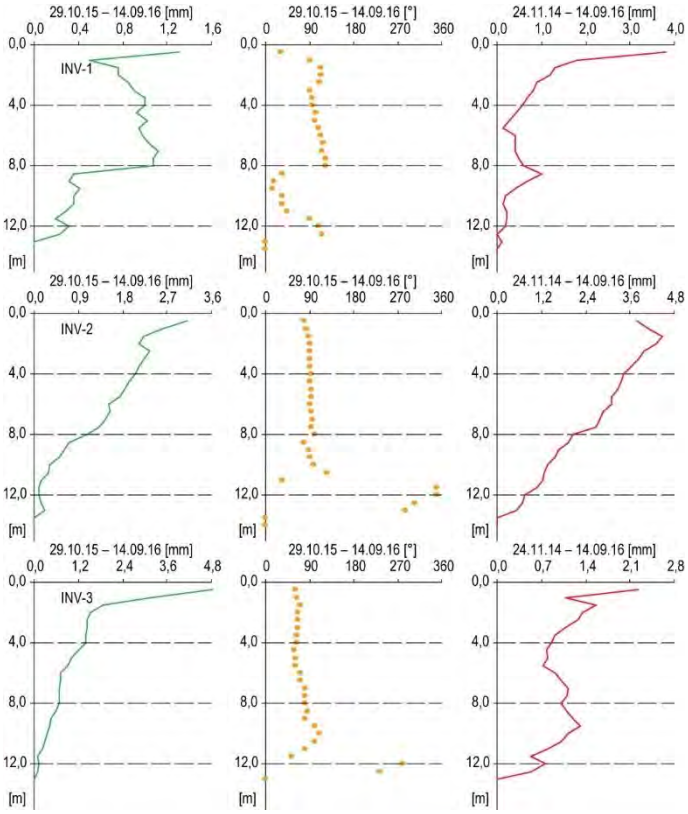
Na lokalite sa nachádzajú tri vrty, z ktorých dva sú situované pod a jeden nad cestnou komunikáciou (ul. Drozdia). Merania sa realizujú od novembra 2014. V roku 2016 bolo zabezpečené jedno meranie, ktoré zahŕňa pohybovú aktivitu v období od konca októbra 2015 do polovice septembra 2016. Z výsledkov vyplýva pokles pohybovej aktivity. Maximálna etapová deformácia bola nameraná vo vrte INV-2, kde bola v hĺbke 7,41 m pod terénom nameraná deformácia 1,33 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 1,52 mm.rok^{-1}. Deformácia nad 1 mm bola nameraná aj vo vrte INV-1 v hĺbke 7,19 m pod terénom – 1,08 mm, čo vytvára priemernú rýchlosť pohybu 1,23 mm.rok^{-1}. Najnižšia deformácia bola nameraná vo vrte INV-3 (0,42 mm; 0,48 mm.rok^{-1}). Vektory mali zväčša východný, ojedinele juhovýchodný azimut (obr. 4.21.2), teda v smere spádnice svahu.

Tab. 4.21.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Žilina-Vranie v roku 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	29. 10. 15 – 14. 9. 16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INV-1	7,19	0,60	1,08	124
INV-2	7,41	2,68	1,33	93
INV-3	8,70	1,32	0,42	100

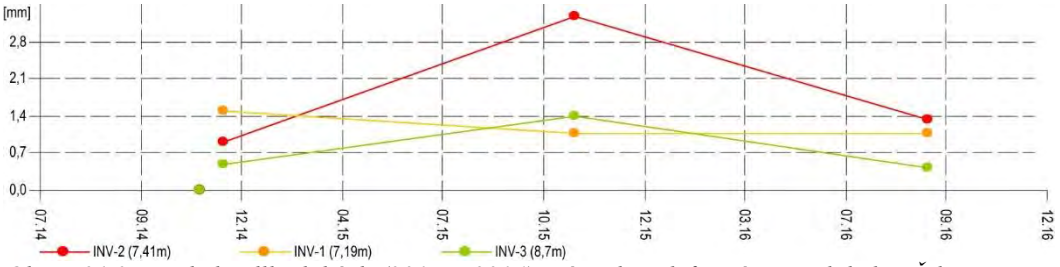


Obr. 4.21.1. Lokalita Žilina-Vranie – vektory deformácií namerané v roku 2016 (obdobie meracej etapy je v súlade s tab. 4.21.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Fekeča et al. (2014h in Šimeková et al., 2014), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.21.2. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Žilina-Vranie (označenie vrtov je uvedené vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Pri pohľade na pohybovú aktivitu počas jednotlivých monitorovacích etáp (obr. 4.21.3) je možné konštatovať, že zosuv sa nachádza v relatívne stabilnom stave. Najvyššie deformácie boli namerané vo vrte INV-2, opačne, najnižšie deformácie boli zaznamenané vo vrte INV-3.



Obr. 4.21.3. Priebehy dlhodobých (2014 – 2016) prírastkov deformácie na lokalite Žilina-Vranie, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Žilina s indikatívom 25040. V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 869,10 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (179,1 mm) a najvyšší denný úhrn 2. júla (41,6 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 21,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. júla do 31. júla (174,1 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,7 mm.

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 841,7 mm, čo je o 27,4 mm menej ako v roku 2016. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (154,6 mm) a najvyšší denný úhrn 17. septembra (32,6 mm). Najsuchším mesiacom bol marec so 16,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 24. augusta do 23. septembra (157,7 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 15. januára do 14. februára), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 9,5 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Od roku 2014 do roku 2016 bola na lokalite Žilina-Vranie pozornosť venovaná výlučne meraniam pohybovej aktivity prostredníctvom metódy presnej inklinometrie. Merania boli vykonávané v troch vrtoch, ktoré sa nachádzali v blízkosti zosuvom ohrozenej cesty. V minulosti zabezpečované inklinometrické merania boli v roku 2017 prerušené. Posledné merania v roku 2016, ktorými bola overená stabilitná situácia zosuvného telesa, boli realizované počas septembra. Z výsledkov meraní vyplýva, že zosuvný svah sa v roku 2016 v porovnaní s predchádzajúcim rokom nachádzal v relatívne stabilnom stave. Najvyššia pohybová aktivita bola sledovaná vo vrte INV-2. Azimuty etapových vektorov boli v roku 2016, na rozdiel od predchádzajúceho obdobia, orientované prevažne na východ, teda v smere spádnice svahu. Obnovenie meraní plánujeme najskôr v roku 2019, prípadne i skôr, ak nastane oprávnené podozrenie zhoršenia stabilitných pomerov v monitorovanom území.

1.4.22. 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 (Fekeč et al., 2014d in Šimeková et al., 2014), ako aj z monitorovania (Ondrejka et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.22.1.

Tab. 4.22.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšná Hutka v rokoch 2016 a 2017

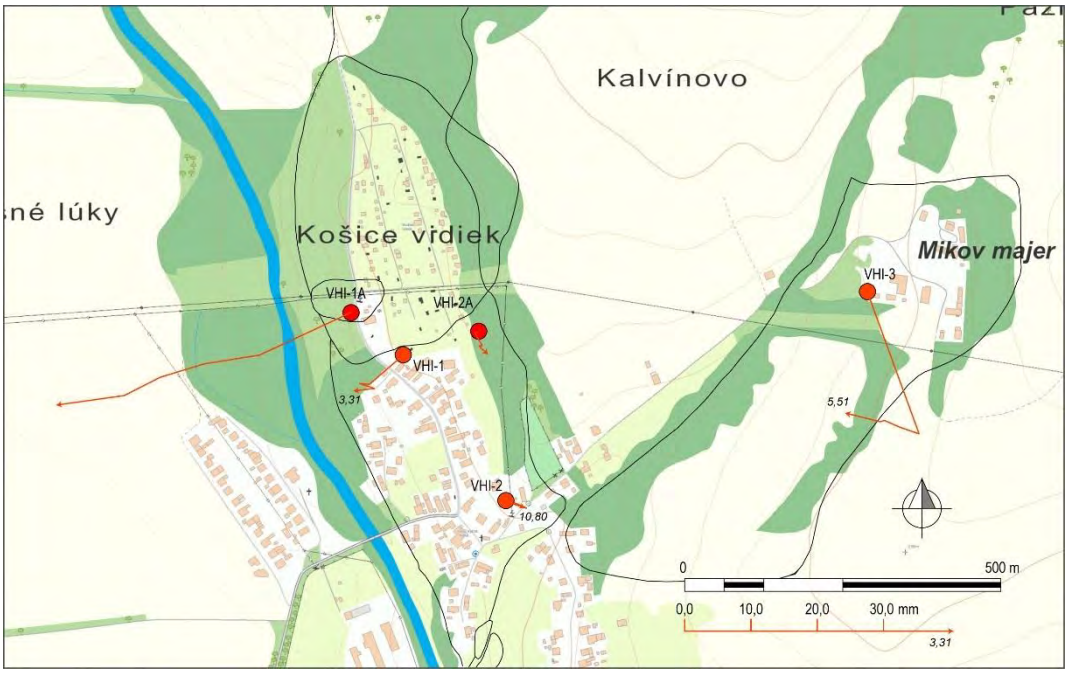
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	5	VHI-1, 2, 3, VHI-1A, 2A	3 *(26. apríl, 19. august, 12. december)*	2 *(10. apríl, 15. november)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	4	VHG-1 až 4[1]	10 *(3. február, 1. marec, 30. marec, 28. apríl, 30. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)*	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	2	VHSHV-1, VHSHV-2	10 *(3. február, 1. marec, 30. marec, 28. apríl, 30. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)*	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	*Denné úhrny zrážok*	

[1] *– len do roku 2016*

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

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania na lokalite Vyšná Hutka boli v rokoch 2016 a 2017 zabezpečené na 5 vrtoch, ktoré sú v rámci obce situované v troch častiach. Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.22.2 a prezentované na obr. 4.22.1, 4.22.2 a 4.22.3.



Obr. 4.22.1. Lokalita Vyšná Hutka – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.22.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2016 boli zabezpečené tri meracie etapy – jarná, letná a jesenná. Najvýraznejšia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas jarnej etapy, ktorá charakterizovala obdobie od konca októbra 2015 do konca apríla 2016. Maximálny vektor v rámci sledovaných šmykových plôch bol nameraný vo vrte HVI-3. Vrt sa nachádza v oblasti Mikovho majera severovýchodne od centra obce. V tomto vrte v hĺbke 5,51 m pod terénom bola nameraná deformácia 22,72 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 45,57 mm.rok^{-1}. Nameraný vektor mal orientáciu na juho-juhovýchod. V jarnom období boli veľmi vysoké deformácie namerané aj vo vrte VHI-1A. Tento vrt sa nachádza v severovýchodnej časti intravilánu obce. Počas merania bola v hĺbke 4 m od pažnice nameraná deformácia 15,17 mm (30,43 mm.rok^{-1}). V tomto prípade bol vektor orientovaný na juhozápad. Deformácie nad 5 mm boli namerané aj vo vrte VHI-1 (6,08 mm v hĺbke 3,31 m pod terénom, najvyššia deformácia v rámci sledovaných horizontov bola nameraná v hĺbke 1,81 m pod terénom; tab. 4.22.2).

Tab. 4.22.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšná Hutka v rokoch 2016 a 2017

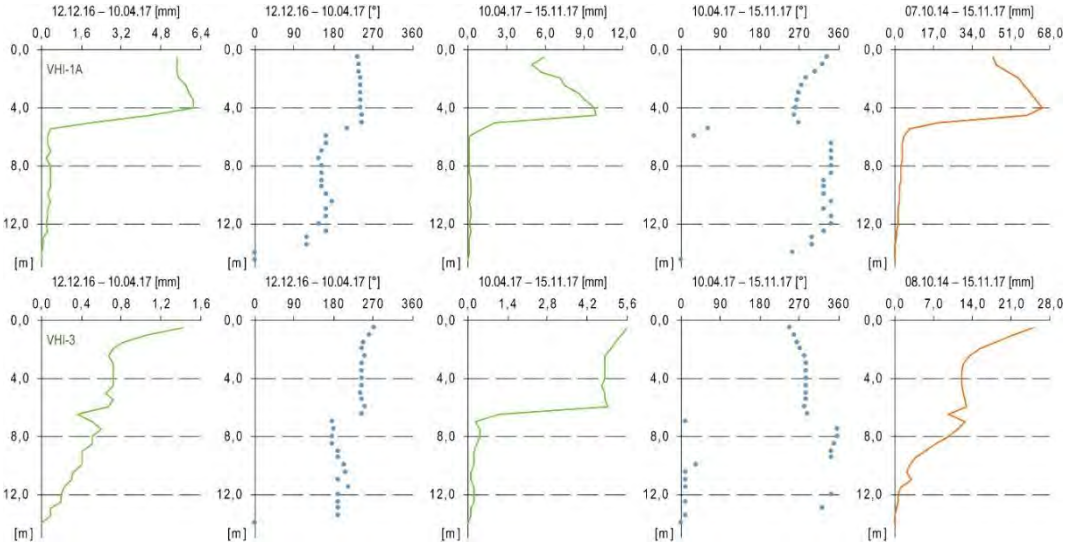
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	27. 10. 15 – 26. 4. 16			26. 4. 16 – 19. 8. 16			19. 8. 16 – 12. 12. 16			12. 12. 16 – 10. 4. 17			10. 4. 17 – 15. 11. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VHI-1	3,31	8,66	6,08	229	9,23	0,61	229	10,68	1,58	275	8,99	2,15	108	11,24	2,33	263
VHI-1	4,81	6,36	5,58	235	6,22	0,30	130	7,41	1,28	271	5,82	2,15	108	7,20	1,56	270
VHI-1	8,81	3,35	3,55	230	3,20	0,40	130	3,49	0,36	276	3,62	0,14	265	3,27	0,36	74
VHI-1	1,81	8,63	8,15	243	6,73	3,29	110	9,05	3,40	282	8,08	1,94	118	9,05	0,98	244
VHI-1A	4,00[1]	33,92	15,17	245	42,04	8,46	261	48,94	6,94	253	55,00	6,07	243	64,55	9,82	262
VHI-2	10,80	1,40	1,48	112	3,20	1,89	108	2,44	0,76	297	1,12	1,34	293	2,40	1,30	117
VHI-2A	11,50[1]	0,81	0,32	228	0,71	0,22	273	2,97	2,28	149	2,83	0,50	263	4,05	1,33	133
VHI-3	5,51	9,67	22,72	160	9,30	3,14	289	9,53	2,47	294	10,07	0,67	253	12,97	4,91	284

CD – celková deformácia od nultého merania (8. 10. 14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – hĺbka je uvádzaná od ústia pažnice.

Počas letného merania boli zaznamenané podstatne nižšie hodnoty deformácie. I napriek tejto skutočnosti, vo vrte VHI-1A bola nameraná deformácia 8,46 mm (26,87 mm.rok^{-1}). Nameraný vektor pokračoval približne v rovnakom smere ako na jar. Zvýšená pohybová aktivita bola i vo vrte VHI-3 (3,14 mm; 9,97 mm.rok^{-1}). V tomto vrte došlo v porovnaní

s posledným meraním k pomerne výraznému upokojeniu, zároveň sa však zmenil aj azimut. Z juhovýchodu sa otočil na západ až severozápad. V ostatných vrtoch boli počas tejto etapy namerané vektory, ktorých hodnoty sú charakteristické pre relatívne stabilné územia.

Posledná etapa priniesla potvrdenie stabilizácie pohybovej aktivity. Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná opakovane vo vrte VHI-1A. V hĺbke 4 m od ústia pažnice bola nameraná deformácia 6,94 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 22,01 mm.rok^{-1}. Deformácie nad 2 mm boli namerané vo vrtoch VHI-2A a VHI-3. Pomerne veľká deformácia, avšak relatívne plytko pod terénom, bola nameraná aj vo vrte VHI-1.

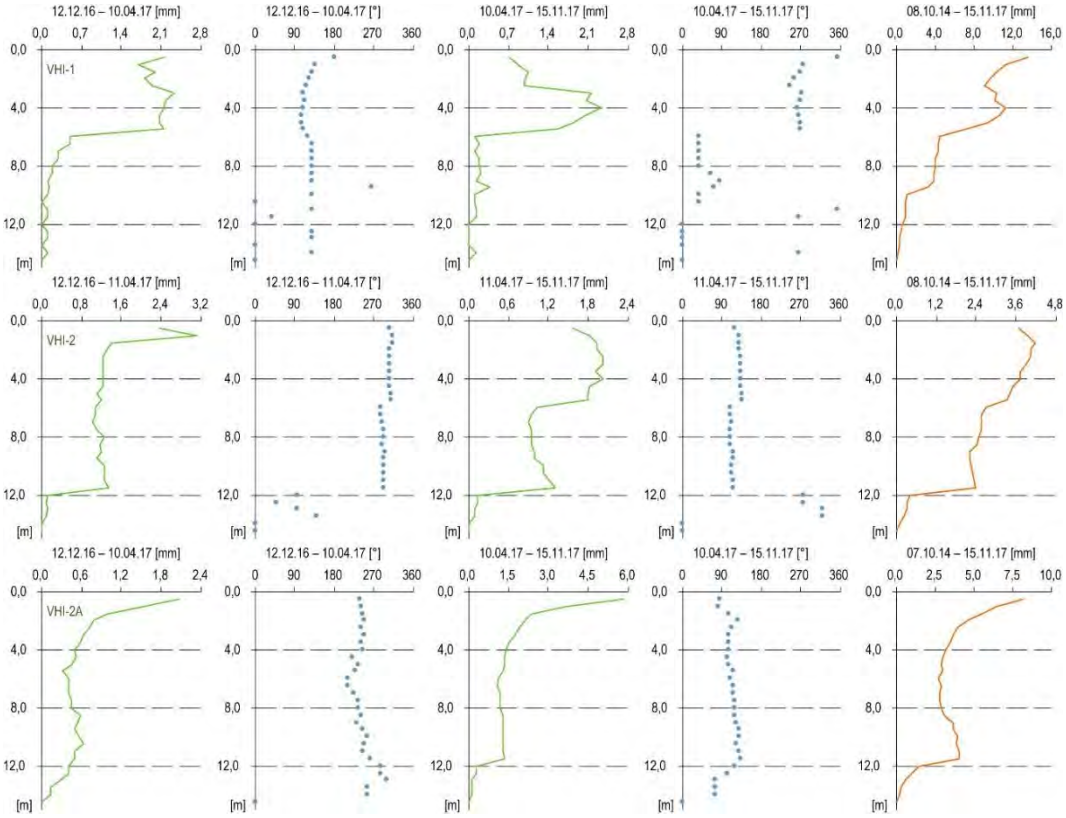


Obr. 4.22.2a. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Vyšná Hutka (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

V roku 2017 boli zabezpečené dve etapy meraní (10. apríl a 15. november). Počas jarnej etapy bola najvyššia pohybová aktivita nameraná vo vrte VHI-1A. Na úrovni šmykovej plochy bol nameraný vektor 6,07 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 18,62 mm.rok^{-1} (s orientáciou na juhozápad až západ). Deformácie nad 2 mm boli namerané aj vo vrte VHI-1 na šmykových plochách, ktoré sú v hĺbkach 3,31 a 4,81 m pod terénom (2,15 mm; 6,59 mm.rok^{-1}; s orientáciou na východ) a mierne zvýšená pohybová aktivita bola nameraná vo vrte VHI-2 (1,34 mm; 4,11 mm.rok^{-1}; s orientáciou na západ až 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, počas novembrovej etapy bol zaznamenaný nárast pohybovej aktivity vo väčšine vrtov. Najvyššia deformácia bola opäť nameraná vo vrte VHI-1A s hodnotou 9,82 mm (priemerná rýchlosť deformácie 16,37 mm.rok^{-1}). Azimut nameraného vektoru sa voči predchádzajúcej etape zmenil len nepatrne a korešponduje i s hodnotami nameranými v predchádzajúcom období. Výsledná deformácia v tomto vrte na šmykovej 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;

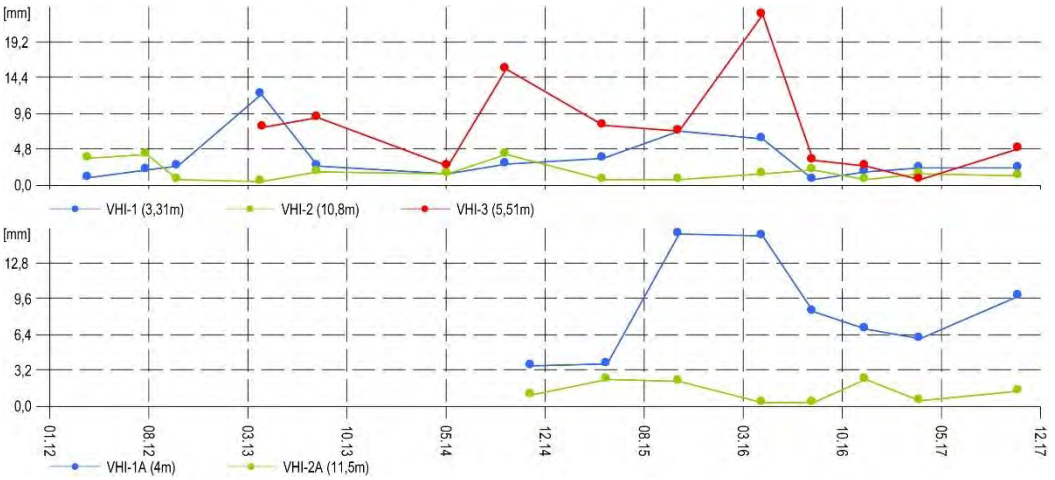
2,17 mm.rok^{-1}; s azimutom na východ až juhovýchod). Na ostatných sledovaných šmykových plochách nepresiahli hodnoty nameraných etapových vektorov 1 mm.



Obr. 4.22.2b. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Vyšná Hutka (označenie vrtov je vľavo hore zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Hodnotením výsledných deformácií na šmykových plochách (za obdobie 7. október 2014 – 15. november 2016) možno dospieť k záveru, že najväčší vektor, ako už bolo spomenuté, je aktuálne dosiahnutý vo vrte VHI-1A v hĺbke 4,0 m od ústia pažnice. Ide o mimoriadne aktívnu oblasť, v ktorej sa priemerná rýchlosť deformácie pohybuje na úrovni 20,78 mm.rok^{-1}. V ostatných vrtoch, v dôsledku častých zmien v azimutoch, namerané výsledné vektory len ojedinele dosahujú hodnoty nad 10 mm (VHI-3 – 12,97 mm; VHI-1 – 11,24 mm). Zároveň však treba poznamenať, že vo všetkých monitorovaných vrtoch je jasne pozorovateľná minimálne jedna šmyková plocha (obr. 4.22.2a a 2.22.2b).

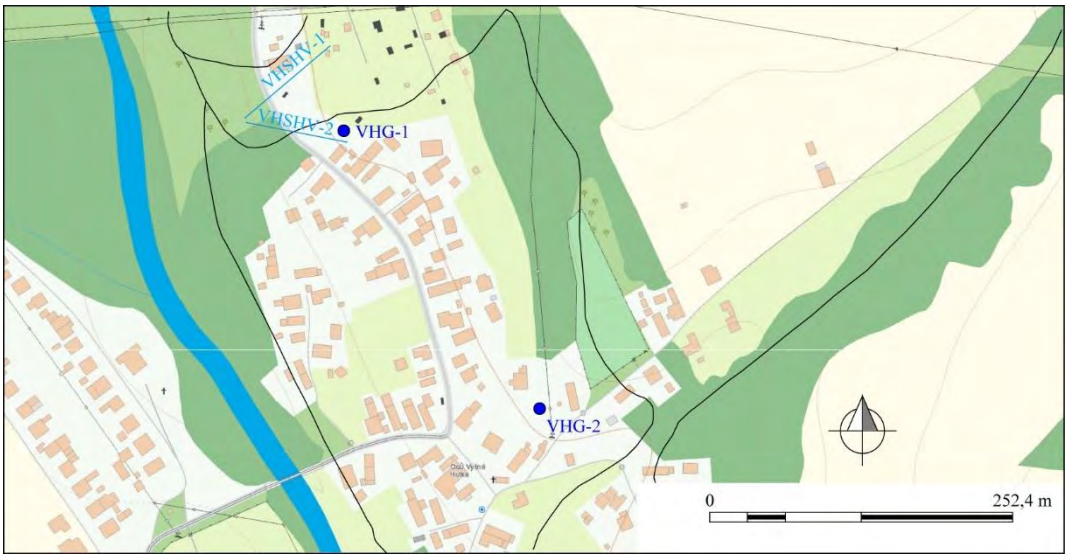
Vývoj deformácie na sledovaných šmykových plochách je prezentovaný na obr. 4.22.3. Z výsledkov monitorovacích meraní vyplýva, že najaktívnejším obdobím sú roky 2015 a 2016. Najvyššia etapová deformácia bola nameraná vo vrte VHI-3 počas jarnej etapy meraní v roku 2016. Pomerne vysoký prírastok deformácie bol v tomto vrte nameraný i počas jesenného merania v roku 2014. V skupine novších vrtov boli najvyššie etapové deformácie namerané vo vrte VHI-1A v októbri 2015 a apríli 2016. Dlhodobo nízke hodnoty sú sledované vo vrte VHI-2A. Na sledovanej šmykovej ploche veľkosť etapového vektoru ani v jednom prípade neprekročila 3 mm.



Obr. 4.22.3. Priebehy dlhodobých (2012 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Vyšná Hutka, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Vyšná Hutka sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 4 vrtoch (tab. 4.22.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.22.3 a 4.22.4). Počas roka 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (3. február – 27. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte VHG-2 (1,73 m pod terénom – 200,68 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 1,73 až 8,18 m pod terénom (VHG-4). V jednotlivých vrtoch sa vyskytovali v rôznom období. Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody nachádzala vo vrte VHG-4.



Obr. 4.22.4. Lokalita Vyšná Hutka – situácia sanačných a monitorovacích 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®.

Minimálna hladina bola nameraná dňa 29. septembra v hĺbke 11,60 m pod terénom. Výskyt minimálnych hladín bol vo vrtoch VHG-1 a VHG-4 koncentrovaný na 29. septembra. Vo vrte VHG-2 to bolo ale ešte počas zimného obdobia. Podobne ako v predchádzajúcom období, aj v roku 2016 bol vrt VHG-3 suchý.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 6,21 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,58 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 2,60 (vrt VHG-2) do 10,31 m pod terénom (vrt VHG-4). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VHG-4 (3,42 m).

Tab. 4.22.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšná Hutka v roku 2016

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	4,50	196,84	27.10.16	7,16	194,18	29.09.16	5,70	195,64	2,66
VHG-2	10	1,73	200,68	30.05.16	3,27	199,14	03.02.16	2,60	199,81	1,54
VHG-3	10	suchý								
VHG-4	10	8,18	246,43	02.03.16	11,60	243,01	29.09.16	10,31	244,30	3,42

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo desiatimi kontrolnými meraniami, ktoré boli zabezpečované v období od 9. februára do 16. novembra. Merania sa však vykonávali len v dvoch vrtoch VHG-1 a 2. Do vrtu VHG-4 bol inštalovaný automatický hladinomer (prevádzku automatického hladinomera sprevádzali viaceré technické problémy a preto nie je možné prezentovať priebeh hladiny podzemnej vody v tomto vrte).

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.

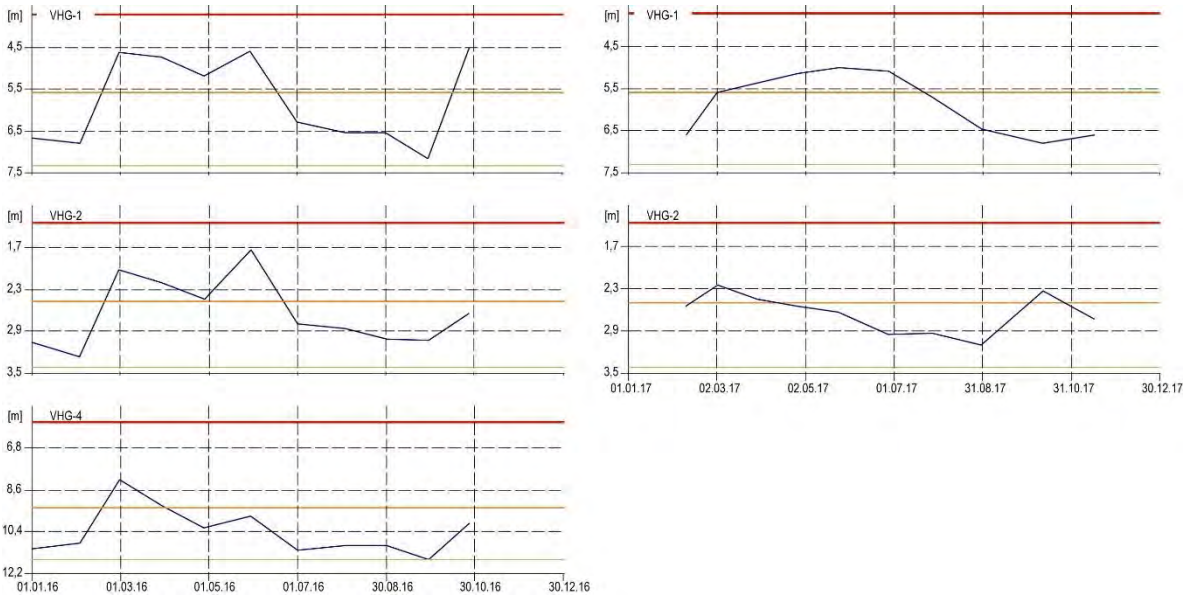
Tab. 4.22.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšná Hutka v roku 2017

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]	1	9,41	245,20	09.02.17						

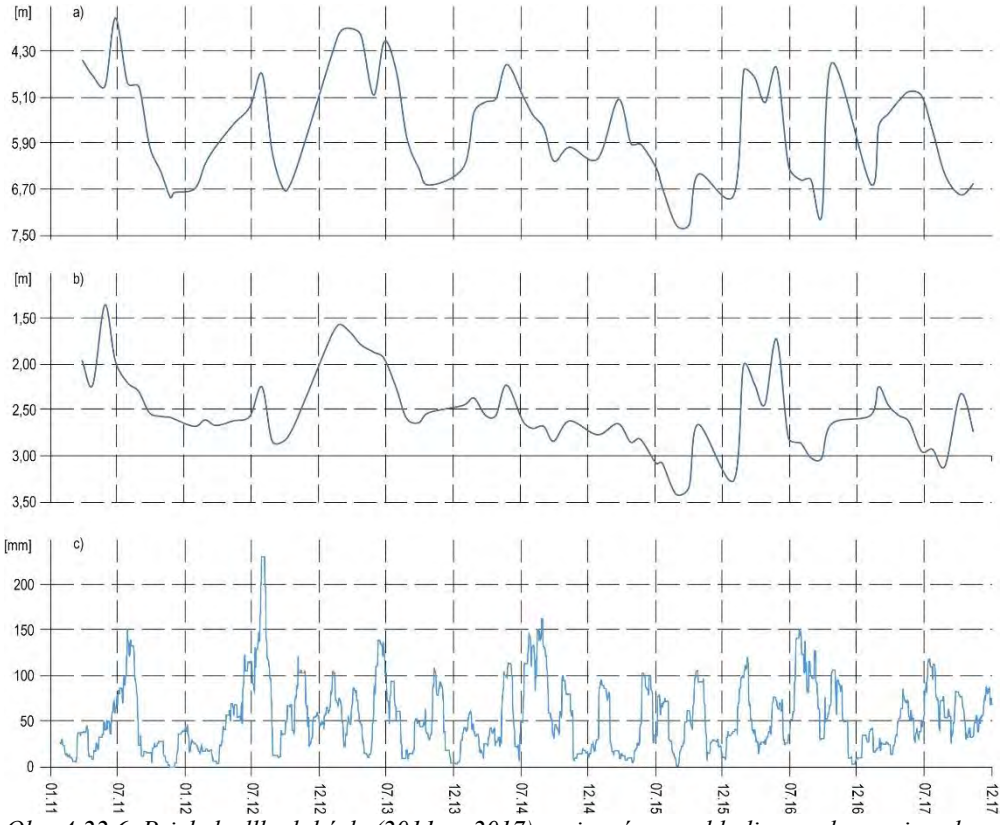
[1] *– vo vrte je umiestnený hladinomer*

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 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).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody namerané v období rokov 2016 a 2017, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.22.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody spolu s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie zobrazuje obr. 4.22.6.



Obr. 4.22.5. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Vyšná Hutka, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).



Obr. 4.22.6. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Vyšná Hutka. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – VHG-1, b – VHG-2, c – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikatívom 60100).

Z dlhodobého hľadiska mali na stabilitu zosuvného územia najväčší vplyv hladiny podzemnej vody zaznamenané v rokoch 2011 a 2013. Ide o najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody namerané za celé monitorované obdobie.

Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú v prevažnej miere zákonité (najmä vo vrte VHG-1) a súvisia s ročným cyklom. Maximálna hladina býva nameraná spravidla na konci jarného, príp. na začiatku letného obdobia. Minimálny stav je typický pre jesenné a zimné obdobie. Vo vrte VHG-2 sa dopĺňanie zásob podzemnej vody prejavuje s väčšou retardáciou ako v prípade vrtu VHG-1, prípadne sa neprejavuje vôbec (obr. 4.22.6).

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Vyšná Hutka sú monitorované 2 odvodňovacie zariadenia (tab. 4.22.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.22.5 a 4.22.6). V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, realizovaných v období od 3. februára do 27. októbra. Vyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca na odvodňovacom vrte VHSHV-1 (2,14 $l.min^{-1}$). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 29. septembra s hodnotou 0,91 $l.min^{-1}$, pričom priemerná ročná výdatnosťou dosiahla 1,42 $l.min^{-1}$. V rovnakom termíne bola zaznamenaná minimálna výdatnosť aj vo vrte VHSHV-2 (0,25 $l.min^{-1}$). Minimálne hodnoty súvisia s letným zrážkovým deficitom, ktorý sa prejavil i poklesom hladiny podzemnej vody vo všetkých sledovaných piezometroch. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 1,59 $l.min^{-1}$, čo je v porovnaní s rokom 2015 mierny nárast (o 0,07 $l.min^{-1}$). Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VHSHV-1 (1,23 $l.min^{-1}$).

Tab. 4.22.5. Výsledky merania výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka v roku 2016

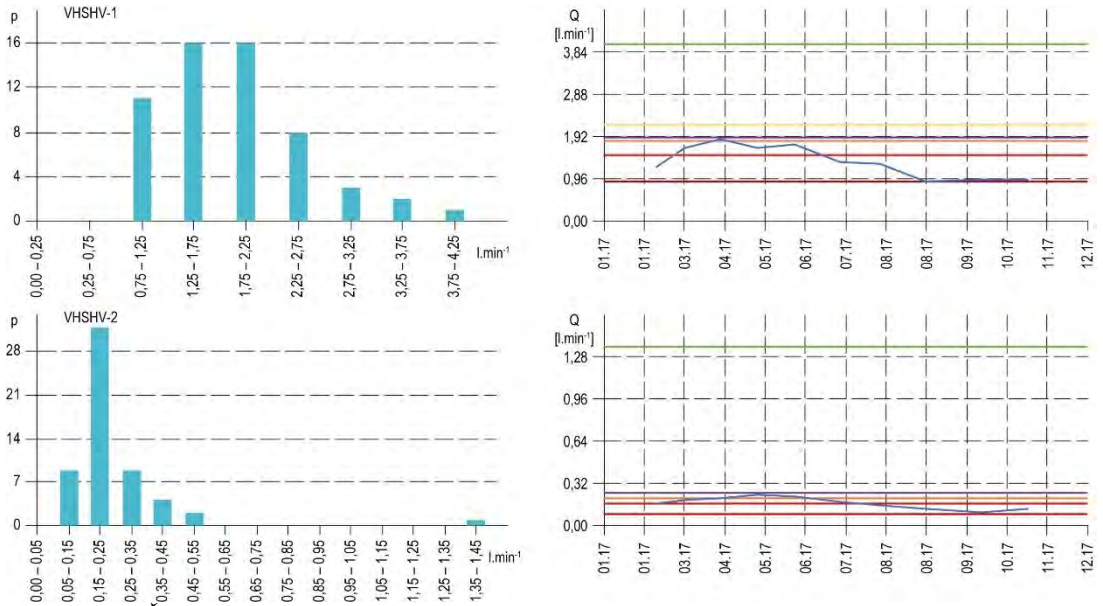
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [$l.min^{-1}$]	Max. kolísanie výdat. [$l.min^{-1}$]
		[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	dátum		
VHSHV-1	10	2,14	01.03.16	0,91	29.09.16	1,42	1,23
VHSHV-2	10	0,25	28.04.16	0,11	29.09.16	0,17	0,14

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. 4.22.6. Výsledky merania výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka v roku 2017

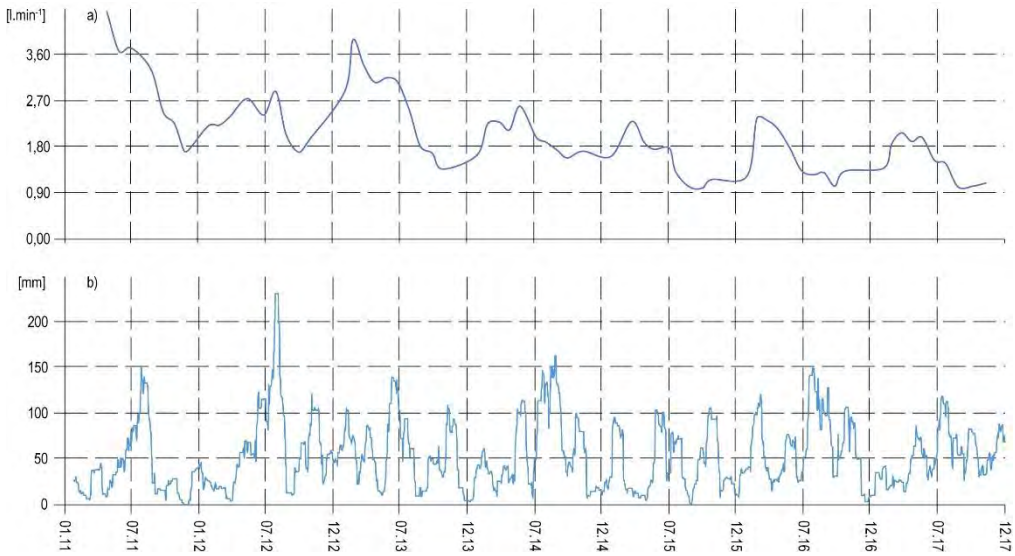
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [$l.min^{-1}$]	Max. kolísanie výdat. [$l.min^{-1}$]
		[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	dátum		
VHSHV-1	10	1,85	30.03.17	0,88	31.08.17	1,35	0,97
VHSHV-2	10	0,23	27.04.17	0,10	12.10.17	0,17	0,13

Priebeh množstva odvádzanej vody v roku 2017 spolu so štatistickým vyjadrením množstiev odvádzanej vody v predchádzajúcom období znázorňuje obr. 4.22.7. Výsledky spracovania dlhšieho časového radu prietokov z monitorovaných odvodňovacích vrtov vyjadruje obr. 4.22.8.



Obr. 4.22.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2011 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Vyšná Hutka. Analyzované obdobie (AO): apríl 2011 – október 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

Na základe štatistickej analýzy je možné sledovať zastúpenie hodnôt nameraných prietokov počas monitorovaného obdobia na jednotlivých odvodňovacích vrtoch. 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} (obr. 4.22.7). Pri hodnotení celej lokality (obr. 4.22.9) je vidieť, že prevládajú nižšie hodnoty výdatností.



Obr. 4.22.8. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Vyšná Hutka; a – spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení VHSHV-1 a VHSHV-2, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100).

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).



Obr. 4.22.9. Štatistické zhodnotenie výdatnosti všetkých odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka. Analyzované obdobie: apríl 2011 – október 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas analyzovaného obdobia.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Vyšný Čaj s indikatívom 60100 (obr. 4.1.16 a 4.1.17). 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.

Z nameraných údajov metódou presnej inklinometrie alarmujúco vyznieva situácia 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 64,55 mm (za obdobie od 8. októbra 2014 do 15. novembra 2017). Tento stav je možné označiť za kritický, tak z hľadiska stability územia v okolí monitorovacieho objektu, ako aj z hľadiska priechodnosti vrtu. Podobná situácia je i vo východnej časti obce v oblasti Mikovho majera. Pohybová aktivita je sledovaná vo vrte VHI-3. V roku 2017 sa v tejto časti obce zhoršila stabilitná situácia najmä v období medzi jarnou a jesennou etapou.

Režimové pozorovania hladiny podzemnej vody sú zabezpečované v štyroch vrtoch. Z monitorovacích meraní vyplýva, že vrt VHG-3 je dlhodobo suchý; vo vrtoch VHG-1 a 2 bol v porovnaní s predchádzajúcim rokom pozorovaný mierny pokles hladiny podzemnej vody. Hladiny v oboch funkčných piezometroch oscilovali v blízkosti dlhodobých priemerných úrovní. V ani jednom prípade neboli prekročené dlhodobé maximálne, resp. minimálne hodnoty. Do vrtu VHG-4 bol na prelome rokov 2016 a 2017 inštalovaný automatický hladinomer. Avšak počas prevádzky automatického zariadenia v hodnotenom roku sa prakticky

nepretržite vyskytovali technické problémy. Z tohto dôvodu zaznamenané údaje nebolo možné využiť v predkladaných hodnoteniach.

Z dlhodobého hľadiska je pri hodnotení vývoja hladiny podzemnej vody pozorovaný trend mierneho zostupu. Tento jav, ale vo väčšej miere, je sledovaný aj v prípade odvodňovacích zariadení. V roku 2017 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k miernemu poklesu spoločnej priemernej výdatnosti. Zároveň bola zaznamenaná i najnižšia spoločná výdatnosť za celé monitorované obdobie. Z analýzy údajov zo stanice SHMÚ Vyšný Čaj 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.

V roku 2018 je plánované pokračovať v monitorovacích meraniach. Rozsah a frekvencia režimových pozorovaní a inklinometrických meraní budú zachované ako v roku 2017.

1.4.23. Lokalita Varhaňovce

Stručná charakteristika lokality

Svahy v obci Varhaňovce postihujú svahové deformácie rôzneho charakteru. V roku 2010 sa aktivizovali zosuvy v dvoch častiach obce; na ľavom a na pravom brehu potoka Oľšavec, 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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.23.1.

Tab. 4.23.1. Prehľad monitorovacích aktivít uskutočnených na lokalite Varhaňovce v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	VV-6	10 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Ploské (indikatív 59340)	*Denné úhrny zrážok*	

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

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na zosuvnej lokalite boli počas prieskumu v roku 2010 (Tupý et al., 2010a) vybudované 3 piezometrické vrty. V súčasnosti je z nich funkčný len jeden. Ostatné vrty boli poškodené – zapchaté (štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.23.3 a 4.23.4). Počas roka 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná v hĺbke 1,24 m pod terénom (315,44 m n. m.). Tento stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 1. marca. Naopak, najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala 27. júna (5,94 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 4,36 m pod terénom, čo je oproti roku 2015 pomerne výrazný vzostup, a to až o 1,22 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 4,70 m.

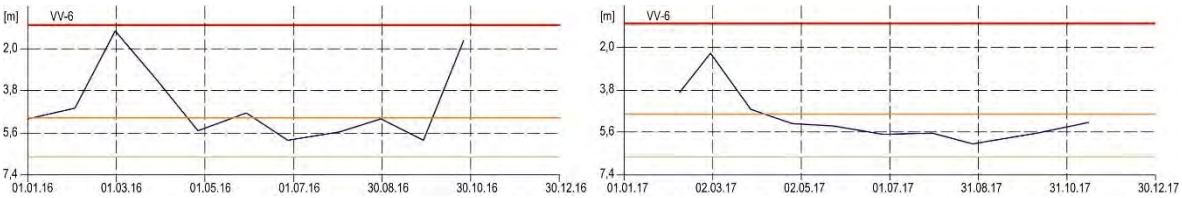
Tab. 4.23.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Varhaňovce v roku 2016

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	1,24	315,44	01.03.16	5,94	310,74	27.06.16	4,36	312,33	4,70

V aktuálne hodnotenom roku 2017 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, ktoré boli zabezpečované 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.

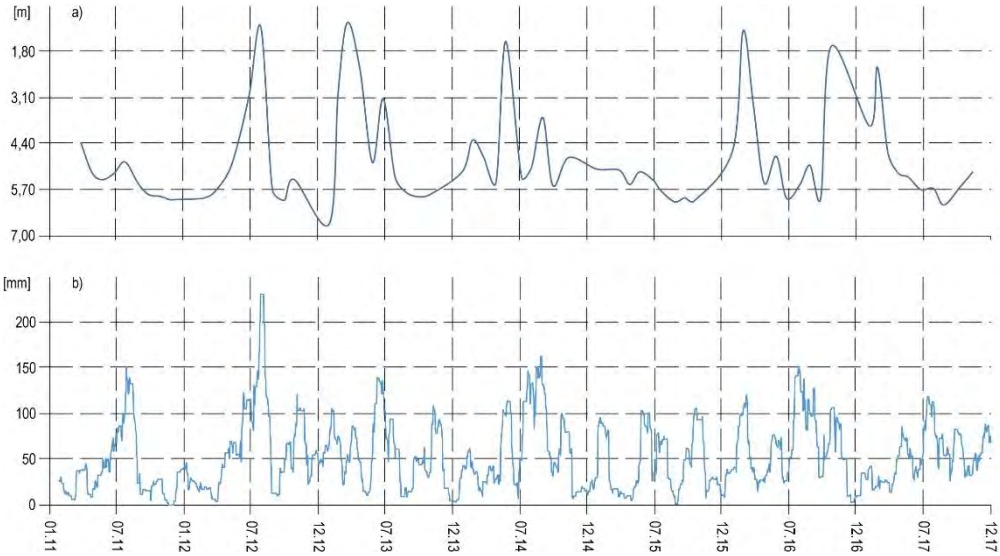
Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody v hodnotených rokoch 2016 a 2017 sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, znázornené na obr. 4.23.3. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody, charakterizujúce celé monitorované obdobie, sú spolu s kumulatívnymi zrážkami znázornené na obr. 4.23.4.



Obr. 4.23.3. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Varhaňovce, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

Tab. 4.23.4. 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. 4.23.4. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Varhaňovce. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtu: a – VV-6; b – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Ploské s indikatívom 59340).

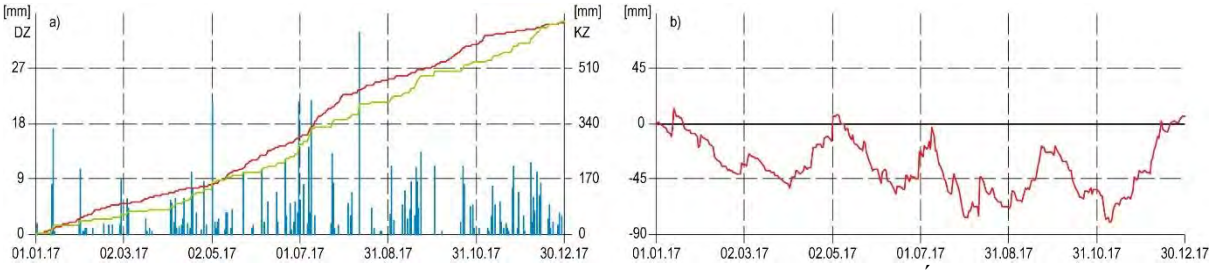
Pri hodnotení záznamov dlhšieho časového obdobia je pozorovateľná periodicita výskytu „náhlych“ vzostupov hladiny podzemnej vody. Vyskytujú sa nepravidelne v jarnom až letnom období, v závislosti od klimatických ukazovateľov.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Ploské s indikatívom 59340 (obr. 4.23.5). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2016 predstavuje 645,2 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 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 744,9 mm. Najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (150,2 mm) a najvyšší denný úhrn 10. februára (42,0 mm). Najsuchším mesiacom bol september s 31,1 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 26. júna do 26. júla (150,5 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 653,1 mm, čo predstavuje 101,23 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. 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) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 2. decembra 2016 do 1. januára 2017), sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 8,6 mm.



Obr. 4.23.5. 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 – 2017); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2017.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Od roku 2014 je na lokalite Varhaňovce pozornosť venovaná výlučne režimovým ukazovateľom v jedinom funkčnom piezometrickom vrte. V minulosti zabezpečované inklinometrické merania boli prerušené v dôsledku porušenia monitorovacej siete samotným svahovým pohybom. Z toho vyplýva, že daná lokalita je mimoriadne pohybovo aktívna. Žiaľ, dodatočne zabezpečené monitorovanie pomocou technológie InSAR sa ukázalo, vzhľadom na špecifiká monitorovanej oblasti, ako málo preukazné.

V roku 2017 sa pokračovalo v monitorovaní hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Z meraní vyplýva, že v roku 2017 došlo, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, k pomerne výraznému zostupu hladiny podzemnej vody. Tento pokles súvisí so skutočnosťou, že v predchádzajúcom roku 2016 bol zaznamenaný mimoriadne nepriaznivý vývoj hladiny podzemnej vody. Zmeny hladiny podzemnej vody v roku 2017 nadväzujú na výsledky z obdobia rokov 2013 až 2015. Poukazujú na pomerne pravidelné kolísanie v dôsledku klimatických pomerov.

V roku 2018 plánujeme pokračovať v režimových meraniach s mesačnou frekvenciou (10 meraní za rok). Zároveň budú spracované a vyhodnotené údaje zo zrážkomernej stanice SHMÚ Ploské.

1.4.24. Lokalita Vyšný Čaj

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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.24.1.

Tab. 4.24.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	2	VČI-1, VČI-2	2 *6. apríl,* *29. september)*	2 *10. apríl,* *15. november)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	VČHG-2, VČHG-3	10 *(3. február, 1. marec,* *30. marec, 28. apríl,* *31. máj, 1. júl, 3. august,* *31. august, 29. september,* *27. október)*	10 *(9. február, 3. marec,* *30. marec, 27. apríl,* *25. máj, 28. jún, 28. júl,* *31. august, 12. október,* *16. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	VČSHV-1 až 4	10 *(3. február, 1. marec,* *30. marec, 28. apríl,* *31. máj, 1. júl, 3. august,* *31. august, 29. september,* *27. október)*	10 *(9. február, 3. marec,* *30. marec, 27. apríl,* *25. máj, 28. jún, 28. júl,* *31. august, 12. október,* *16. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	*Denné úhrny zrážok*	

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

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa realizujú v dvoch vrtoch (VČI-1 a 2; obr. 4.24.1), ktoré sú situované neďaleko miestneho cintorína. Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.24.2.

V roku 2016 boli zabezpečené dve etapy meraní. Z nameraných výsledkov, ktoré sú prezentované na obr. 4.24.1, 4.24.2, a 4.24.3, vyplýva celkový pokles pohybovej aktivity. Počas jarného merania, ktoré v sebe zahŕňa deformácie necelého polročného obdobia, dosiahli etapové prírastky od 1,22 (VČI-2) do 1,56 mm (VČI-1). Nasledujúce meranie potvrdilo vzostupný trend pohybovej aktivity. Namerané deformácie ani v jednom prípade nepresiahli hodnotu 0,5 mm. Priaznivý stabilitný vývoj potvrdzujú i azimuty nameraných vektorov. Počas jarného merania mal pohyb severozápadnú až severo-severovýchodnú orientáciu, no počas nasledujúcej jesennej etapy došlo k zmene, vektory smerovali na východ až juhovýchod.

Výsledné deformácie na šmykových plochách za posledné dva roky dosiahli od 1,9 mm (VČI-2) do 2,6 mm (VČI-1).

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 VČI-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 VČI-2 v hĺbke 5,14 m pod terénom dosiahol etapový prírastok deformácie 0,72 mm (1,2 mm.rok^{-1}) s azimutom na severovýchod až východ.

Tab. 4.24.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2016 a 2017

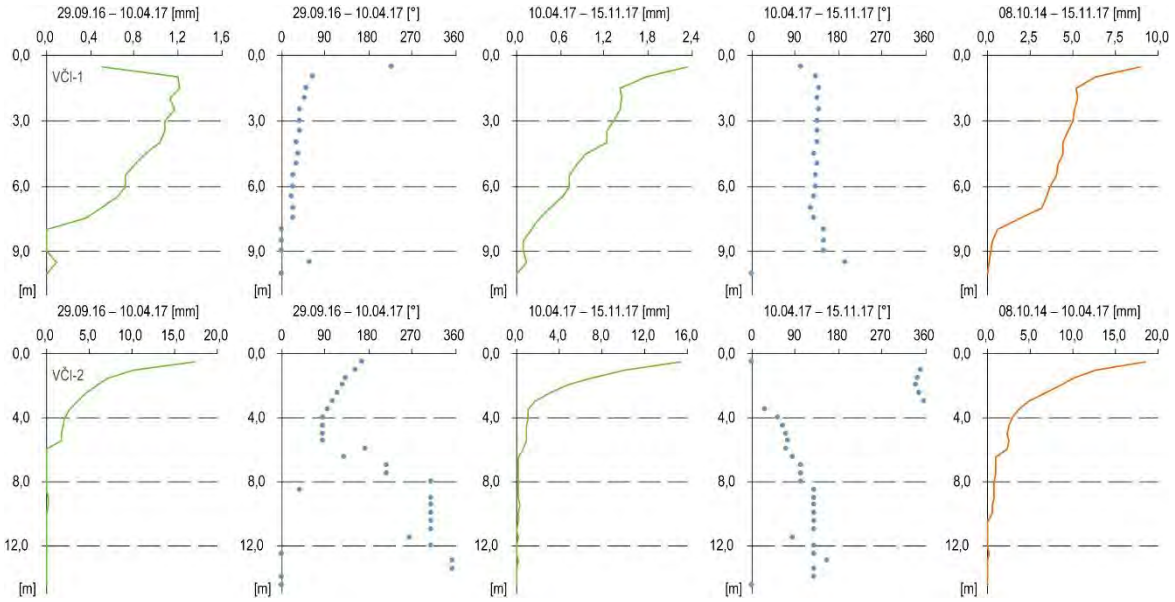
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	23.10.15 – 06.04.16			06.04.16 – 29.09.16			29.09.16 – 10.04.17			10.04.17 – 15.11.17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VČI-1	6,23	2,16	1,56	15	2,60	0,45	87	2,93	0,50	23	3,20	0,45	123
VČI-2	5,14	1,91	1,22	301	1,90	0,10	130	1,80	0,14	175	2,43	0,72	74

CD – celková deformácia od nultého merania (8. 10. 14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



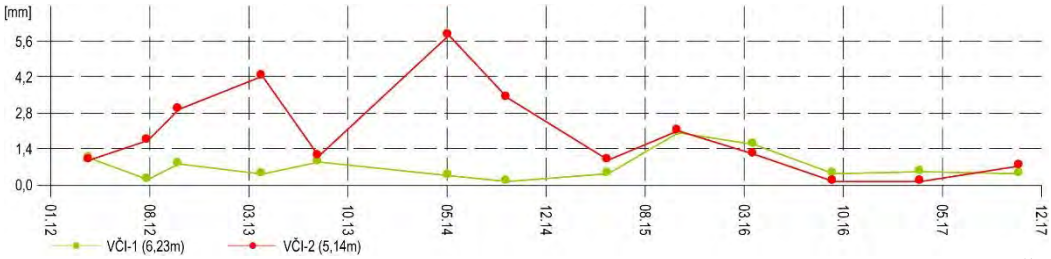
Obr. 4.24.1. Lokalita Vyšný Čaj – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.24.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

Z vývoja analyzovaných parametrov na obr. 4.24.2 predpokladáme, že vo vrte VČI-1 sa šmyková plocha nachádza v hĺbke 7 m od ústia pažnice (6,23 m pod terénom), vo vrte VČI-2 je to o niečo plytšie, v hĺbke 6 m od ústia pažnice (5,14 m pod terénom). Celková deformácia inklinometrických pažníc v hĺbke predpokladanej šmykovej plochy sa pohybuje v intervale od 2,43 mm (VČI-2; 0,78 mm.rok^{-1}) do 3,20 (VČI-1; 1,03 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.24.2. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Vyšný Čaj (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Vývoj deformácie na sledovaných šmykových plochách, prezentovaných na obr. 4.24.3 naznačuje, že v oblastiach jednotlivých vrtov sú odlišné stabilitné pomery. Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná vo vrte VČI-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 VČI-1 sa pohybuje v intervale od 0,1 do 2,02 mm (4,68 mm.rok^{-1}; 23. október 2015).



Obr. 4.24.3. Priebehy dlhodobých (2012 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Vyšný Čaj, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Vyšný Čaj sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v dvoch 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).

V roku 2016 boli merania realizované počas 10 termínov, a to od 3. februára do 27. októbra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte VČHG-3 v hĺbke 1,76 m pod terénom (253,58 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 1. marca. Vo vrte VČHG-2 bola maximálna hladina 3,12 m pod terénom nameraná

31. mája. V tomto vrte sa vyskytovala aj najhlbšia hladina podzemnej vody (5,12 m pod terénom; 27. októbra). Výskyt minimálnej hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-3 bol pozorovaný už na konci septembra. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 3,92 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku len nepatrná zmena (pokles o 0,09 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 3,36 (vrt VČHG-3) do 4,49 m pod terénom (vrt VČHG-2). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VČHG-3 (2,57 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2015) vyplýva, že v oboch vrtoch boli prekročené dlhodobé minimálne stavy – VČHG-2 (pokles o 0,11 m) a VČHG-2 (pokles o 1,06 m).

Tab. 4.24.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2016

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	3,12	251,57	31.05.16	5,12	249,57	27.10.16	4,49	250,20	2,00
VČHG-3	10	1,76	253,58	01.03.16	4,33	251,01	29.09.16	3,36	251,98	2,57



Obr. 4.24.4. 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®.

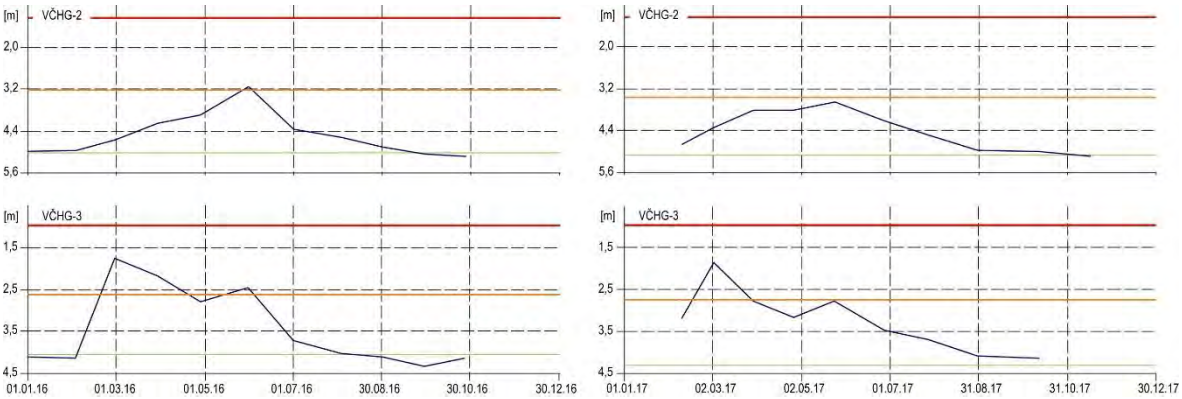
V aktuálne hodnotenom roku 2017 bolo v oboch vrtoch zabezpečených po 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 9. februára do 16. novembra. I keď vrty sa nachádzajú relatívne blízko pri sebe, priebehy hladiny v jednotných vrtoch majú osobitý charakter. Na zimné zrážky citlivejšie reagovala hladina podzemnej vody vo vrte VČHG-3. Z tohto dôvodu bol maximálny stav v tomto vrte zaznamenaný už začiatkom marca (1,87 m pod terénom; 253,47 m n. m.). Vo vrte VČHG-2 sa pod najvyšší stav hladiny podzemnej vody (3,59 m pod terénom; 251,10 m n. m.; 25. máj) podpísali až jarné zrážky, predovšetkým však zrážkový úhrn zo dňa 3. mája, kedy na stanici SHMÚ Vyšný Čaj namerali až 38,5 mm zrážok. Minimálne hladiny podzemnej vody boli v obidvoch vrtoch pozorované až 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 2,06 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

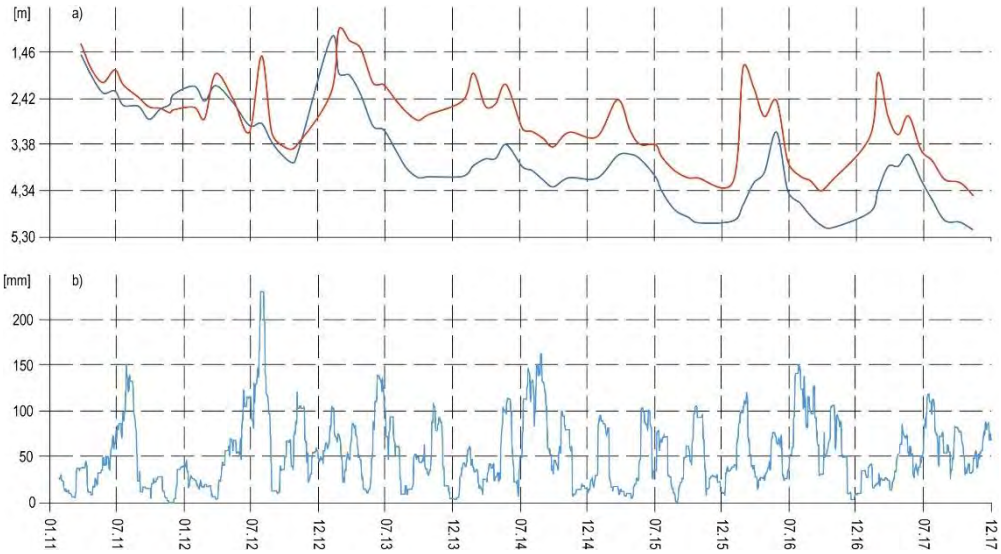
podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VČHG-3 (2,55 m). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v období rokov 2016 a 2017, sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, znázornené na obr. 4.24.5. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody spolu s kumulatívnymi zrážkami za obdobie rokov 2011 až 2017 je znázornený na obr. 4.24.6.

Tab. 4.24.4. 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. 4.24.5. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Vyšný Čaj, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).



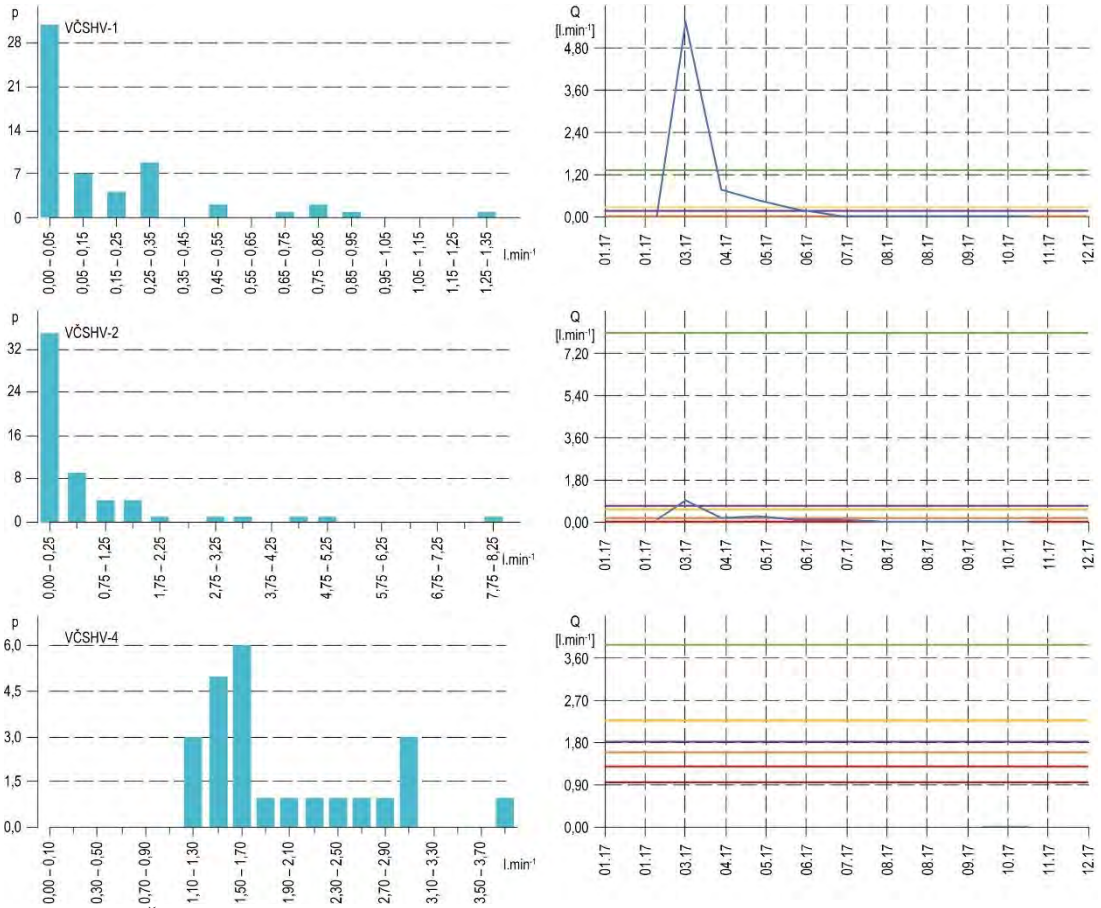
Obr. 4.24.6. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Vyšný Čaj. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – VČHG-2 (modrá), VČHG-3 (červená); b – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikatívom 60100).

Pri pohľade na dlhodobý vývoj hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch na obr. 4.24.6 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 Čaj sú pozorované štyri odvodňovacie zariadenia (tab. 4.24.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.24.5 a 6). Počas rokov 2016 a 2017 bolo zrealizovaných po 10 kontrolných meraní. Hodnotenie výdatnosti komplikuje nedostatočne dimenzované odtokové potrubie. Voda sa hromadí v zbernej šachte a vrty VČSHV-3 a 4 sú značnú časť pozorovaného obdobia zaplavené. Ďalšou negatívnou skutočnosťou je, že vrty VČSHV-1 a 2 sú pomerne často suché, prípadne len kvapkajú. V roku 2016 to bolo počas 7 meraní a v roku 2017 až počas 8 meraní. Z uvedeného vyplýva, že hodnotiť výdatnosť na tejto lokalite je obtiažne, a tak pozornosť venujeme len skutočne nameraným hodnotám.

V roku 2016 sa merania sa realizovali v období od 3. februára do 27. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca na odvodňovacom vrte VČSHV-2 (4,56 l.min^{-1}). Minimálna nameraná výdatnosť dosiahla hodnotu 0,18 l.min^{-1} (VČSHV-3; 30. máj). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 2,42 l.min^{-1}. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VČSHV-2 (4,56 l.min^{-1}).



Obr. 4.24.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2011 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Vyšný Čaj. Analyzované obdobie (AO): marec 2011 – október 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

V roku 2017 sa merania vykonávali od 9. februára do 16. novembra. Vo vrte VČSHV-1 bol počas marcového merania nameraný prietok 5,55 l.min^{-1}, ktorým bola výrazne prekročená

maximálna hodnota nameraná v predchádzajúcom období (obr. 4.24.7). Z vrtov VČSHV-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 VČSHV-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.

Tab. 4.24.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2016

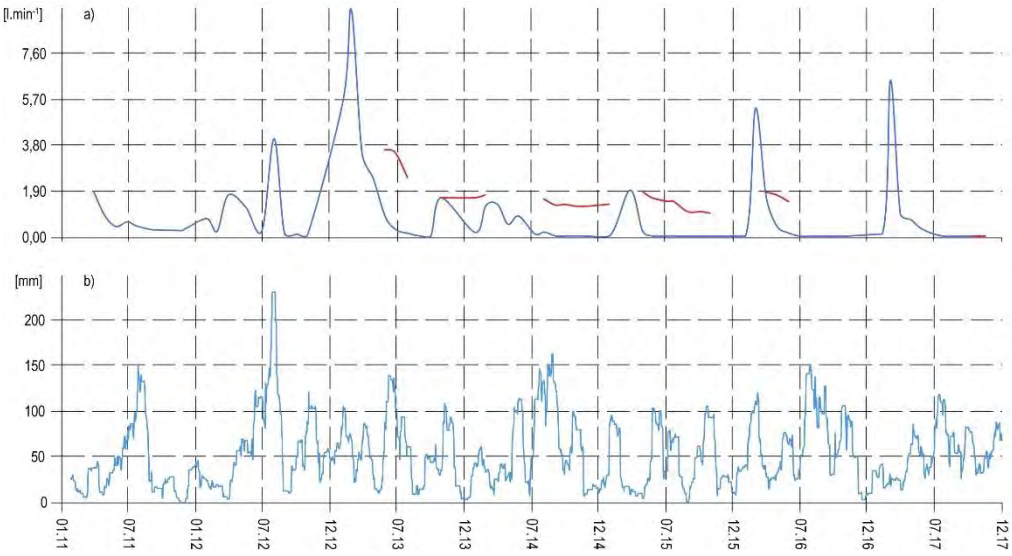
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie
		[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	výdat. [$l.min^{-1}$]
VČSHV-1	10	0,76	01.03.16	0,00	03.02.16	0,12	0,76
VČSHV-2	10	4,56	01.03.16	0,00	03.08.16	0,63	4,56
VČSHV-3	10[1]	0,76	30.03.16	0,18	30.05.16	0,48	0,58
VČSHV-4	10[1]	1,26	30.05.16	1,07	30.03.16	1,18	0,19

[1] – *prietok bol počas viacerých termínov režimových pozorovaní nemerateľný, ústia vrtov boli zatopené vodou.*

Tab. 4.24.6. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2017

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie
		[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	výdat. [$l.min^{-1}$]
VČSHV-1	10	5,55	03.03.17	0,00	28.06.17	0,70	5,55
VČSHV-2	10	0,94	03.03.17	0,00	31.08.17	0,17	0,94
VČSHV-3	10[1]	0,00	12.10.17	0,00	12.10.17	0,00	0,00
VČSHV-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 nemerateľný, ústia vrtov boli zatopené vodou.*



Obr. 4.24.8. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Vyšný Čaj; a – VČSHV-1 a 2 (modrá); VČSHV-3 a 4 (červená), b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100).

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné konštatovať, že maximálna výdatnosť bola nameraná v roku 2013 (priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení spolu so zrážkovými úhrnmi sú znázornené na obr. 4.24.8). Na základe porovnania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a zmien výdatnosti odvodňovacích zariadení je možné usúdiť, že veľkosť 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 nedostatočne dimenzované potrubie, ktorého úlohou je odvádzanie vôd zo zbernej šachty. Tento nedostatok sa prejavuje kumuláciou vody v zbernej šachte, čím sa znižuje efektívnosť odvodňovacích vrtov (VČSHV-3 a 4).

Počas monitorovaného obdobia výrazne prevládali nízke výdatnosti v rozsahu 0,00 až 0,5 $l.min^{-1}$.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Vyšný Čaj s indikatívom 60100 (obr. 4.1.16 a 4.1.17). Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.1 (lokalita Nižná Myšľa).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj sú monitorovacie aktivity zabezpečované formou inklinometrických a režimových meraní v blízkosti miestneho cintorína. Pri porovnaní nameraných výsledkov pohybovej aktivity s prechádzajúcim rokom, došlo v roku 2017 len k nepatrným zmenám. Pohybová aktivita, sledovaná na šmykových plochách počas jednotlivých etáp hodnoteného roka, nepresiahla 0,5 mm. Z dlhodobého hľadiska je možné hodnotený rok považovať za najstabilnejší.

K danej situácii dozaista pozitívne prispel i vývoj režimových ukazovateľov. Z nameraných údajov vyplýva, že hladina podzemnej vody sa počas väčšiny kontrolných meraní nachádzala pod priemernou hodnotou, odvodenou z dlhodobých meraní. Ak si pozrieme celý časový rad meraní, vidíme, že hladiny podzemnej vody majú prakticky už od začiatku monitorovaného obdobia určitú zostupnú tendenciu. Maximálne hodnoty boli namerané v roku 2013 a minimálne v roku 2017.

Pri hodnotení účinnosti hĺbkovej drenáže, ktorá výraznou mierou ovplyvňuje stabilitu zosuvného územia, opakovane upozorňujeme, že vďaka nevhodne dimenzovanému potrubiu, ktoré odvádza vodu do recipienta, dochádza k jej kumulácii v zbernej šachte a tým pádom i k strate účinnosti tohto sanačného opatrenia. Zároveň treba poznamenať, že vo vrte VČSHV-1 bola v roku 2017 nameraná najvyššia hodnota výdatnosti za celé monitorované obdobie.

Ďalším nedostatkom, ktorý však súvisí so samotným monitorovaním, je nízka frekvencia meraní hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení. Riešením súčasnej situácie je inštalácia automatických hladinomerov a prietokomerov.

V roku 2018 je plánované pokračovať v monitorovacích meraniach. Rozsah a frekvencia režimových pozorovaní a inklinometrických meraní budú zachované ako v roku 2017.

1.4.25. 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 šiestich 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, Fekeč et al., 2014g in Šimeková et al., 2014), ako aj z monitorovania z roku 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.25.1.

Tab. 4.25.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Nižná Hutka v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	6	NHI-1, 1A, 2, 2A, 3, 3A	2 *(6. apríl, 29. september)*	2 *(10. apríl, 11. apríl, 7. december)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	NHG-1, 2[1]	10 *(3. február, 1. marec, 30. marec, 28. apríl, 31. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)*	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	5	NHSHV-1 až 3, 5[2]	10 *(3. február, 1. marec, 30. marec, 28. apríl, 31. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)*	10 *(9. február, 3. marec, 30. marec, 27. apríl, 25. máj, 28. jún, 28. júl, 31. august, 12. október, 16. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	*Denné úhrny zrážok*	

[1] – údaje nie sú zahrnuté do analýz; [2] – vrt permanentne suchý, od roku 2017 nie je zahrnutý do analýz

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

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania v rokoch 2016 a 2017 boli zabezpečované na všetkých 6 vrtoch. Počas oboch rokov boli zabezpečené zhodne dve etapy meraní – jarná a jesenná etapa.

V roku 2016, počas jarného merania (ktoré bolo realizované dňa 6. apríla), bola najvyššia pohybová aktivita zaznamenaná vo vrte NHI-2, v ktorom v hĺbke 5,26 m pod terénom došlo k deformácii 6,72 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 14,78 mm.rok^{-1}. Počas jarnej etapy boli prírastky deformácie nad 1 mm namerané aj v ostatných vrtoch – najväčšie vo vrtoch NHI-1A (v hĺbke 0,96 m pod terénom; vektor 3,73 mm; 8,20 mm.rok^{-1}) a NHI-1 (v hĺbke 8,43 m pod

terénom; vektor 2,36 mm; 5,19 mm.rok^{-1}). Azimuty týchto vektorov smerovali od juhovýchodu až po severozápad.

Pri jesennej etape meraní (zabezpečenej dňa 29. septembra) bol na sledovaných úrovniach, a to vo väčšine prípadov, zaznamenaný pokles pohybovej aktivity. Výnimku predstavoval len horizont pozorovaný relatívne plytko pod terénom vo vrte NHI-1A (5,13 mm). Etapové prírastky nad 1 mm boli namerané ešte aj vo vrtoch NHI-1 a NHI-3A. Najvyššia hodnota celkovej deformácie za sledované obdobie (od 8. októbra 2014 do 29. septembra 2016) bola zaznamenaná vo vrte NHI-2 v hĺbke 5,26 m pod terénom. Výsledný vektor dosiahol dĺžku 8,12 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,1 mm.rok^{-1}.

Tab. 4.25.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Nižná Hutka v rokoch 2016 a 2017

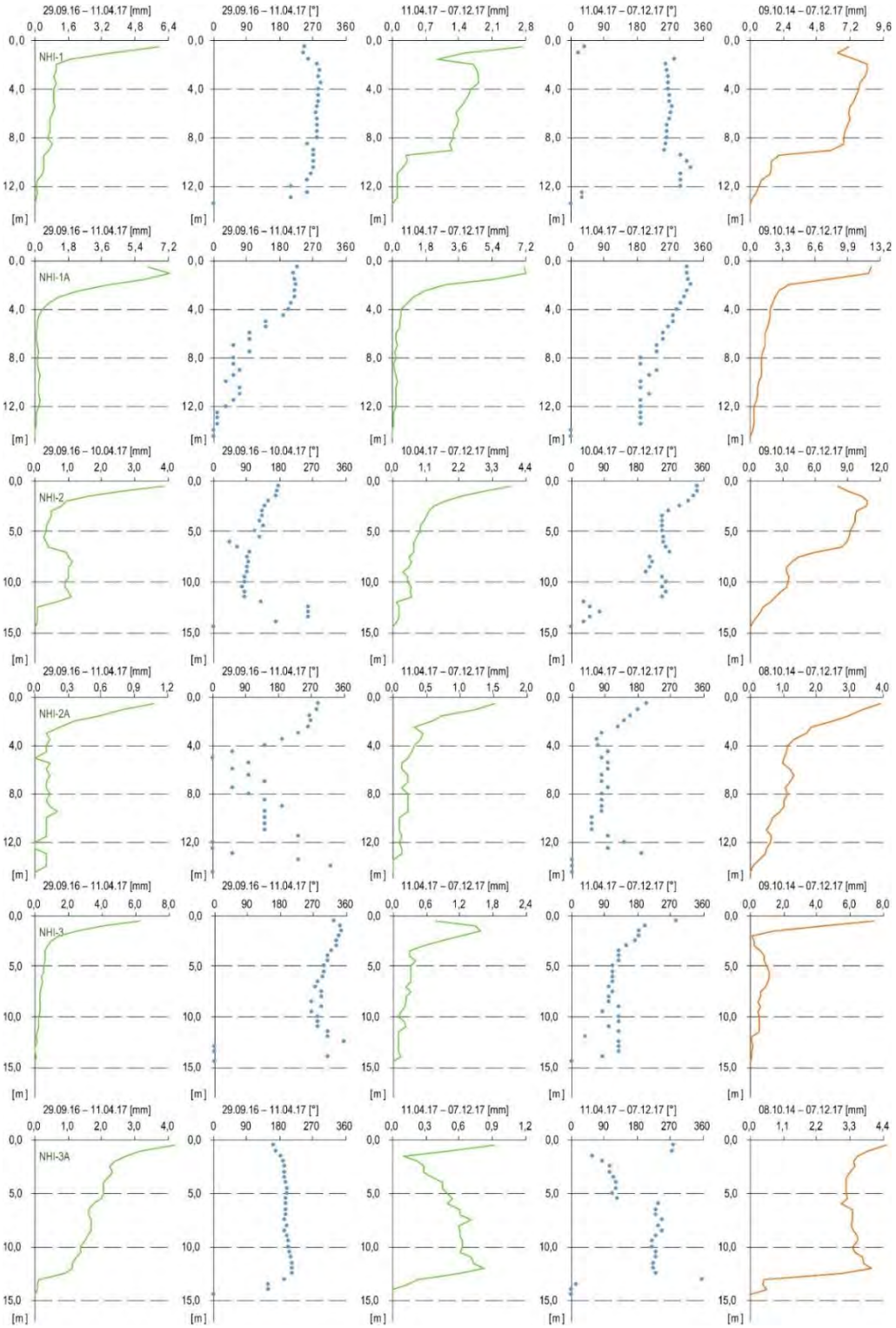
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	23. 10. 15 – 6. 4. 16			6. 4. 16 – 29. 9. 16			29. 9. 16 – 11. 4. 17			11. 4. 17 – 7. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
NHI-1	8,43	3,59	2,36	174	4,50	1,22	245	4,83	0,67	273	5,87	1,27	255
NHI-1A	0,96	2,97	3,73	265	2,72	5,13	36	4,10	5,88	227	7,68	5,40	324
NHI-1A	8,46	0,92	0,14	330	1,32	0,40	285	1,14	0,22	78	1,22	0,14	240
NHI-2	5,26	7,55	6,72	256	8,12	0,71	305	7,75	0,41[1]	66[1]	8,43	0,70[2]	260[2]
NHI-2A	2,85	1,20	0,92	107	1,53	0,42	165	1,55	0,10	210	1,70	0,45	57
NHI-2A	5,85	0,81	0,72	86	1,03	0,22	93	1,08	0,10	30	1,22	0,14	75
NHI-3	5,63	1,08	1,00	304	0,89	0,20	130	1,34	0,45	283	1,03	0,32	112
NHI-3	10,13	0,61	0,58	279	0,51	0,10	40	0,67	0,22	283	0,51	0,22	103
NHI-3A	5,30	0,82	1,00	76	2,01	1,22	285	3,32	1,98	209	3,23	0,54	138
NHI-3A	8,30	0,57	1,02	81	1,40	1,04	267	2,91	1,70	205	3,42	0,61	259
NHI-3A	11,80	1,28	0,20	340	2,08	0,81	220	3,19	1,12	223	3,98	0,82	236

CD – celková deformácia od nultého merania (8. 10. 14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 29. 9. 16 – 10. 4. 17; [2] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 10. 4. 17 – 7. 12. 17.



Obr. 4.25.1. Lokalita Nižná Hutka – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.25.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

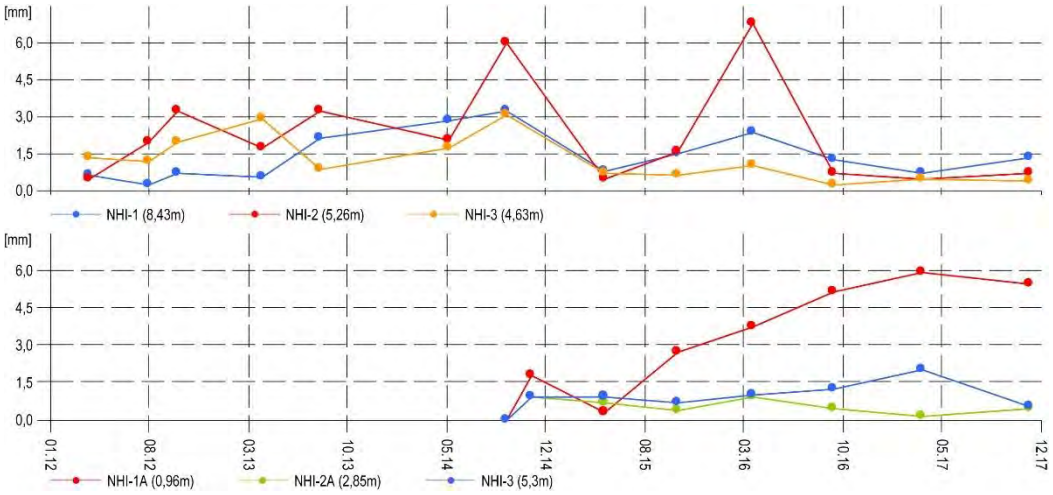
V roku 2017 bola počas jarného merania, ktoré charakterizuje prírastky deformácie v období od septembra 2016 do apríla 2017, najvyššia pohybová aktivita zaznamenaná vo vrte NHI-1A. Relatívne plytko pod terénom bola nameraná deformácia 5,88 mm (11,06 mm.rok^{-1}) s azimutom 227°. Vrt sa nachádza v južnej časti katastrálneho územia obce. Vektory



Obr. 4.25.2. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Hutka (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

s hodnotou nad 1 mm boli namerané aj na čiastkových 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, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,73 mm.rok^{-1}. Vrt sa nachádza v severovýchodnej časti obce. V ostatných vrtoch na sledovaných šmykových plochách nepresiahli etapové prírastky deformácie 1 mm (tab. 4.25.2).

O niečo nižšie hodnoty deformácie boli namerané počas jesennej etapy, realizovanej 7. decembra. Najvyššia deformácia bola opätovne nameraná vo vrte NHI-1A. V hĺbke 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 – 1,25 mm.rok^{-1}).



Obr. 4.25.3. Priebehy dlhodobých (2012 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Nižná Hutka, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

Pri posudzovaní nameraných etapových deformácií za dlhšie obdobie (obr. 4.25.3) je možné vo vybratých hĺbkach sledovať, že najvyššie hodnoty boli zaznamenané počas roku 2016 a čiastočne i v jeseni roku 2014. Dlhodobo sú najvyššie hodnoty sledované vo vrte NHI-2 a naopak, najnižšie prírastky deformácie sa prejavujú vo vrtoch NHI-2A a NHI-3. Vo vrte NHI-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. 4.25.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.25.3 a 4.25.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.25.4). 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.

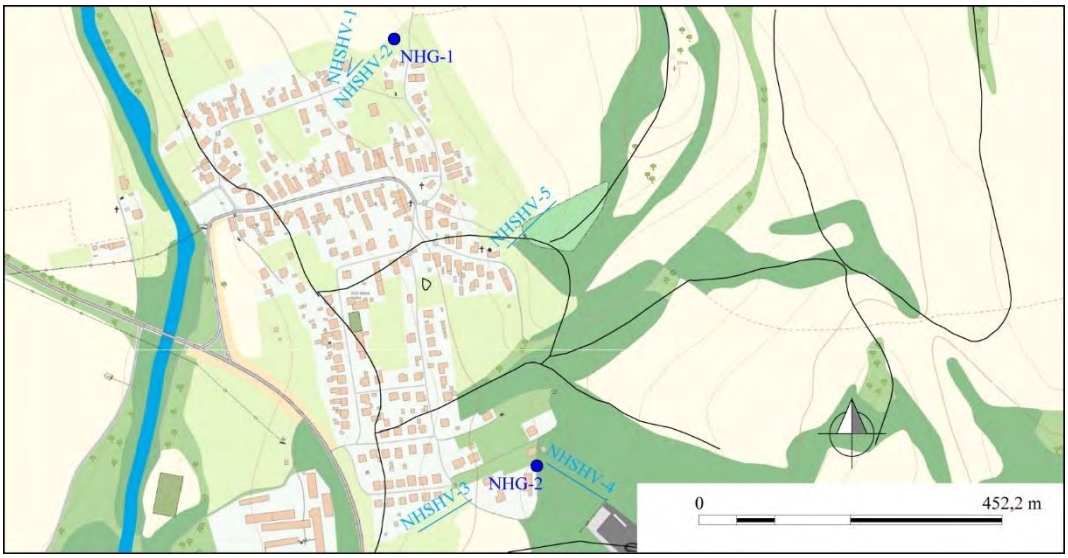
V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných etáp (3. február – 27. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná v hĺbke 4,33 m pod terénom (220,12 m n. m) počas 31. mája. Následne hladina podzemnej vody pomerne výrazne klesla a počas nasledujúcich meraní bol vrt suchý. Najhlbšie pod terénom bola hladina nameraná dňa 1. marca (6,51 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody odvodená z piatich meraní dosiahla v roku 2016 hĺbku 5,45 m pod terénom. V skutočnosti sa jej priemerná hĺbka nachádzala podstatne hlbšie. V tejto súvislosti treba poznamenať, že v roku 2016 bol prvý krát zaznamenaný stav, kedy hladina podzemnej vody klesla pod úroveň dna vrtu. Tento stav bol

počas hodnoteného roku pozorovaný až počas piatich meraní. Z hľadiska hodnotenia stabilitných pomerov v priestore monitorovaného vrtu je možné danú skutočnosť vnímať vysoko pozitívne.

Tab. 4.25.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Hutka v roku 2016

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	4,33	220,12	31.05.16	suchý					
NHG-2	10	HPV ovplyvnená čerpaním (majiteľom pozemku)								

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach desiatimi kontrolnými etapami, ktoré boli realizované v období do 9. februára do 16. novembra. Podobne ako v roku 2016, i v hodnotenom roku bola hladiny podzemnej vody počas piatich 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).

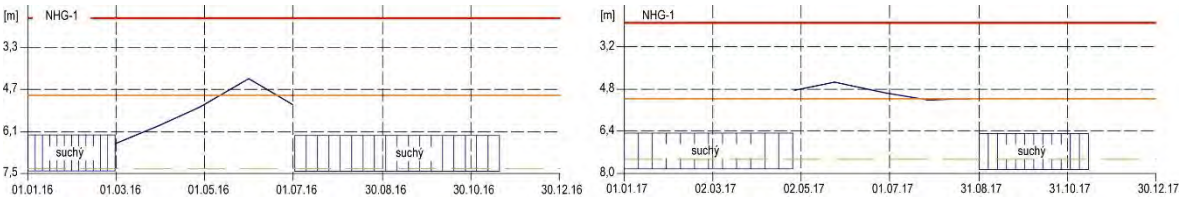


Obr. 4.25.4. Lokalita Nižná Hutka – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za roky 2016 a 2017, sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, znázornené na obr. 4.25.5. Vývoj zmien hĺbky hladiny podzemnej vody spolu s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie je znázornený na obr. 4.25.6.

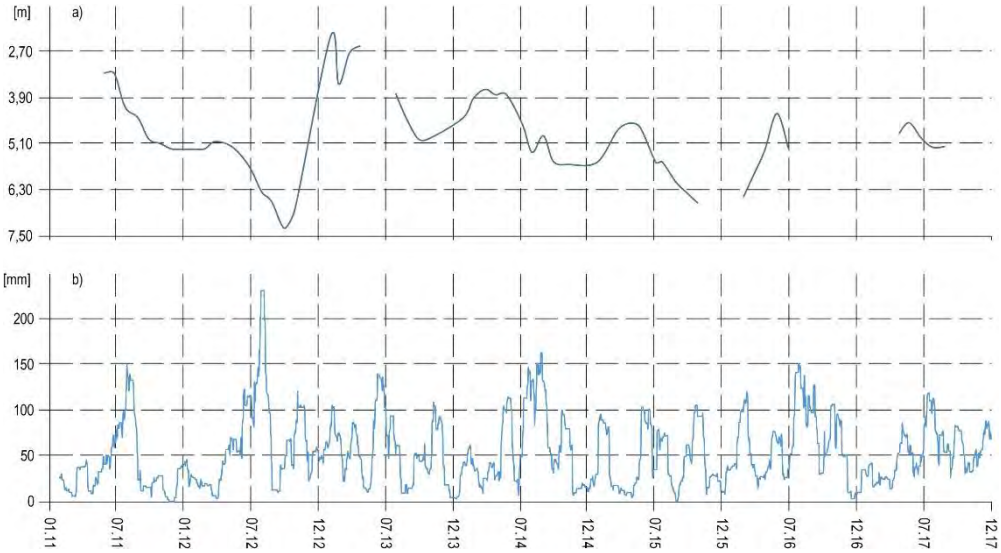
Tab. 4.25.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Hutka v roku 2017

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. 4.25.5. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Nižná Hutka vo vrte NHG-1, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

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. V rokoch 2016 a 2017 bol pokles tak výrazný, že ho nebolo možné sledovať, hladina podzemnej vody klesla 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. 4.25.6).



Obr. 4.25.6. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Nižná Hutka. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtu: a – NHG-1; b – zrážky (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikatívom 60100).

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. 4.25.5 a 4.25.6; situovanie monitorovaných odvodňovacích vrtov je na obr. 4.25.4).

Počas roka 2016 bolo zabezpečených 8 až 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 3. februára do 27. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca na odvodňovacom vrte NHSHV-1 (6,88 $l.min^{-1}$). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 31. augusta s hodnotou 1,1 $l.min^{-1}$ a priemerná výdatnosť dosiahla 2,22 $l.min^{-1}$. Okrem spomenutého vrtu boli ostatné vrty minimálne počas jedného merania suché. Najčastejšie bol

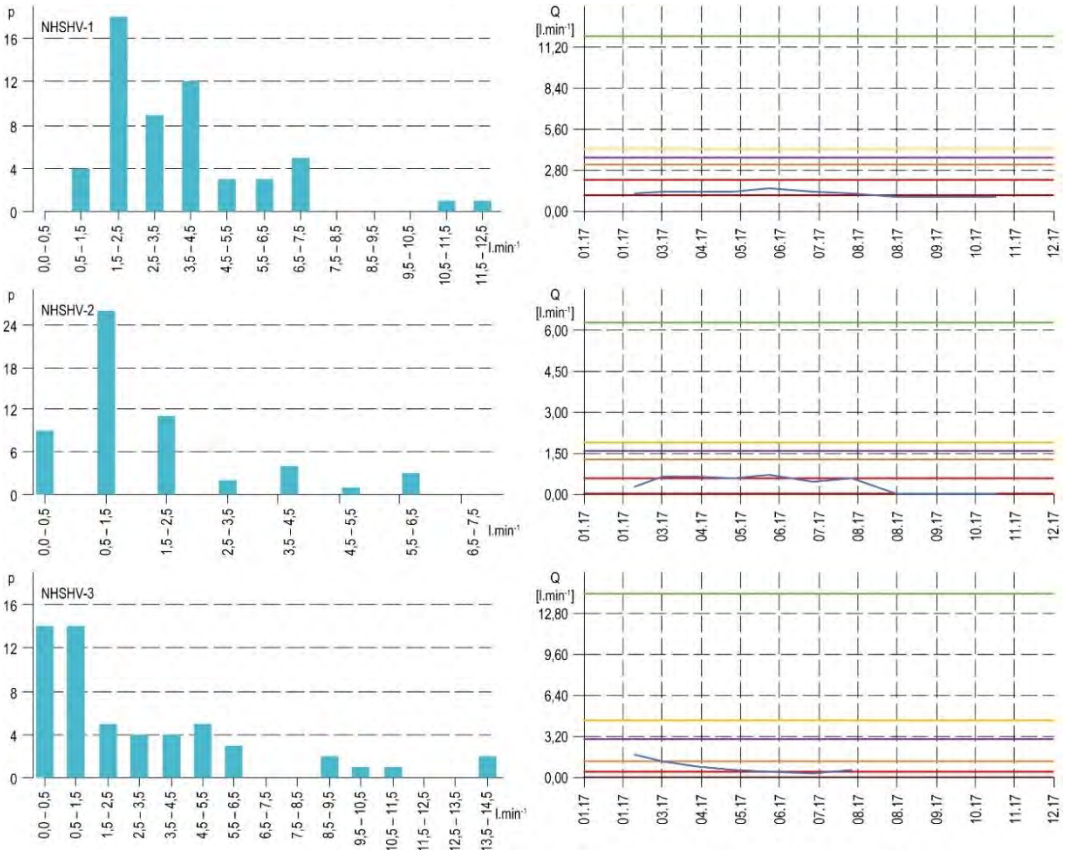
suchý vrt NHSHV-5 – počas všetkých monitorovacích termínov. Priemerné hodnoty výdatnosti vrtov NHSHV-2 a 3 sa pohybovali v intervale 0,63 až 0,91 l.min^{-1}. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 3,75 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s rokom 2015 mierny pokles (o 0,38 l.min^{-1}). Kolísanie výdatnosti v jedinom trvale tečúcom subhorizontálnom vrte NHSHV-1 dosiahlo hodnotu 5,78 l.min^{-1}.

Tab. 4.25.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Hutka v roku 2016

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	8	6,88	1. 3. 16	1,10	31. 8. 16	2,22	5,78
NHSHV-2	8	1,71	1. 3. 16	0,00	1. 7. 16	0,63	1,71
NHSHV-3	10	1,96	27. 10. 16	0,00	3. 2. 16	0,91	1,96
NHSHV-5	10	0,00	3. 2. 16	0,00	3. 2. 16	0,00	0,00

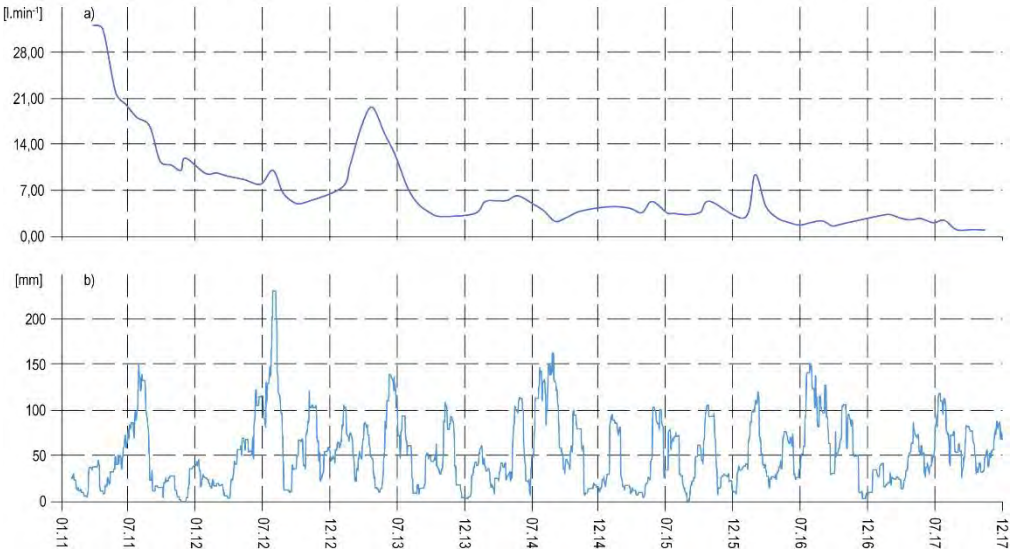
Tab. 4.25.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Hutka v roku 2017

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



Obr. 4.25.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2011 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Nižná Hutka. Analyzované obdobie (AO): marec 2011 – október 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

V roku 2017 bolo vykonaných 10 kontrolných meraní na všetkých vrtoch, avšak z hodnotenia sme vylúčili vrt, ktorý bol dlhodobo suchý (NHSHV-5 – tab. 4.25.6), 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. 4.25.7). 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}. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení spolu s veľkosťou prietoku v roku 2017 je na obr. 4.25.7. Priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami je znázornený na obr. 4.25.8.



Obr. 4.25.8. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Nižná Hutka; a – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov na lokalite; b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100).

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať postupný pokles hodnôt výdatnosti. V novembri 2017 boli namerané najnižšie sumárne prietoky odvádzanej podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Zo štatistického spracovania nameraných výdatností (obr. 4.25.7) 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.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Vyšný Čaj s indikatívom 60100 (obr. 4.1.16 a 4.1.17). Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.1 (lokalita Nižná Myšľa).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2017 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 Čaj.

Inklinometrické merania, ktoré boli v roku 2017 zabezpečené počas dvoch etáp v šiestich vrtoch, potvrdili, že jednotlivé častiach obce majú odlišný stabilitný vývoj. Najaktívnejšia bola južná časť monitorovaného územia v oblasti vrtu NHI-1A (deformácia plytko pod terénom). Rok 2017, z pohľadu dlhodobého vývoja deformácie na šmykových plochách má viacero protichodných prívlastkov. Pozitívne je možné hodnotiť pokles pohybovej aktivity v oblasti vrtu NHI-2, v ktorom bola v roku 2016 nameraná najväčšia deformácia za monitorované obdobie, ale aj vrtov NHI-1 a NHI-3. Opačný charakter mali výsledky meraní v spomenutom vrte NHI-1A, v ktorom je možné dlhšiu dobu sledovať postupný nárast pohybovej aktivity.

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.

V roku 2018 plánujeme zachovať rovnaký sortiment monitorovacích metód ako v roku 2017. Rovnako bude zachovaná i frekvencia meraní; 10 kontrolných etáp v prípade sledovania režimových ukazovateľov a 2 etapy metódou presnej inklinometrie.

1.4.26. 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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.26.1.

Tab. 4.26.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ruská Nová Ves v rokoch 2016 a 2017

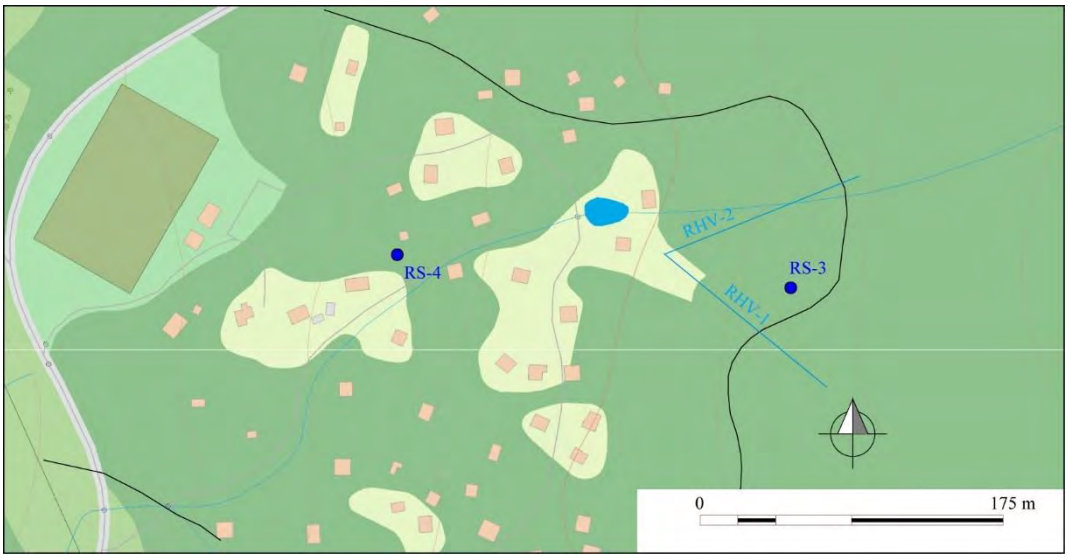
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	RS-3, RS-4	10 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	2	RVH-1, RVH-2	10 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Prešov-planetárium (59160)	*Denné úhrny zrážok*	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2016 a 2017 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. 4.26.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.26.2 a 4.26.3; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.26.1). Prvý vrt (RS-3) sa nachádza v odlučnej a druhý (RS-4) v prechodovej oblasti. V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Bližšie k terénu sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte RS-4 (0,44 m pod terénom – 482,86 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte RS-3 bol zaznamenaný 1. marca (3,33 m pod terénom). Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte RS-3 2. februára (5,33 m pod terénom od 2. februára). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 2,95 m pod terénom. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch pohybovali v rozsahu od 1,13 (vrt RS-4) do 4,76 m pod terénom (RS-3). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte RS-3 (2,00 m). Pri porovnaní nameraných údajov z roku 2016

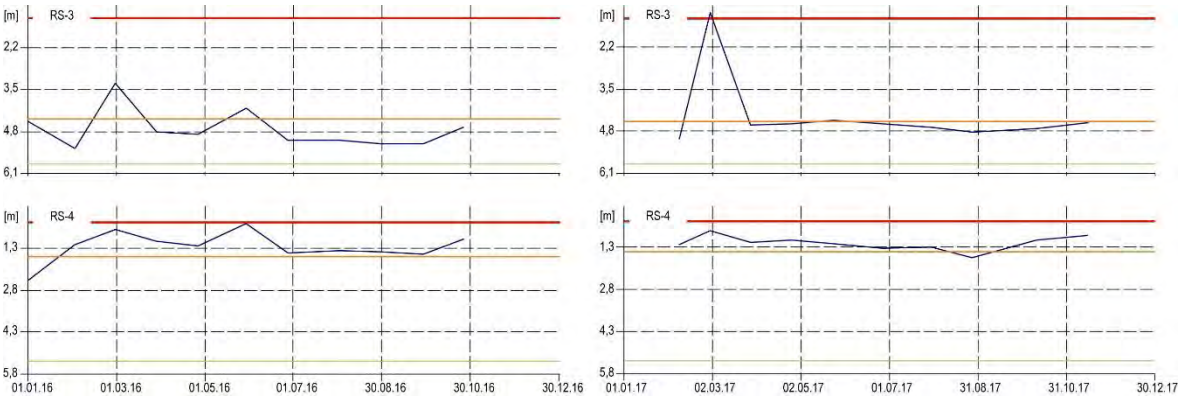
s údajmi získanými pri predchádzajúcom monitorovaní (roky 2012 až 2015) vyplýva, že vo vrte RS-4 bola dosiahnutá hodnota dlhodobého maxima.



Obr. 4.26.1. 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. 4.26.2. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2016

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	3,33	505,27	01.03.16	5,33	503,27	02.02.16	4,76	503,84	2,00
RS-4	10	0,44	482,86	30.05.16	1,54	481,76	28.09.16	1,13	482,17	1,10



Obr. 4.26.2. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenaný v rokoch 2016 a 2017 na lokalite Ruská Nová Ves, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (červená – maximálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna nameraná úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody nameraný v hodnotených rokoch 2016 a 2017).

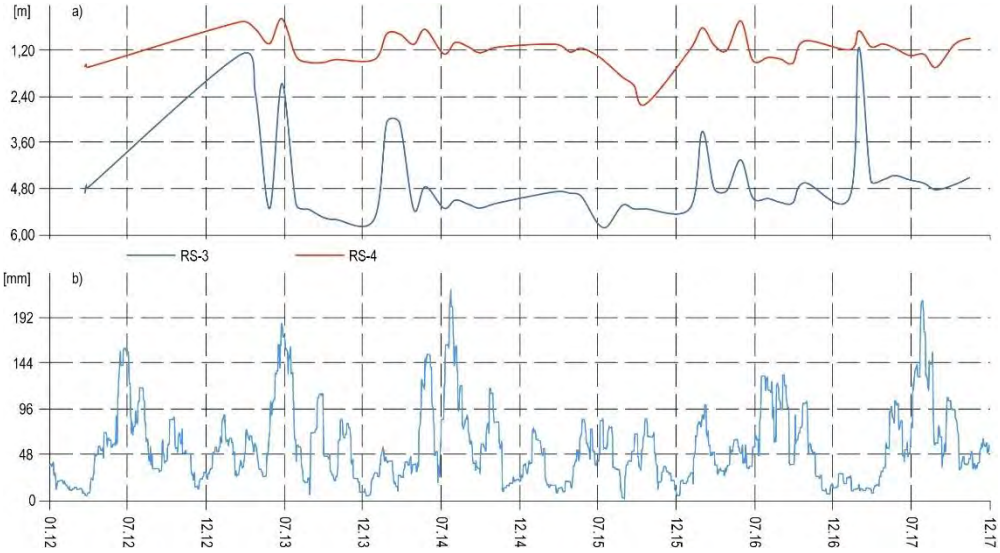
V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní, ktoré boli uskutočnené v období do 8. februára do 15. novembra. Najvyššia hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte RS-4 (0,70 m pod terénom – 482,60 m n. m.) dňa 1. marca. Rovnako 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. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2016 a 2017 sú spolu s vybratými štatistickými charakteristikami znázornené na obr. 4.26.2. Dlhodobé zmeny spolu s kumulatívnymi zrážkami sú vyjadrené na obr. 4.26.3.

Tab. 4.26.3. 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

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 až v aktuálne hodnotenom roku 2017 (obr. 4.26.3).



Obr. 4.26.3. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) zmien úrovne hladiny podzemnej vody z vybraných vrtov na lokalite Ruská Nová Ves. Znázornené sú hladiny podzemnej vody z vrtov: a – RS-3 (modrá) a RS4 (červená); b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160).

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

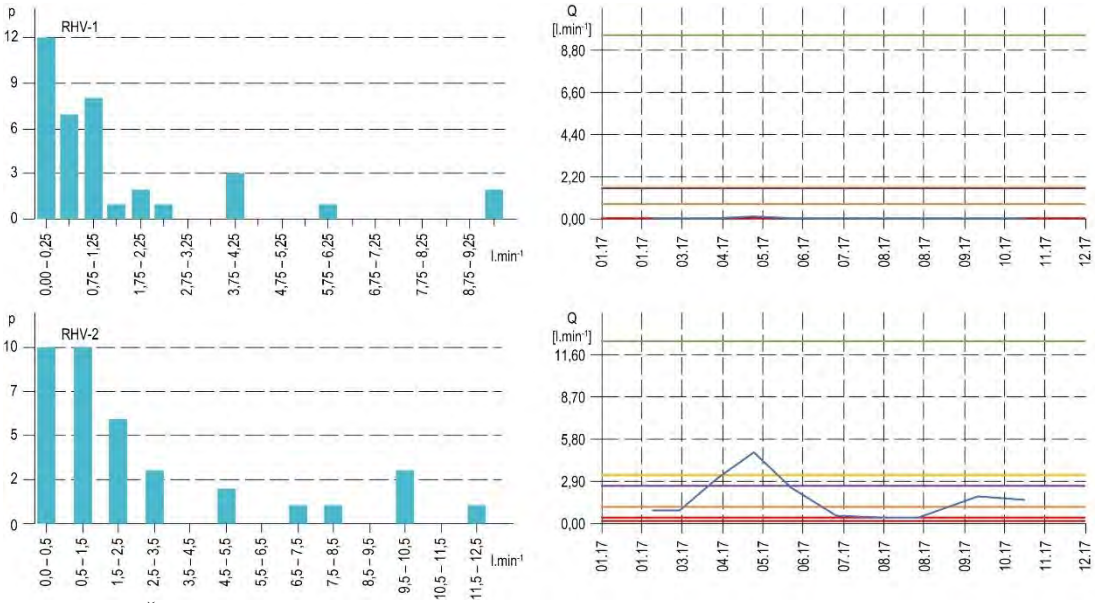
Na lokalite Ruská Nová Ves sú pozorované dve odvodňovacie zariadenia (tab. 4.26.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.26.4 a 4.26.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích vrtov je na obr. 4.26.1). Počas roka 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Vyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte RHV-2 (8,08 $l.min^{-1}$) počas marcového merania. V tomto termíne bola nameraná i najvyššia sumárna výdatnosť (8,59 $l.min^{-1}$). V tomto období bol pozorovaný i vzostup hladiny podzemnej vody v oboch piezometrických vrtoch. Vo vrte RHV-1 bola maximálna výdatnosť nameraná 27. apríla (0,61 $l.min^{-1}$), teda v čase zostupu hladiny podzemnej vody.

Minimálne výdatnosti oboch vrtov boli zhodne zaznamenané na konci mesiaca jún. Vo vrte RHV-1 bolo v tomto termíne pozorované len kvapkanie – tento stav pretrval až do konca októbra). Vo vrte RHV-2 sa minimálna výdatnosť pohybovala na úrovni 0,4 l.min^{-1}. Pokles výdatnosti súvisí so zrážkovým deficitom, zaznamenaným v letných mesiacoch. Sumárna priemerná výdatnosť oboch meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 2,25 l.min^{-1}, čo je v porovnaní s rokom 2015 nárast o 1,14 l.min^{-1}). Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte RHV-2 (7,68 l.min^{-1}).

Tab. 4.26.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2016

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	10,00	0,61	27.04.16	0,00	27.06.16	0,18	0,61
RHV-2	10,00	8,08	01.03.16	0,40	27.06.16	2,07	7,68

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}). Priebehy množstva odvádzanej vody v roku 2017 spolu so štatistickým hodnotením vyjadruje obr. 4.26.4; spoločnú výdatnosť s kumulatívnymi zrážkami znázorňuje obr. 4.26.5. Celkové hodnotenie výdatnosti na lokalite Ruská Nová Ves je na obr. 4.26.6.



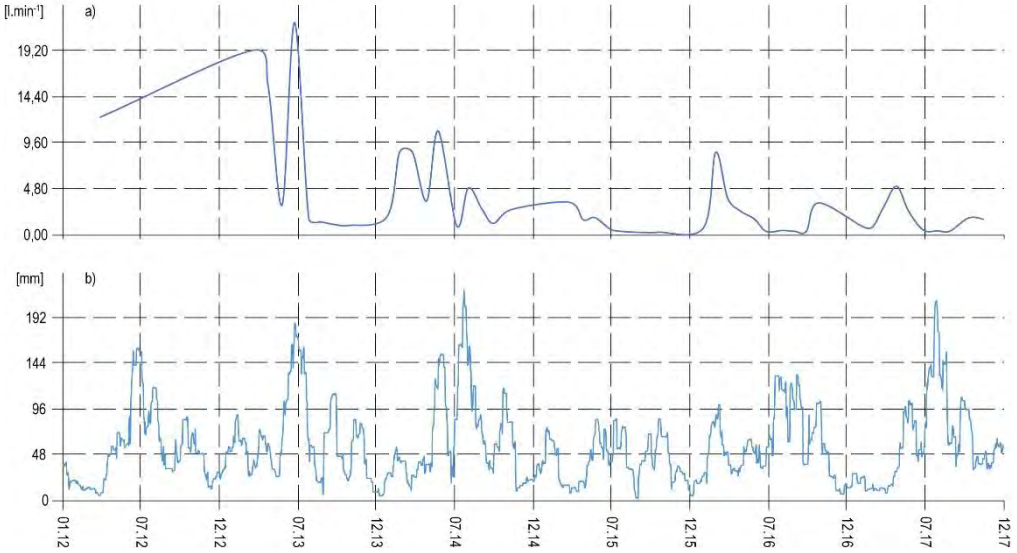
Obr. 4.26.4. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2012 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Ruská Nová Ves. Analyzované obdobie (AO): marec 2012 – október 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).

Tab. 4.26.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2017

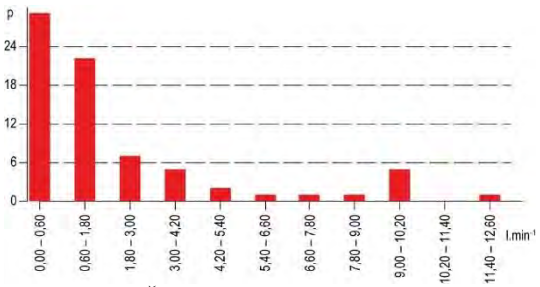
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
RHV-1	10	0,13	26.04.17	0,00	08.02.17	0,02	0,13
RHV-2	10	4,95	26.04.17	0,44	28.08.17	1,71	4,51

Zo štatistického spracovania na obr. 4.26.4 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. 4.26.6).



Obr. 4.26.5. Priebeh dlhodobých (2012 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Ruská Nová Ves; a – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov; b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160).



Obr. 4.26.6. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves. Analyzované obdobie: marec 2012 – október 2016 p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas analyzovaného obdobia.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú 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

Od roku 2016 je na lokalite Ruská Nová Ves pozornosť venovaná výlučne režimovým ukazovateľom. Dlhodobo zabezpečované inklinometrické merania sa ukázali ako nespoľahlivé. V roku 2017 bolo zrealizovaných po 10 meraní v dvoch piezometrických a dvoch odvodňovacích vrtoch. Z meraní vyplynulo, že hladina podzemnej vody prakticky počas všetkých meraní dosahovala hodnoty blízke úrovni dlhodobého priemeru a len začiatkom marca sa dostala, resp. prekročila úroveň dlhodobého maxima.

Merania výdatnosti v roku 2017 potvrdili trend poklesu sumárnej výdatnosti. Najvýraznejšie sa to prejavuje vo vrte vo vrte HJV-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. Riešením súčasnej situácie je inštalácia kontinuálnych automatických hladinomerov, ale aj dobudovanie monitorovacej siete, vhodnej na sledovanie pohybovej aktivity.

V roku 2018 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach v nezmenenej frekvencii, to znamená, že bude zabezpečených 10 etáp meraní na všetkých monitorovaných objektoch.

1.4.27. Lokalita Košice-Krásna

Stručná charakteristika lokality

Zosuvné územie postihuje ľavý breh Hornádu, nad ulicou 1. mája. Jedná sa o rozsiahle potenciálne zosuvné územie, v ktorom sa v roku 2010 aktivovali tri menšie zosuvy, z ktorých jeden spôsobil i rozsiahlejšie materiálne škody.

Monitorovacie merania boli v minulosti zamerané na sledovanie režimu hladiny podzemnej vody a prejavy pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie. Monitorovacie objekty sú sústredené do najcitlivejších oblastí zosuvu. Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Grman et al., 2010), sanácie (Fekeč et al., 2014e in Šimeková et al., 2014), ako aj z monitorovania (Ondrejka et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.27.1.

Tab. 4.27.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košice-Krásna v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie Objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	1	KI-1	1 *(12. december)*	–
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Košice-letisko (indikatív 60120)	*Denné úhrny zrážok*	

**vrty sú permanentne suché*

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

a/ Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite sa inklinometrické merania vykonávali vo vrte KI-1 (obr. 4.27.1). V roku 2016 bolo zabezpečené jedno kontrolné meranie, ktorého výsledky charakterizujú pohybovú aktivitu v období dvadsiatich mesiacov. Z výsledkov vyplýva, že oproti predchádzajúcemu meraniu došlo len k veľmi miernemu nárastu etapovej deformácie. V hĺbke 2,77 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,48 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 0,94 mm.rok^{-1}. V hlbšie sledovanom horizonte, ktorý sa nachádza 5,77 m pod terénom, dosiahol etapový prírastok 0,98 mm (0,63 mm.rok^{-1}). Ak porovnávame rýchlosti deformácie z posledných dvoch meracích etáp, môžeme konštatovať jej pomerne výrazný pokles. Zároveň je možné si všimnúť i zmenu orientácie nameraných vektorov. Kým v roku 2015 mali vektory severovýchodný smer, v roku 2016 sú orientované na západ.

Tab. 4.27.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Košice-Krásna v roku 2016

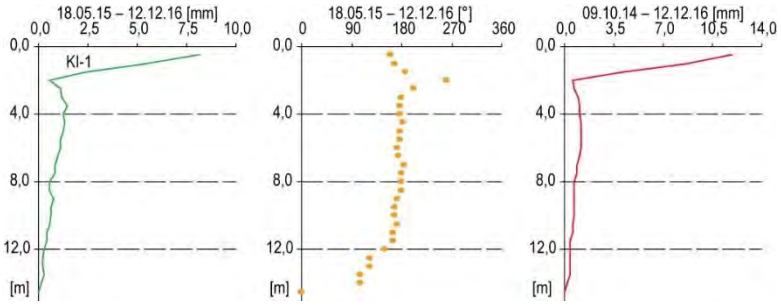
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	18.05.15 – 12.12.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]
KI-1	2,77	1,12	1,48	178
KI-1	5,77	1,12	0,98	174

CD – celková deformácia od nultého merania (09.10.14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

Monitorovacie aktivity sú však sústredené len do oblasti, ktorá sa reaktivizovala v roku 2010, v rámci rozsiahleho frontálneho zosuvu, a teda namerané výsledky nie je možné extrapolovať na celé zosuvné územie.

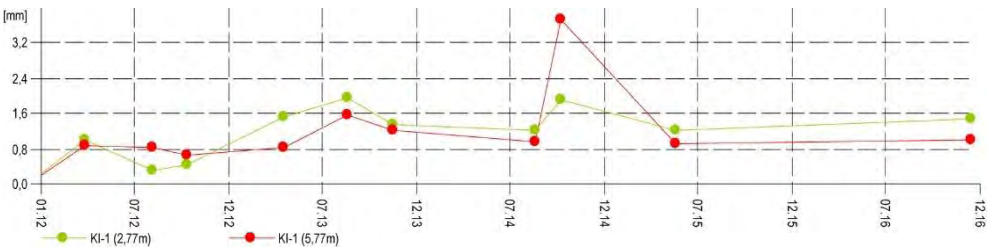


Obr. 4.27.1. Lokalita Košice-Krásna – vektory deformácií namerané v roku 2016 (obdobie meracej etapy je v súlade s tab. 4.27.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.27.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte KI-1 na lokalite Košice-Krásna; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, oranžová – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

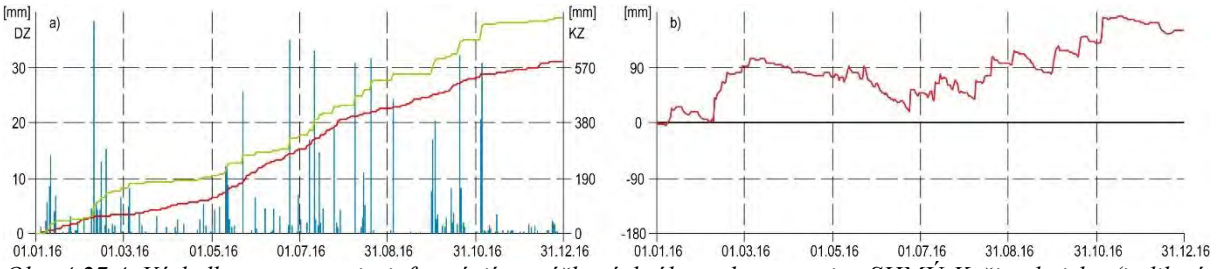
Z dlhodobého hľadiska možno za najaktívnejšie obdobie považovať rok 2014. Počas októbrového merania bol v hĺbke 5,77 m pod terénom nameraný vektor 3,72 mm, ktorý charakterizuje pohybovú aktivitu obdobia od augusta 2014 do októbra 2014. Azimut nameranej deformácie mal severo-severozápadný smer.



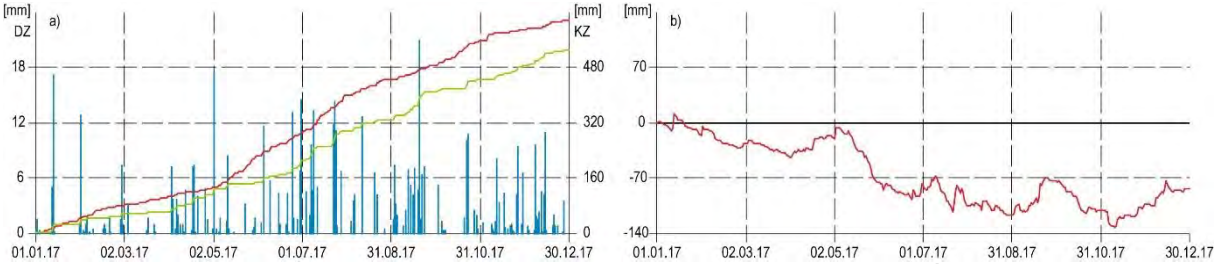
Obr. 4.27.3. Priebehy dlhodobých (2012 – 2016) prírastkov deformácie na lokalite Košice-Krásna, sledované na predpokladaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia doplňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Košice-letisko s indikatívom 11968 (obr. 4.27.4 a 4.27.5). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2016 predstavuje 611,0 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 724,7 mm (rok 2016); priemerný mesačný úhrn 51,6 mm a maximálny mesačný úhrn 149,9 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 11. mája 2013 do 10. júna 2013) dosiahol 199,7 mm.



Obr. 4.27.4. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Košice-letisko (indikatív 11968); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.



Obr. 4.27.5. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Košice-letisko (indikatív 11968); 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 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 724,7 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (114,8 mm) a najvyšší denný úhrn 10. februára (38,4 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl so 16,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 19. júna do 19. júla (124,0 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 529,6 mm, čo zodpovedá 86,68 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (97,7 mm) a najvyšší denný úhrn 20. septembra (20,9 mm). Najsuchším mesiacom bol marec so 14,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 28. júna do 28. júla (105,8 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 2. marca do 1. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 5,8 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Košice-Krásna sú monitorovacie aktivity zabezpečované len formou inklinometrických meraní v jedinom inklinometrickom vrte. Treba zároveň uviesť, že monitorovaná svahová deformácia je súčasťou rozsiahleho zosuvného územi a monitorovacie aktivity sa sústreďujú len do oblasti, ktorá sa aktivovala v roku 2010. Posledné meranie bolo

na lokalite realizované v roku 2016. Z hľadiska hodnotenia nameraných deformácií metódou presnej inklinometrie je možné konštatovať, že po roku 2014, kedy boli namerané najvyššie deformácie za celé monitorovacie obdobie (počas 11 meracích etáp), bolo pri poslednom meraní pozorované pretrvávajúce relatívne stabilitné obdobie.

Najbližšie plánujeme na lokalite realizovať kontrolné meranie až v roku 2019.

1.4.28. Lokalita Šenkvice

Stručná charakteristika lokality

Zosuv sa nachádza na severovýchodnom svahu na pravom brehu Stoličného potoka v miestnej časti Malé Šenkvice 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 (Žabková et al., 2010), ako aj z monitorovania za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

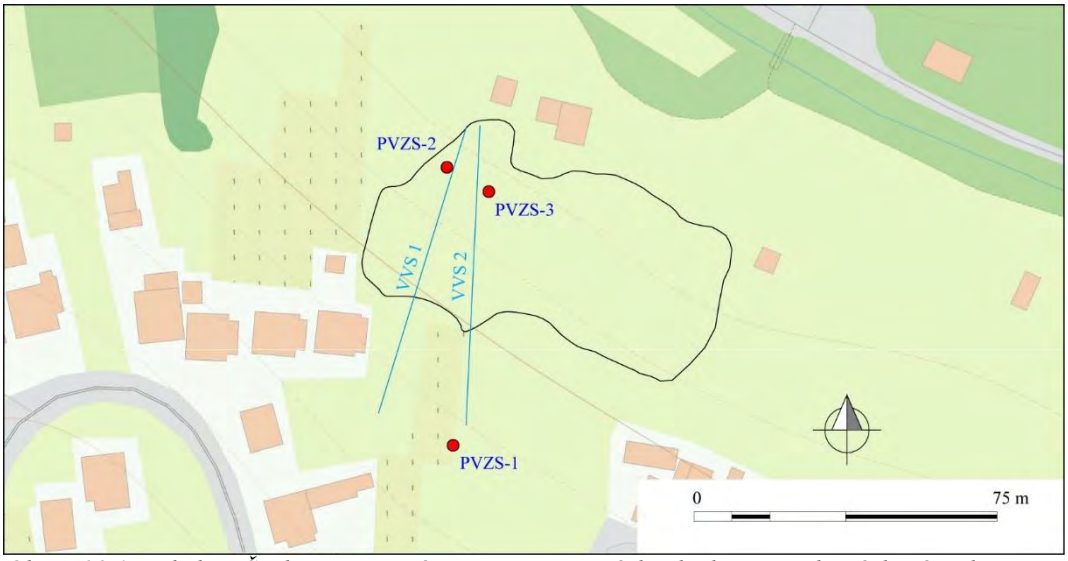
Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.28.1.

Tab. 4.28.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Šenkvice v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	PVZS-1, PVZS-2, PVZS-3	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Modra (indikatív 18060)	*Denné úhrny zrážok*	

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

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi



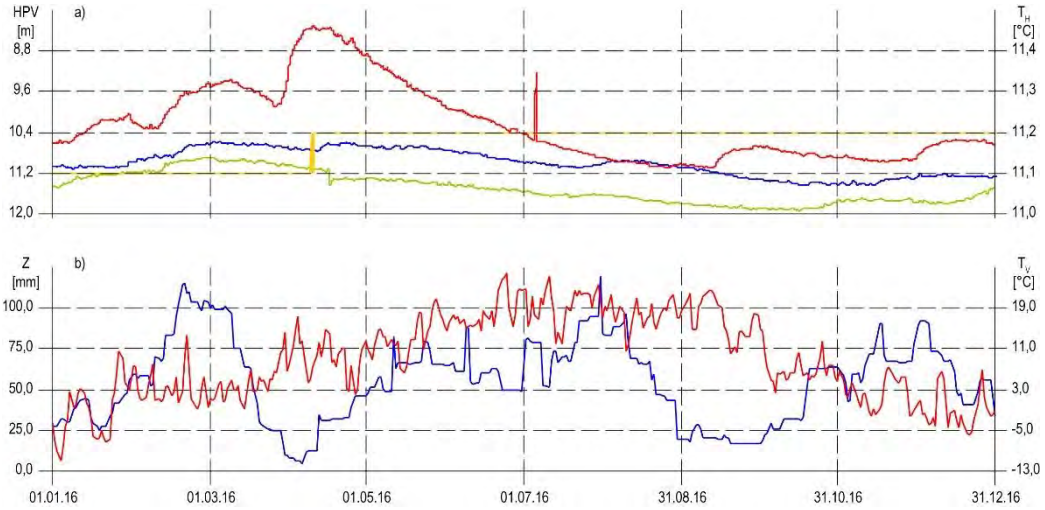
Obr. 4.28.1. Lokalita Šenkvice – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

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, pričom

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. 4.28.1). Počas hodnotených rokov 2016 a 2017 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

Vo vrte PVZS-1 bola v roku 2016 maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 10,58 m pod terénom (154,57 m n. m.; 2. marec), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 1,37 m. K jej dosiahnutiu došlo po jej pomalom miernom vzostupe. Na približne rovnakej úrovni sa udržala pomerne dlho, kedy začala pozvoľna klesať (obr. 4.28.2). Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 11,44 m (153,71 m n. m.), bola dosiahnutá 17. októbra (oproti predchádzajúcemu roku je pozorovaná len veľmi malá zmena – pokles o 0,04 m). Následne, vplyvom vyšších zrážkových úhrnov, hladina podzemnej vody mierne stúpla. Jej priemerná hĺbka v roku 2016 dosiahla 11,00 m pod terénom (154,15 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny pokles (o 0,28 m). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala len na úrovni 0,86 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom tak došlo k jej výraznému ustáleniu. Priemerná denná hodnota kolísania dosiahla 0,03 m za deň, čo poukazuje tiež na pokles dynamiky zmien hĺbky podzemnej vody v tomto vrte. Maximálna nameraná hodinová zmena podzemnej vody predstavovala 0,01 m (čo je 1,16 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 10,72 m pod terénom, 2. kvartil 11,02 m pod terénom a 3. kvartil 11,26 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody bola meraná s rovnakou frekvenciou ako jej hĺbka. Jej zmeny boli počas roka však minimálne (amplitúda 0,1 °C). Priemerná teplota dosiahla hodnotu 11,1 °C.

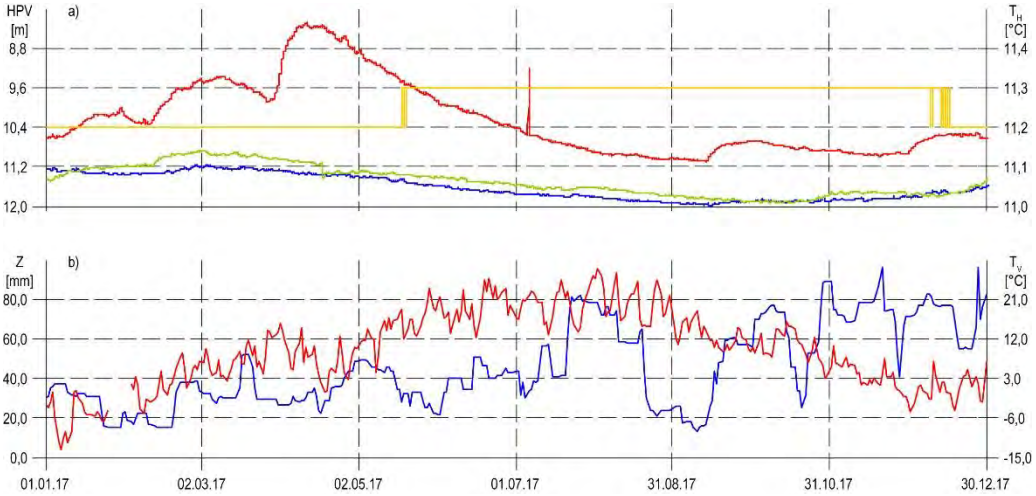


Obr. 4.28.2a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte PVZS-1 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň – SHMÚ Modra s indikatívom 18060) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050).

V roku 2017 sa pokračovalo v rovnakom režime meraní. Maximálna hladina podzemnej vody bola 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 4.28.2b 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 účinok 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 11,34 m pod terénom, 2. kvartil 11,69 m pod terénom a 3. kvartil 11,86 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.

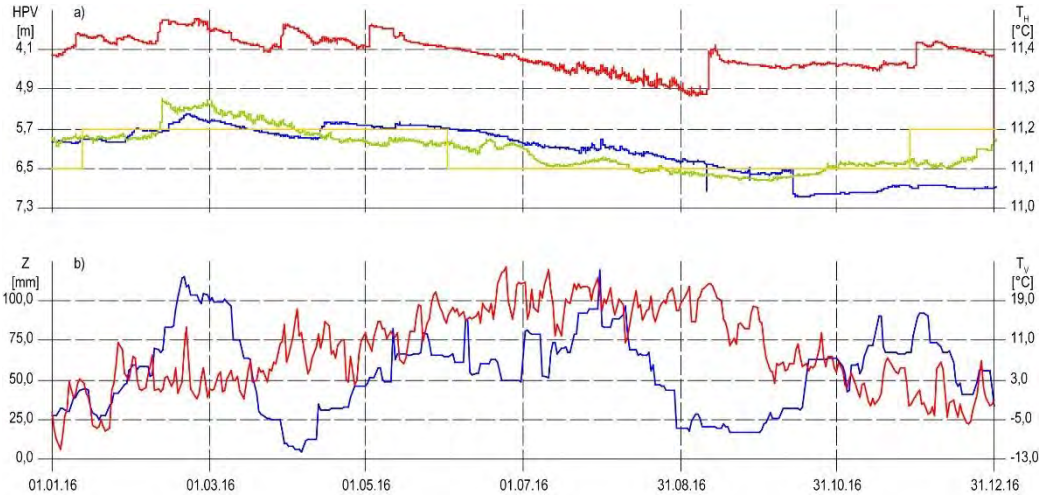


Obr. 4.28.2b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte PVZS-1 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň – SHMÚ Modra s indikatívom 18060) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050).

Tab. 4.28.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice v roku 2016

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	8784	10,58	154,57	02.03.16	11,44	153,71	17.10.16	11,00	154,15	0,86
PVZS-2	8784	5,40	148,00	22.02.16	7,08	146,32	17.10.16	6,15	147,25	1,68
PVZS-3	8784	6,81	145,95	23.02.16	7,77	144,99	17.10.16	7,37	145,39	0,96

Vo vrte PVZS-2 v roku 2016 maximálna hladina podzemnej vody vystúpila do hĺbky 5,40 m pod terénom (148,00 m n. m.) počas 22. februára. V porovnaní s predchádzajúcim rokom je to pokles o 1,94 m. Zaznamenaný vzostup hladiny podzemnej vody (obr. 4.2.8.3), podobne ako vo vrte PVZS-1, súvisel s intenzívnymi februárovými zrážkami. Kumulatívny tridsaťdňový zrážkový úhrn počas 21. februára dosiahol 115,5 mm. Minimálna hladina podzemnej vody bola dosiahnutá 17. októbra, a to s hĺbkou 7,08 m (146,32 m n. m.; oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,37 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 6,15 m pod terénom (147,25 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,95 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,68 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,05 m.deň$^{-1}$. V tejto súvislosti treba uviesť, že hladina podzemnej vody pomerne výrazne osciluje, najvýraznejšie sa to prejavilo počas letných mesiacov. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala až 0,53 m (čo tvorí až 31,55 % celkovej ročnej amplitúdy). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 5,73 m pod terénom, 2. kvartil 5,99 m pod terénom a 3. kvartil 6,59 m pod terénom. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,1 °C.

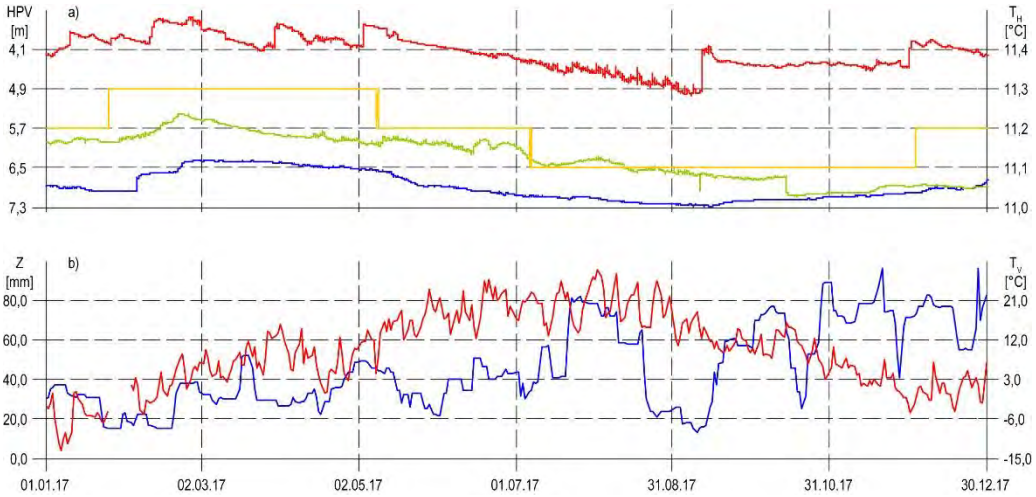


Obr. 4.28.3a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte PVZS-2 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň – SHMÚ Modra s indikatívom 18060) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050).

V roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v rovnakom režime ako v predchádzajúcom období. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná, podobne ako vo vrte PVZS-1, 28. februára, po jej dvoch výraznejších vzostupoch (2,75 m pod terénom; 147,06 m n. m.). V porovnaní s rokom 2016 ide o pokles o 0,94 m. Po uvedenom termíne začala 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 skutočnosť sa odrazila i na priemernej hĺbke hladiny podzemnej vody, ktorá v roku 2017 dosiahla 6,89 m pod terénom (146,51 m n. m.), čo

v porovnaní s rokom 2016 predstavuje pokles až 0,74 m. Amplitúda ročných 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 deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,28 m (čo je 29,79 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 6,61 m pod terénom, 2. kvartil 6,97 m pod terénom a 3. kvartil 7,11 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,3 °C 25. januára, naopak, najnižšia teplota (11,1 °C) bola zaznamenaná 7. júla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,19 °C.



Obr. 4.28.3b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte PVZS-2 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň – SHMÚ Modra s indikatívom 18060) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050).

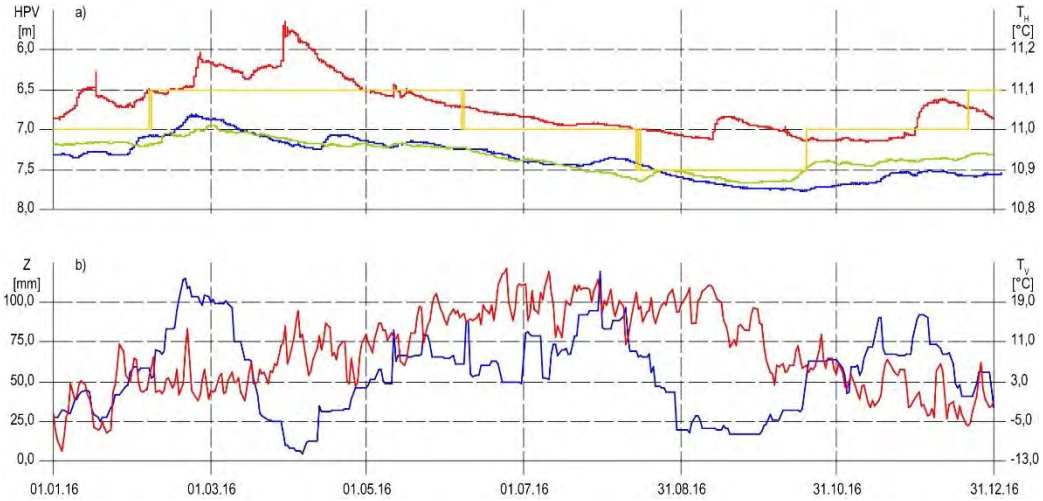
Tab. 4.28.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice v roku 2017

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

Vo vrte PVZS-3 bola maximálna hladina podzemnej vody v roku 2016 nameraná v hĺbke 6,81 m pod terénom (145,95 m n. m.; 23. február), čo je v porovnaní s rokom 2015 pokles o 0,53 m. Vývoj hladiny vo vrte PVZS-3 sa do značnej miery zhoduje so zmenami v plytšom horizonte, sledovanom vo vrte PVZS-2 (obr. 4.28.4). Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,77 m (144,99 m n. m.) bola dosiahnutá 17. októbra. Oproti roku 2015 ide o nepatrný pokles (o 0,1 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 7,37 m pod terénom (145,39 m n. m.), čo je pri konfrontácii s rokom 2015 pokles o 0,21 m. Hladina podzemnej vody počas celého roka sa pohybovala na úrovni dlhodobého minima (obr. 4.28.4). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,96 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k jej miernemu ustáleniu. Priemerná denná hodnota kolísania

dosiahla 0,03 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,02 m (2,08 % celkovej ročnej amplitúdy). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,18 m pod terénom, 2. kvartil 7,36 m pod terénom a 3. kvartil 7,57 m pod terénom.

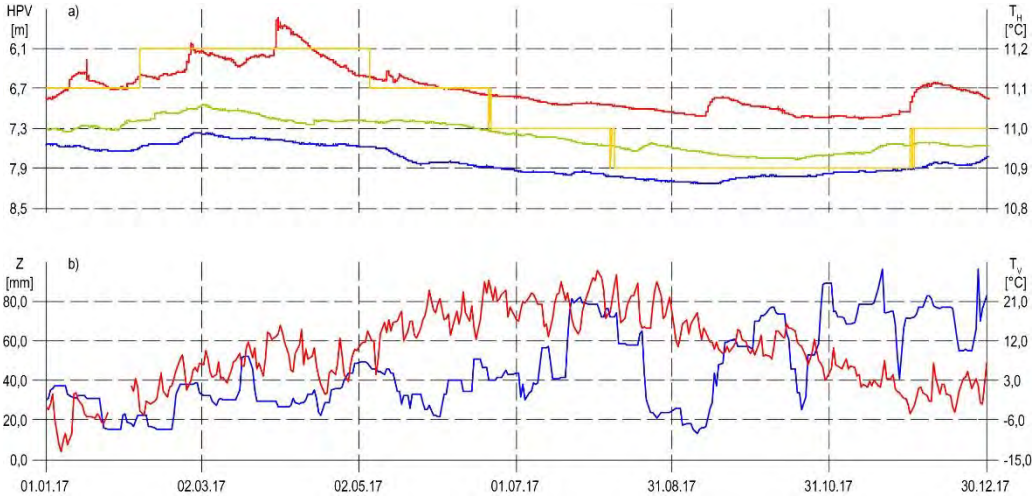
Teploty podzemnej vody kolísali v intervale 11,1 °C (6. február) až 10,9 °C (14. august). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,0 °C.



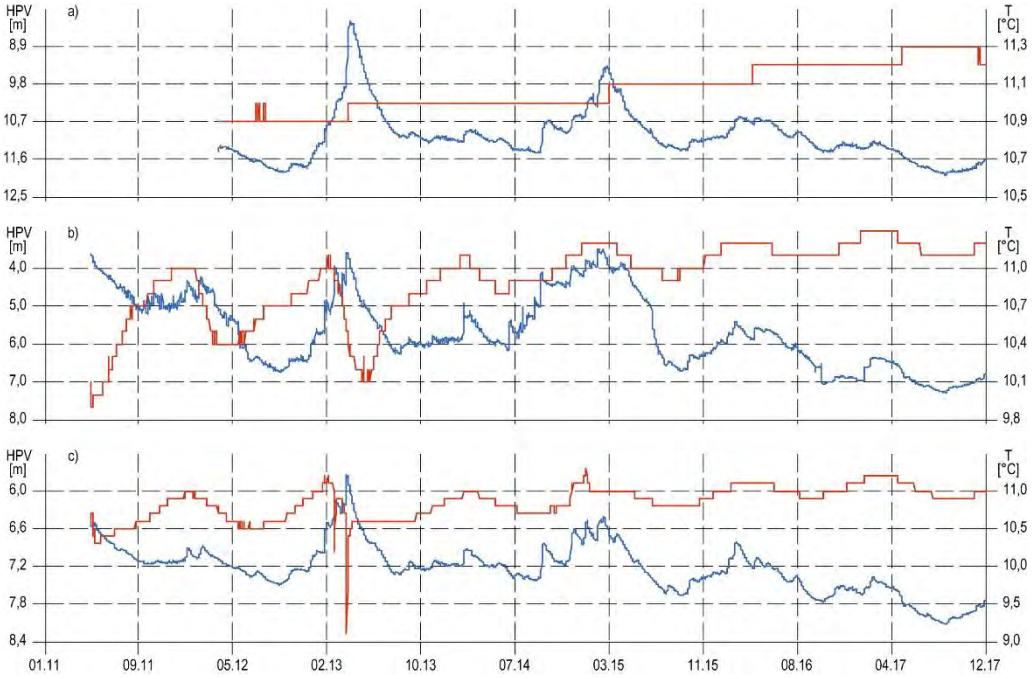
Obr. 4.28.4a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte PVZS-3 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň – SHMÚ Modra s indikatívom 18060) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_V (červená), na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050).

V roku 2017 sa pokračovalo s meraniami v rovnakom režime ako v predchádzajúcom období. Priebeh hladiny podzemnej vody v tomto vrte mal rovnaký charakter ako vo vrtoch PVZS-1 a PVZS-2. Zároveň, aj v tomto vrte, celoročný priebeh hladiny podzemnej vody, v porovnaní s dlhodobými ukazovateľmi, sa nachádza relatívne hlboko pod odvodenou minimálnou hodnotou. Najvyššia hladina podzemnej vody bola, rovnako ako v ostatných vrtoch, nameraná 28. februára (7,36 m pod terénom; 145,40 m n. m. – čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,55 m). Po dosiahnutí maximálneho stavu začala hladina klesať a jej najnižšia úroveň s hĺbkou 8,14 m (144,62 m n. m.) bola dosiahnutá 14. septembra (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,37 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla 7,80 m pod terénom (144,96 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 pokles o 0,43 m. Pozorované klesanie všetkých hodnotených ukazovateľov (druhý rok po sebe) jednoznačné dokumentuje efektívnosť realizovaného stabilizačno-odvodňovacieho prvku, situovaného v telese zosuvu. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,78 m, čo znamená, že v i prípade kolísania hladiny podzemnej vody došlo k miernemu ustáleniu. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,03 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,02 m (čo je 2,56 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,57 m pod terénom, 2. kvartil 7,85 m pod terénom a 3. kvartil 7,99 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,20 °C 6. februára, naopak, najnižšia teplota (10,9 °C) bola zaznamenaná 8. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,04 °C.



Obr. 4.28.4b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte PVZS-3 (červená – maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; zelená – minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v predchádzajúcom období; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z – modrá; súčet za 30 dní s postupom 1 deň – SHMÚ Modra s indikatívom 18060) a priemernej dennej teploty vzduchu – T_v (červená), na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050).



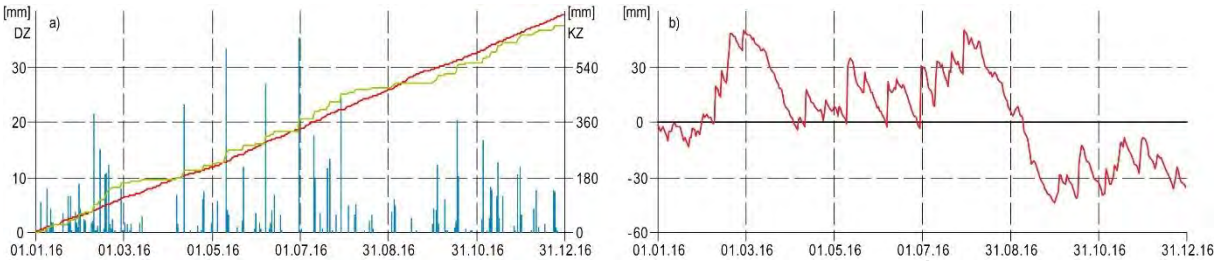
Obr. 4.28.5. Priebeh dlhodobých (2011 – 2017) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – PVZS-1, b – PVZS-2, c – PVZS-3 (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody).

Z dlhodobého hľadiska 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 čiastočne aj v 2016. Vo všetkých vrtoch je však zreteľne 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

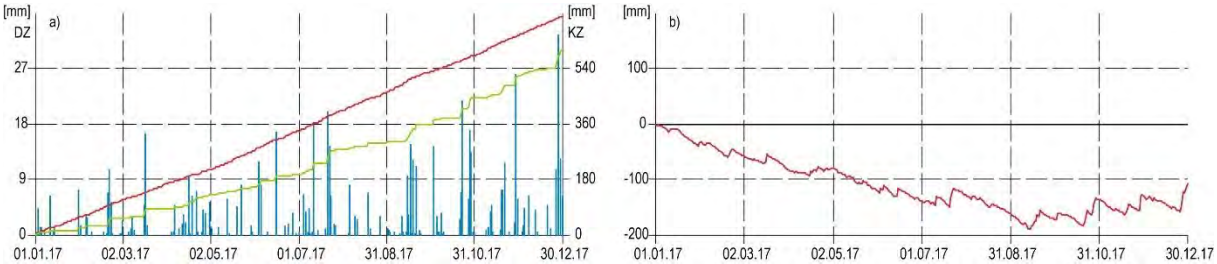
2015. Vďaka vysokej efektívnosti sanačného opatrenia boli v roku 2017 zaznamenané najnižšie hodnoty úrovne hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Zásadne sa zmenil aj teplotný režim podzemnej vody. Pôvodná, pomerne výrazná amplitúda, sa v posledných rokoch mení len na mierne kolísanie, dosahujúce hodnoty niekoľkých desatín stupňa. Znamená to, že na dopĺňaní 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. 4.28.6 a 4.28.7). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1990 do 31. decembra 2016 predstavuje 704,4 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1093,7 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 58,9 mm a maximálny mesačný úhrn 254,0 mm (máj 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 2. mája 2010 do 1. júna 2010) dosiahol 280,4 mm.



Obr. 4.28.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060); 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 1990 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.



Obr. 4.28.7. 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.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 628,9 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (119,3 mm) a najvyšší denný úhrn 2. júla (35,2 mm). Najsuchším mesiacom bol september so 16,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. júla do 31. júla (119,3 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 600,0 mm, čo zodpovedá 85,18 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas októbra (89,3 mm) a najvyšší denný úhrn 28. decembra (32,4 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 22,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 28. novembra do 28. decembra (96,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 11. augusta do 10. septembra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 12,8 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Šenkvice sú monitorovacie aktivity zabezpečované formou kontinuálnych režimových pozorovaní v troch piezometrických vrtoch. Z pravidelných záznamov automatických hladinomerov v roku 2017 je možné pozorovať pokračujúci trend zostupu hladiny podzemnej vody vo všetkých vrtoch. Maximálne stavy boli zaznamenané najmä v zimných mesiacoch (marec a december). Namerané hodnoty predovšetkým potvrdili efektívnosť vybudovanej drenáže (najmä stabilizačno-drenážneho rebra). Hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 sa vo väčšine prípadov nachádzala pod úrovňou doteraz nameraných minimálnych stavov. 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 2017 nebolo možné zabezpečiť merania 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 2018 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach, zabezpečovaných automatickými hladinomermi.

1.4.29. 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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v roku 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.29.1.

Tab. 4.29.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Petrovany v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	1	PJ-7	1 *(21. november)*	1 *(7. december)*
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	PHV-1, PHV-2, PHV-3	10 *(2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)*	10 *(8. február, 1. marec, 29. marec, 26. apríl, 24. máj, 27. jún, 31. júl, 28. august, 11. október, 15. november)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prešov-planetárium (59160)	*Denné úhrny zrážok*	

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

a/ Inklinometrické merania

Monitorovacie aktivity sa vykonávajú na jednom inklinometrickom vrte, ktorý je situovaný nad odlučnou hranou aktívneho zosuvu (obr. 4.29.1). V roku 2016 bolo meranie realizované v druhej polovici novembra. V sledovanej hĺbke 7,5 m pod terénom bola nameraná deformácia 0,61 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 0,46 mm.rok^{-1}. Azimut nameranej deformácie bol orientovaný na severozápad.

V roku 2017 dosiahla etapová deformácia 0,78 mm s azimutom na sever (10°). Nameraná deformácia predstavuje pohybovú aktivitu za obdobie november 2016 až december 2017, teda približne jeden rok. Celková deformácia nameraná počas obdobia monitoringu, to znamená od decembra 2012, dosiahla 1,98 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 0,43 mm.rok^{-1} Sumárna hodnota čiastkových vektorov (trajektória sledovaného bodu), zaznamenaných počas jednotlivých etáp dosiahla hodnotu 8,96 mm. Zásadný rozdiel

Tab. 4.29.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Petrovany v rokoch 2016 a 2017

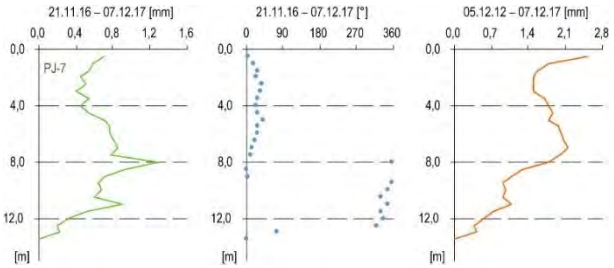
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	29.07.15 – 21.11.16			21.11.16 – 07.12.17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
PJ-7	7,5	1,20	0,61	311	1,98	0,78	10

CD – celková deformácia od nultého merania (5. 12. 12); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

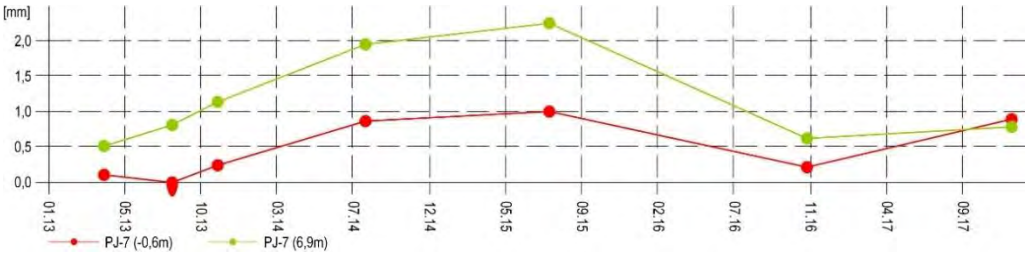


Obr. 4.29.1. Lokalita Petrovany – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.29.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

medzi uvedenými hodnotami naznačuje, že azimuty nameraných vektorov sa často výrazne menia. Výsledná deformácia predstavuje len 22,1 % z celkovej dĺžky etapových vektorov. 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 uvedeným zisteniam predpokladáme, vychádzajúc z výsledkov nameraných etapových vektorov, najmä ich sumárnych hodnôt, že šmyková plocha (?) je v hĺbke 7,5 m pod terénom (obr. 4.29.2). Realizované merania v oblasti nad odlučnou hranou majú kontrolný charakter a overujú stabilitu územia, na ktorom sa nachádzajú stožiare vysokého napätia.



Obr. 4.29.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach vo vrte PJ-7 na lokalite Petrovany; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).



Obr. 4.29.3. 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. 4.29.3, naznačuje, že v období rokov 2013 až 2015 mali namerané hodnoty deformácie vzostupný charakter. V roku 2016 došlo k poklesu pohybovej aktivity a v aktuálne analyzovanom roku sledujeme jej mierny nárast.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Petrovany sú pozorované 3 odvodňovacie vrty (tab. 4.29.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.29.3 a 4.29.4). V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte PHV-2 (5,06 $l.min^{-1}$) počas aprílového merania. V ostatných vrtoch bola maximálna výdatnosť nameraná na konci marca. Minimálne výdatnosti na jednotlivých vrtoch boli zaznamenávané postupne v druhej polovici roka. Najskôr vo vrte PHV-3 (na konci júla; 0,07 $l.min^{-1}$), neskôr v auguste, bolo vo vrte PHV-1 pozorované kvapkanie a nakoniec v druhej polovici októbra klesol prietok aj vo vrte PHV-2 (0,8 $l.min^{-1}$). Sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 1,27 $l.min^{-1}$, čo je v porovnaní s rokom 2015 pokles o 2,73 $l.min^{-1}$. Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte PHV-2 (7,68 $l.min^{-1}$).

Tab. 4.29.3. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Petrovany v roku 2016

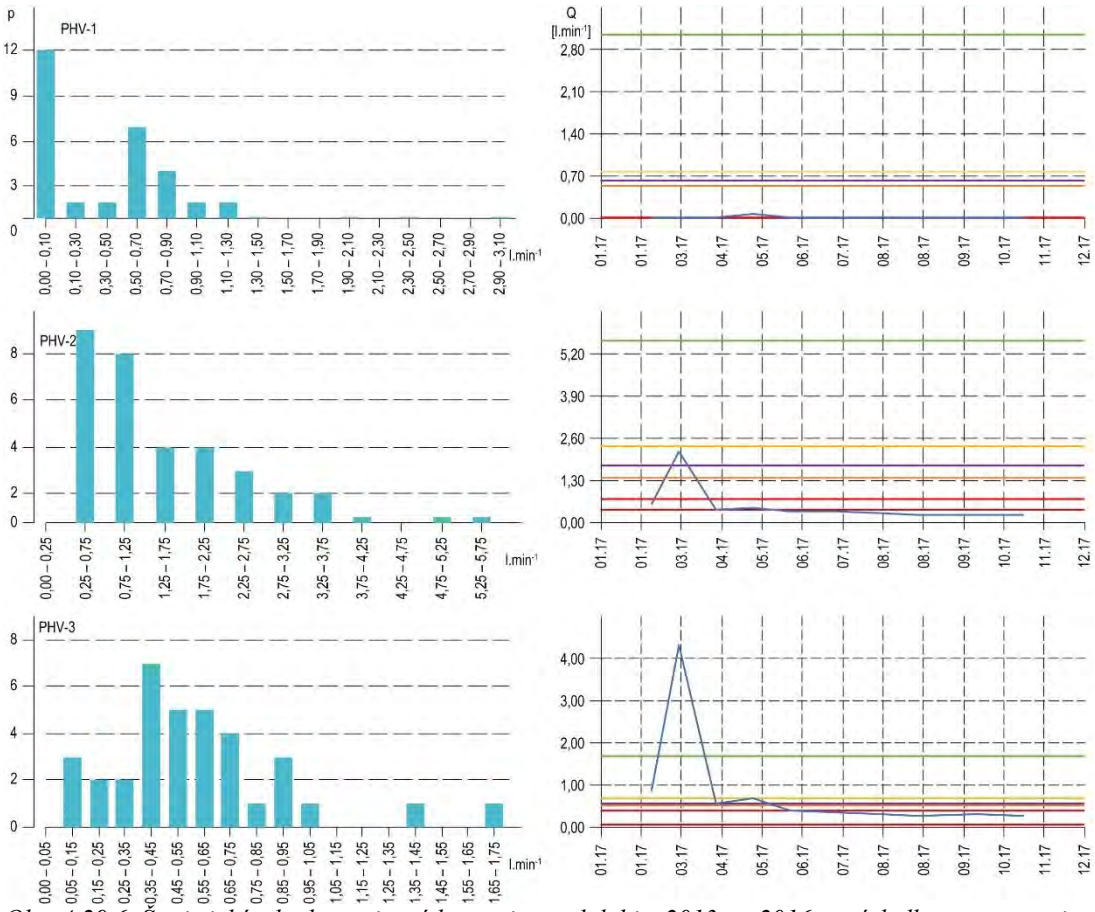
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [$l.min^{-1}$]	Max. kolísanie výdat. [$l.min^{-1}$]
		[$l.min^{-1}$]	dátum	[$l.min^{-1}$]	dátum		
PHV-1	10	0,12	01.03.16	0,00	02.02.16	0,02	0,12
PHV-2	10	0,90	27.04.16	0,42	28.09.16	0,59	0,48
PHV-3	10	1,01	27.04.16	0,35	28.09.16	0,65	0,66

V roku 2017 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní od 8. februára do 15. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte PHV-3 (4,30 $l.min^{-1}$ – najvyššia nameraná hodnota v uvedenom objekte v období monitoringu; v rovnakom termíne bola prekročená doteraz nameraná maximálna hladina podzemnej vody vo vrte RS-3 na lokalite Ruská Nová Ves) na začiatku marca. Počas tohto termínu bola maximálna výdatnosť nameraná aj vo vrte PHV-2 (2,20 $l.min^{-1}$). Celkovo najnižšie výdatnosti boli namerané vo vrte PHV-1. Maximálna hodnota sa pohybovala len na úrovni 0,06 $l.min^{-1}$ (26. apríl). Počas 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 až 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 Prešov-planetárium dosiahnutý výrazný zrážkový deficit (obr. 4.9.12), ktorý sa podpísal pod pokles sledovaných režimových ukazovateľov.

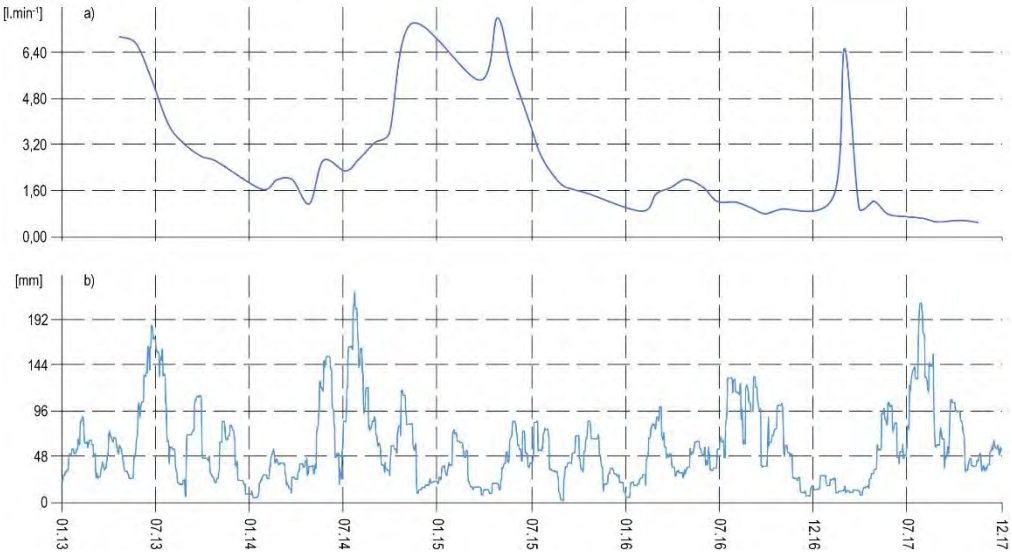
Sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov v roku 2017 dosiahla hodnotu 1,36 $l.min^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zanedbateľný rozdiel (vzostup o 0,09 $l.min^{-1}$). Najväčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte PHV-3 (4,05 $l.min^{-1}$). Priebehy množstva odvádzanej vody v roku 2017 spolu s výsledkami analýzy prietokov zaznamenaných v rokoch 2013 až 2016 znázorňuje obr. 4.29.6. Dlhodobý vývoj spoločnej výdatnosti odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami znázorňuje obr. 4.29.7.

Tab. 4.29.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Petrovany 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		
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



Obr. 4.29.6. Štatistické zhodnotenie výdatnosti za obdobie 2013 – 2016 a výsledky spracovania režimových pozorovaní na odvodňovacích vrtoch v roku 2017 na lokalite Petrovany. Analyzované obdobie (AO): apríl 2013 – október 2016; p – početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti počas AO, Q – výdatnosť (porovnanie základných štatistických ukazovateľov s výsledkami, nameranými v roku 2017 – modrá línia; zelená – maximálna nameraná výdatnosť počas AO, žltá – 3. kvartil z nameraných výdatností počas AO, oranžová – 2. kvartil nameraných výdatností počas AO, fialová – aritmetický priemer nameraných výdatností počas AO, červená – 1. kvartil nameraných výdatností počas AO, hnedá – minimálna nameraná výdatnosť počas AO).



Obr. 4.29.7. Priebeh dlhodobých (2013 – 2017) výdatností odvodňovacích vrtov na lokalite Petrovany; a – spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení; b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň), zaznamenaných na stanici SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160).

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 $l.min^{-1}$). Od posledného spomenutého termínu mala nameraná výdatnosť klesajúcu tendenciu (obr. 4.29.4). 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 vážny 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 doplňujú 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 2017 bol na lokalite Petrovany zabezpečený súbor režimových pozorovaní na odvodňovacích zariadeniach, ktoré boli doplnené o inklinometrické merania v jedinom inklinometrickom vrte (žiaľ, situovanom mimo zosuvné územie, nad odlučnou hranou). Z výsledkov realizovaných inklinometrických meraní vyplýva, že pohybová aktivita v oblasti nad zosuvným územím dosahuje rýchlosti, ktoré sú rádovo len v desatinách milimetra za rok. Znamená to, že zosuvné teleso sa ani v roku 2017 retrográdne nerozšírilo do oblasti, v ktorej by mohlo dôjsť o ohrozeniu el. stožiara vysokého napätia. V porovnaní s rokom 2016 v sledovanom horizonte došlo k miernemu nárastu deformácie.

V roku 2017 pokračoval trend klesajúcej výdatnosti, ktorý sa začal prejavovať už v druhej polovici roka 2015. Vďaka tejto tendencii bola v roku 2017 nameraná nižšia hodnota sumárnej priemernej výdatnosti. Maximálna spoločná výdatnosť bola nameraná na konci zimného obdobia. Kladne je možné hodnotiť skutočnosť, že vrty PHV-2 a PHV-3 ani počas jedného merania neboli suché. Žiaľ, vrt PHV-1 bol väčšiu časť 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.

V roku 2018 plánujeme pokračovať v monitorovacích meraniach v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku 2017.

1.4.30. Lokalita Kraľovany

Stručná charakteristika lokality

Monitorovaný zosuv sa nachádza v katastri obce Kraľovany, miestnej časti Kraľovany-Rieka, v priestore kameňolomu (Kraľovany 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 – Liščák et al., 2014). V území zároveň zabezpečujeme režimové pozorovania pomocou automatického hladinomera. Viac informácií o zosuvnej lokalite je súčasťou správy z prieskumu (Liščák et al., 2013) a tiež aj monitorovania (Ondrejka et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v roku 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.30.1.

Tab. 4.30.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Kraľovany v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Inklinometrické	4 *(2016)* 3 *(2017)*	V-2/INK, V-3/INK, V-4/INK, V-6/INK	1 – 3 *(2. február, 9. máj, 4. október)*	1 – 3 *(31. marec, 5. október, 11. december)*
Terestrické geodetické meranie a fotogrametrické snímkovanie	9 pozorovaných 3 vzťažné mračno bodov	640, 686, 687, R1, R3, P1 až P4 550, 638, 5002	1 *(1. júl)*	1 *(11. júl)*
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	V-2/HG	Kontinuálne *(každú hodinu)*	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Kraľovany (indikatív 24120)	*Denné úhrny zrážok*	

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

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 Kraľovanoch (Šimeková et al., 2014).

Cieľom monitorovacích meraní je určiť etapové diskrétne a plošné vodorovné a výškové posuny na zosuve Kraľovany. 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, 2016 a 2017).



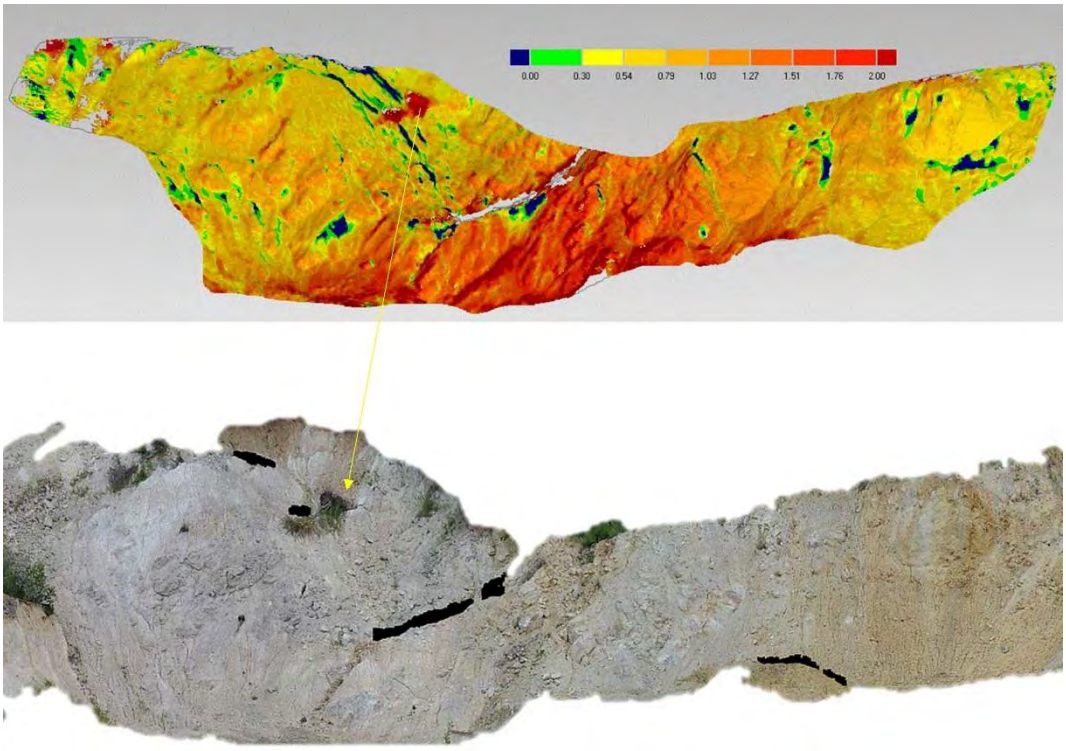
Obr. 4.30.1. Lokalita Kraľovany – situácia monitorovaných objektov – geodetické body.

V roku 2016 boli veľké priestorové zmeny v území lomu na sieti geodetických bodov zaznamenané nad západnou lomovou stenou. V bode R3 bol nameraný posun 1060 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 922,02 mm.rok^{-1}) a na bode 640, ktorý sa nachádza v centrálnej časti zosuvného územia (posun 543,87 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 472,65 mm.rok^{-1}). Za zmienku stojí i posun nameraný počas monitorovaného obdobia na geodetickom bode (P4). Tento bod sa nachádza v blízkosti (cca na úrovni) vodnej plochy – „Veľkého jazera“. Namerané posuny poukazujú na možný pohyb po hlbších šmykových (deformačných) zónach.

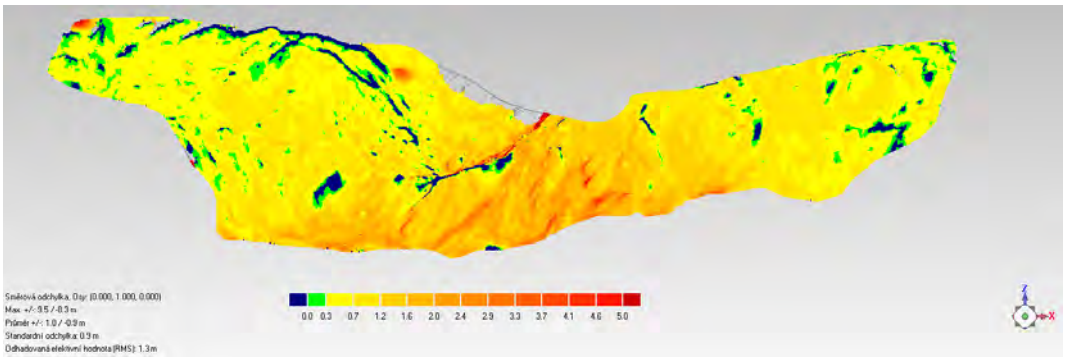
V roku 2017 sa meraniami nadviazalo na predchádzajúce obdobie. Aktuálna etapa zachytáva posuny v približne ročnom období (do júla 2016 do júna 2017). Najväčšie polohové zmeny boli namerané v bode R3, ktorý sa nachádza priamo v oblasti odlučnej hrany západnej časti zosuvu. Nameraný vektor za približne jednoročné obdobie dosiahol 51,24 mm (55,77 mm.rok^{-1}). Pomerne vysoká hodnota pohybovej aktivity bola zaznamenaná aj v bode NDS s označením 640. Vrt sa nachádza na hrane druhej etáže v strednej časti lomu. V polohovo smere bol v tomto bode nameraný vektor, ktorý dosiahol necelých 32 mm (33,81 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 2017, poukazuje na upokojenie pôvodne mimoriadne vysokej pohybovej aktivity v tejto časti územia. Nad 20 mm bol zaznamenaný posun i v bode R1, ktorý sa nachádza nad východnou odlučnou hranou. Posuny v intervale 10,0 až 15,3 mm boli namerané na bodoch P2, 686 a P1. Na ostatných bodoch boli namerané vektory posunov menšie ako 10 mm.

Vo vertikálnom smere mali zvýšené hodnoty posunov prevažne vzostupný charakter. Najvýraznejšia z nich, rovnako a v polohovom smere, bola nameraná v bode R3 (22 mm). Nad 10 mm boli zvislé posuny namerané ešte aj v bodoch P1, R1 a v bode 550. Najväčšia zostupná zmena bola nameraná v bode P2, a to 7 mm.

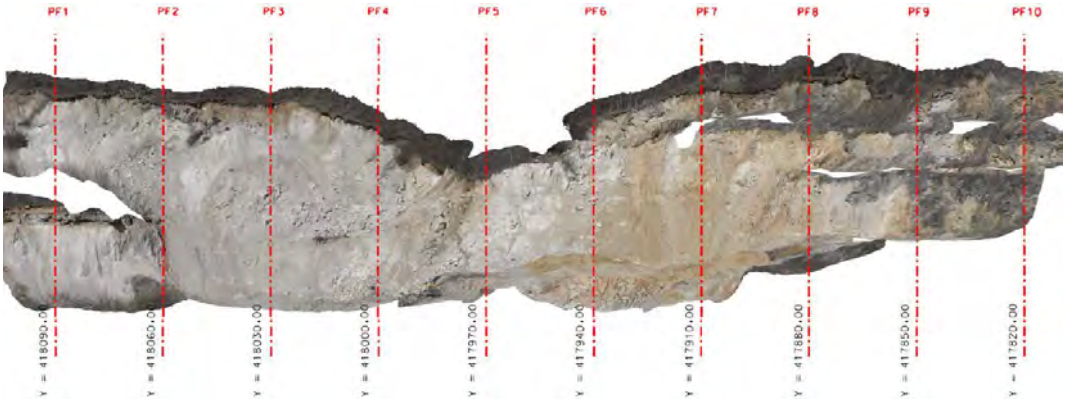
Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné sa zamerať na pohybovú aktivitu monitorovacieho bodu NDS 640. Jeho azimut je od začiatku monitorovacích aktivít v priestore skalného zosuvu výrazne orientovaný na „Veľké jazero“, pričom horizontálna zložka pohybu v smere osi „x“, vyjadrená ako rozdiel medzi 12. a nultou etapou (rok 2010), dosiahla až 6398 mm (posuny v osi „y“ sú zanedbateľné – 0,148 mm). Počas posledných etáp, ktoré trvali približne jeden rok, posuny na tomto bode vždy presahovali hraniu 500 mm. Napríklad do augusta 2013 sa pohyb vyznačoval rýchlosťou až 1 cm.deň$^{-1}$. V roku 2017 bol v danom bode v smere osi „x“ nameraný posun „len“ 30 mm, môžeme teda konštatovať spomalenie pohybu.



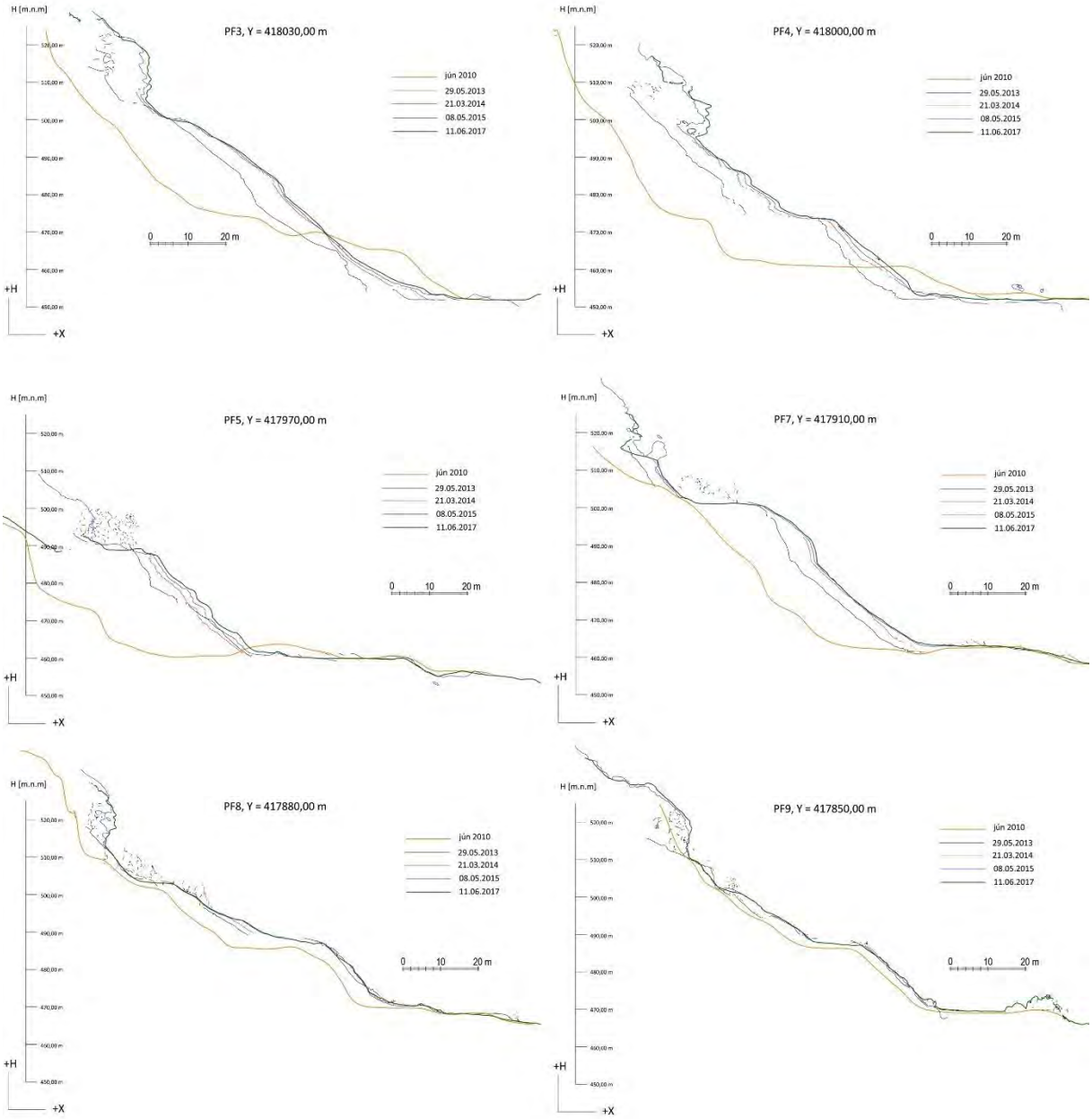
Obr. 4.30.2a. Lokalita Kraľovany – prírastky a úbytky skalného masívu na skalnom zosuve. Porovnanie medzi májom 2015 – júlom 2016 (Fraštia, 2016).



Obr. 4.30.2b. Lokalita Kraľovany – prírastky a úbytky skalného masívu na skalnom zosuve. Porovnanie medzi júlom 2016 – júnom 2017 (Fraštia, 2017).



Obr. 4.30.3. Lokalita Kraľovany – umiestnenie rezových rovín (pohľad z juhu) na skalnom zosuve (Fraštia, 2017).

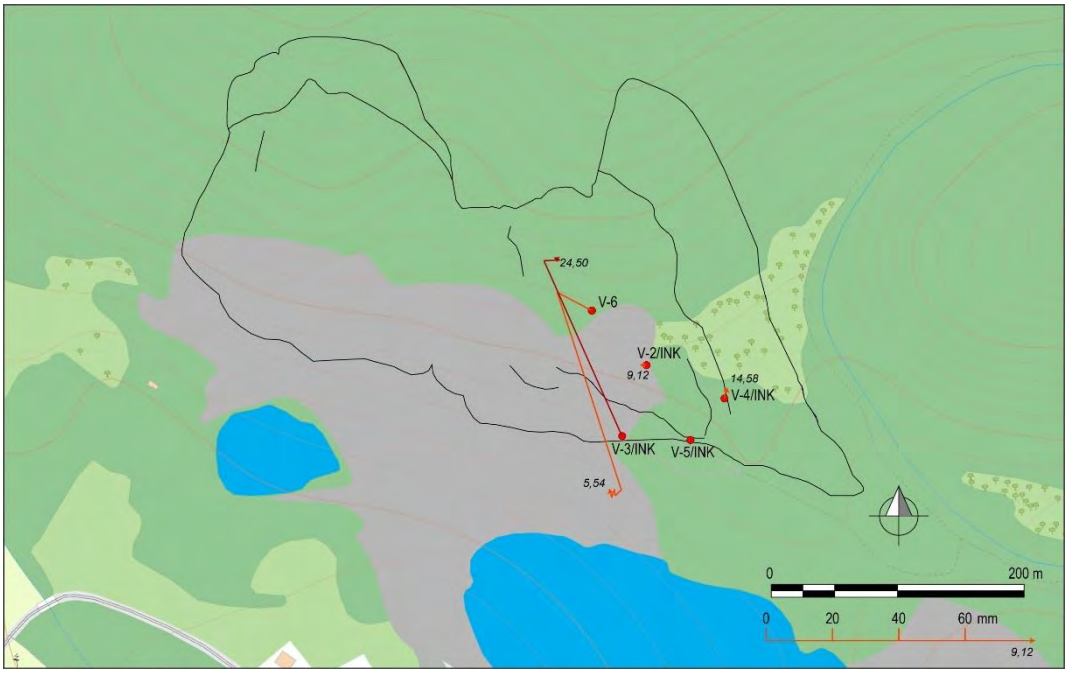


Obr. 4.30.4. Porovnanie vybratých profilov, vedených cez skalný zosuv Kraľovany, v období od júna 2010 do júna 2017. Umiestnenie rezových rovín je v súlade s obr. 4.30.3 (Fraštia, 2017)

V roku 2016 zvýšenú pohybovú aktivitu povrchu dosvedčuje aj rozdielová mapa generovaná z pozemnej fotogrametrie obr. 4.30.2. Ako najaktívnejšia sa javí centrálna časť deformácie, v ktorej posuny určitých blokov dosahujú veľkosť až 1 m za sledované obdobie. Na ortofotosnímke bolo zostavených desať profilov PF-1 až PF-10 (obr. 4.30.3; Fraštia, 2016). Pre ilustráciu uvádzame najvýpovednejšie profily (obr. 4.30.4), z ktorých je zrejmé, že prakticky celá stena opusteného lomu, ktorá predstavuje čelo zosuvu výšky 30 m, sa pomerne rovnomerne posúva smerom na juh, teda k „Veľkému jazeru“, pričom ročná amplitúda posunu je približne 1 až 2 m. V roku 2017, pozorovaný pohyb, ktorý zahŕňa zmeny v období od júla 2016 do júna 2017, dosahuje približne rovnaké hodnoty ako počas monitorovacej etapy v roku 2016. Pomerne veľké zmeny boli opäť pozorované v území, ktorým je vedený profil č. 5.

b/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa v roku 2016 zabezpečovali monitorovacie aktivity v 4 vrtoch (V-2/INK, V-3/INK, V-4/INK, V-6/INK). V roku 2017 po kritickej deformácii vo vrte V-2/INK sa množina monitorovacích objektov zúžila na 3 vrty. Pozíciu jednotlivých vrtov, ako aj veľkosť pohybovej aktivity, zobrazuje situačný obrázok 4.30.4.



Obr. 4.30.5. Lokalita Kraľovany – vektory deformácií namerané v rokoch 2016 a 2017 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.30.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenanej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2016 boli jednotlivé monitorovacie merania rozložené do troch termínov. Tri etapy však boli zabezpečené len vo vrte V-6/INK. Najvyššie hodnoty etapových vektorov boli namerané vo vrtoch V3-INK a V6-INK. Vo vrte V3-INK bol najväčší prírastok deformácie nameraný počas októbrového merania. V hĺbke 24 m bola zaznamenaná etapová deformácia 57,88 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 37,00 mm.rok^{-1}. Výsledná deformácia, zaznamenaná počas monitorovaného obdobia (17. júl 2014 – 4. október 2016), dosiahla v sledovanej hĺbke dokonca 59,63 mm. Priemerná rýchlosť deformácie v monitorovanom období dosiahla 26,87 mm.rok^{-1}. Pomerne vysoká deformácia bola zaznamenaná i vo vrte V6-INK; v období od 2. februára 2016 do 9. mája 2016 bola v hĺbke 24 m nameraná deformácia 37,01 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 139,45 mm.rok^{-1}. V nasledujúcom období došlo k výraznému poklesu pohybovej aktivity. Výsledná deformácia, za obdobie monitoringu

(17. júl 2014 – 4. október 2016) dosiahla v sledovanej hĺbke 53,44 mm. Jej priemerná rýchlosť (26,90 mm.rok^{-1}) je teda veľmi blízka tej, ktorá bola nameraná vo vrte V3-INK.

Tab. 4.30.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Kraľovany v rokoch 2016 a 2017

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	21. 9. 15 – 2. 2. 16			2. 2. 16 – 9. 5. 16			9. 5. 16 – 4. 10. 16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
V-2/INK	9,12	14,64	0,80	270		[1]	[1]			
V-2/INK	30,12	4,96	1,40	356		[1]	[1]			
V-3/INK	24,50							59,63	57,88[2]	336[2]
V-4/INK	14,58							1,80	1,90[2]	13[2]
V-6/INK	5,54	53,09	11,81	298	114,87	62,67	162	115,62	2,53	228
V-6/INK	15,54	25,95	2,51	59	70,99	45,04	185	72,67	1,90	213
V-6/INK	23,54	16,42	3,01	105	52,65	37,01	161	53,44	0,81	180

CD – celková deformácia od nultého merania (17. 7. 14 – vrty: V-2/INK, V-3/INK, V-4/INK; 10. 10. 14 – vrt V-6/INK); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [1] – kritická deformácia inklinometrickej pažnice; [2] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 13. 3. 15 – 4. 10. 16.

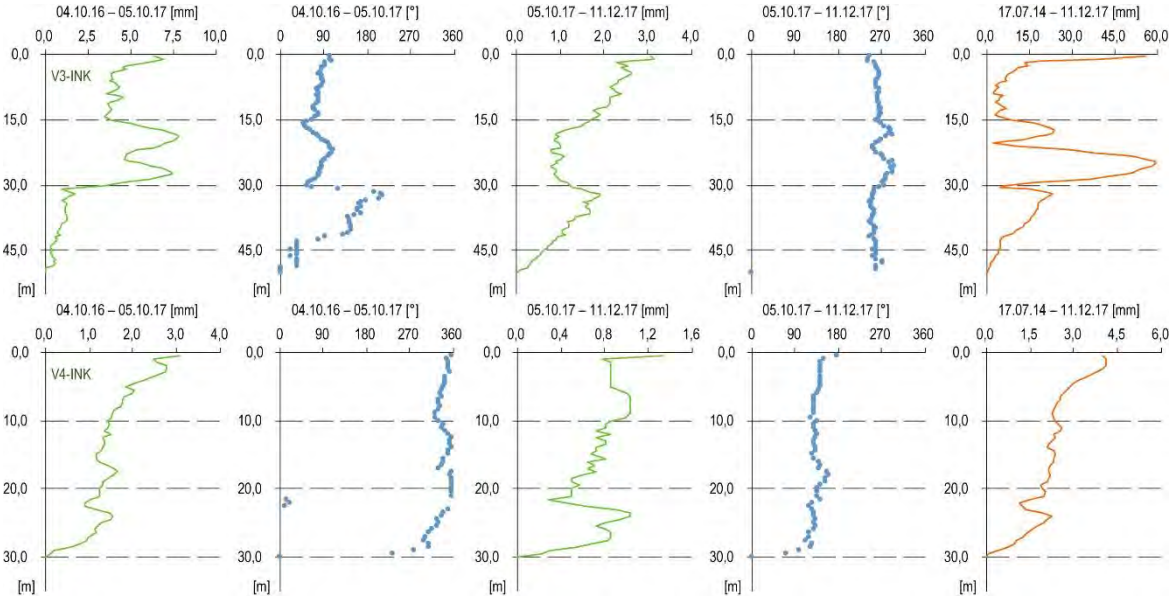
V roku 2016 bola zároveň dokumentovaná kritická deformácia vo vrte V2-INK. V tomto vrte bola 2. februára nameraná deformácia 0,80 mm. Výsledná deformácia na šmykovej ploche v hĺbke 9,12 m pod terénom počas tohto termínu dosiahla 14,64 mm (za obdobie od 17. apríla 2014 do 2. februára 2016). Následne, počas 9. mája bola približne v hĺbke 9 m pod terénom zaznamenaná kritická deformácia – nepriechodnosť vrtu. Predpokladáme, že v čase medzi jednotlivými etapami došlo k veľmi výraznej deformácii – niekoľko desiatok mm. Zároveň sa tiež prikláňame k záveru, vzhľadom i na poznatky z iných vrtov, že deformácie sa v monitorovanom prostredí prejavujú náhle a krátkodobo. Pravdepodobne to súvisí i so samotným geologickým prostredím – masívne skalné horninové prostredie. V tejto súvislosti je zaujímavý priebeh hladiny podzemnej vody vo vrte V-2/HG, v ktorom je inštalovaný automatický hladinomer (obr. 4.30.7). Na konci zimného obdobia, v tomto vrte, v dôsledku vysokých zrážkových úhrnov, začala hladina podzemnej vody relatívne intenzívne stúpať. Tento vzostupný trend trval do 23. februára 2016, konkrétne do 18:00. Následne, o hodinu neskôr bol zaznamenaný prudký prepad hĺbky hladiny podzemnej vody, a to o viac ako 1 m, a o ďalšiu hodnotu o necelý pol meter. Počas ďalších piatich dní hladina vo vrte nezvyčajne kolísala a následne 28. februára opäť výrazne klesla. Treba však ešte dodať, že hladina podzemnej vody monitorovaná v uvedenom objekte sa vyznačuje vysokou hĺbkovou stálosťou. Spomenutý prudký vzostup a následný náhly prepad hĺbky hladiny podzemnej vody indikujú, že v prostredí monitorovaného skalného zosuvu došlo k nejakým významným zmenám – deformáciám na šmykových plochách, ktoré pravdepodobne súvisia i so zaznamenanou kritickou deformáciou vo vrte V2-INK.

Pokračovanie tab. 4.30.2

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	4. 10. 16 – 31. 3. 17			31. 3. 17 – 5. 10. 17			5. 10. 17 – 11. 12. 17		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
V-3/INK	24,50				57,93	4,86[3]	88[3]	58,55	0,92	292
V-4/INK	14,58				2,97	1,17[3]	339[3]	2,28	0,81	130
V-6/INK	5,54	113,79	1,94	355	115,74	2,65	199	114,06	1,70	345
V-6/INK	15,54	71,47	1,22	355	73,46	2,04	199	72,31	1,20	348
V-6/INK	23,54	52,58	0,86	354	54,69	2,38	195	53,90	0,81	0

CD – celková deformácia od nultého merania (17. 7. 14 – vrty: V-3/INK, V-4/INK; 10.10.14 – vrt V-6/INK); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; [3] – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 4. 10. 16 – 5. 10. 17.

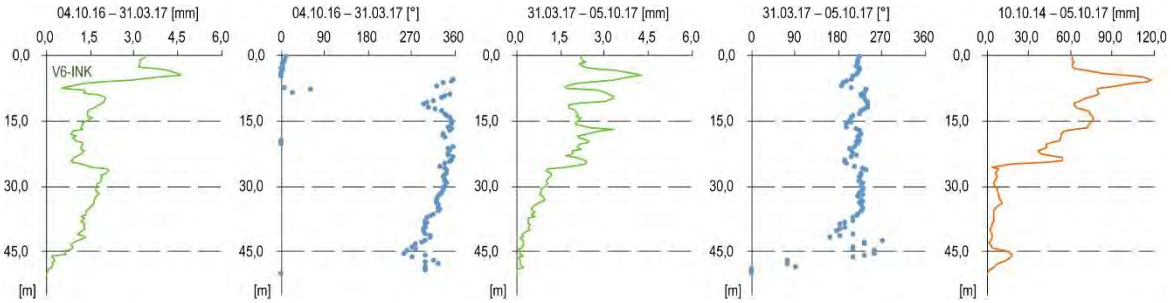
V roku 2017 boli vykonané 3 etapy meraní, pričom hlavná pozornosť bola sústredená na vrt V-6/INK, v ktorom boli v minulosti namerané zvýšené hodnoty etapových vektorov. Počas prvej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu od 4. októbra 2016 do 31. marca 2017, boli vo vrte V-6/INK na sledovaných šmykových plochách nameraná 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.



Obr. 4.30.6a. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Kraľovany (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

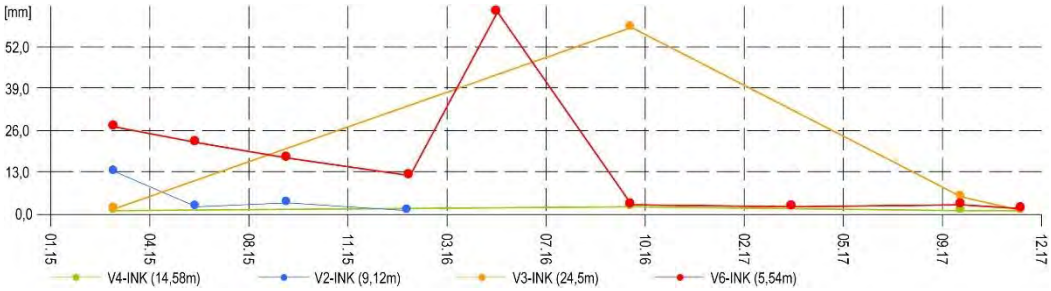
Z výsledkov zaznamenaných počas decembrovej etapy vyplýva celkový pokles pohybovej aktivity na všetkých sledovaných šmykových plochách. Najvyššia hodnota etapového vektora – 1,7 mm (9,26 mm.rok^{-1}) bola zaznamenaná vo vrte V-6/INK v hĺbke 5,54 m pod terénom. V porovnaní s predchádzajúcim rokom vo viacerých prípadoch boli namerané až rádovo nižšie hodnoty etapových vektorov. Relatívne nízke etapové vektory, ale hlavne azimuty, ktoré majú počas jednotlivých etáp zásadné rozdiely v orientácii, naznačujú, že oblasť monitorovaná metódou presnej inklinometrie sa aktuálne nachádza období pohybovej stagnácie.

Z výsledkov meraní v období od júna, resp. októbra 2014 do decembra 2017 vyplýva, že najväčšia výsledná deformácia bola nameraná vo vrte V-6/INK. V hĺbke 5,54 m pod terénom bola nameraná výsledná deformácia 114,06 mm a v hĺbke 23,54 m pod terénom, na profilujúcej sa šmykovej ploche, bola pri poslednom etapovom meraní zaznamenaná deformácia 53,9 mm. Priebehy šmykových v ostatných vrtoch sú menej zreteľné.



Obr. 4.30.6b. Priebehy deformácií inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Kraľovany; (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), modrá – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (dĺžka obdobia je vyznačená nad grafom).

Pri hodnotení celého obdobia monitoringu metódou presnej inklinometrie na tejto lokalite je vidieť (obr. 4.30.6), že hneď počas prvej etapy boli namerané relatívne vysoké hodnoty deformácie. V období, ktoré trvalo až do začiatku apríla, 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. Posledné tri merania potvrdzujú, že v monitorovaná oblasť sa nachádza v relatívne stabilnom stave (platí to len pre územie, na ktorom sa vykonávajú monitorovacie merania). 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. 4.30.7. Priebehy dlhodobých (2015 – 2017) prírastkov deformácie na lokalite Kraľovany, sledované na predpokladaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Kraľovany bol v prvej polovici februára 2015 inštalovaný automatický hladinomer do vrtu V-2/HG. Počas hodnotených rokov 2016 a 2017 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

Tab. 4.30.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kraľovany v roku 2016

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	8784	7,83	491,61	23.02.16	10,40	489,04	29.03.16	10,03	489,41	2,57

Merania automatickým hladinomerom boli zabezpečované od 10. februára 2015.

V roku 2016 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 7,83 m pod terénom (491,61 m n. m.; 23. február), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,64 m. Z grafu na obr. 4.30.7a je však vidieť jej zaujímavý priebeh. Po dosiahnutí maximálneho stavu hladina prudko klesla a na približne rovnakej úrovni sa udržala až do konca

roka. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 10,40 m (489,04 m n. m.), bola dosiahnutá 29. marca (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 1,24 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 10,03 m pod terénom (489,41 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom pokles o 1,10 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,57 m, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazná zmena. Priemerná denná hodnota kolísania dosiahla 0,04 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 1,01 m (čo je až 39,30 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 10,17 m pod terénom, 2. kvartil 10,26 m pod terénom a 3. kvartil 10,28 m pod terénom. Teplota podzemnej vody sa počas celého obdobia držala na úrovni 8,9 °C.

Náhla zmena hladiny nastala v období, v ktorom došlo k porušeniu inklinometrickej pažnice vo vrte V2-INK. Je odôvodnené predpokladať, že obidve udalosti spolu súvisia. I táto skutočnosť potvrdzuje, že priebeh zmien v prípade monitorovaných parametrov má veľmi náhly charakter.



Obr. 4.30.8a. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2016 štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Kraľovany; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte V-2/HG (modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Kraľovany (indikatív 24120).

V roku 2017 sa pokračovalo v rovnakom režime meraní ako v predchádzajúcom roku 2016. Charakter zmien hladiny podzemnej vody sa v porovnaní s predchádzajúcimi obdobím čiastočne zmenil. Po spomenutom výraznom zostupe hladiny v roku 2016 je celkový rozsah jej kolísania podstatne menší. Medzi zmenami hladiny podzemnej vody a klimatickými faktormi, podmieňujúcimi topenie snehovej pokrývky a zrážkovú činnosť, je síce relatívne úzky vzťah, ale rozsah kolísania podzemnej vody dosahuje rádovo už len prvé desiatky centimetrov. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 10,02 m pod terénom (489,42 m n. m.; 25. január), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles až 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, že v nasledujúcom období bol priebeh hladiny podzemnej vody výrazne determinovaný výskytom zrážkových úhrnov. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2017 dosiahla hodnotu 10,22 m pod terénom (489,22 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2016 pokles o 0,19 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,31 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,04 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody

predstavovala 0,17 m (čo je až 55,84 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 10,19 m pod terénom, 2. kvartil 10,22 m pod terénom a 3. kvartil 10,25 m pod terénom.

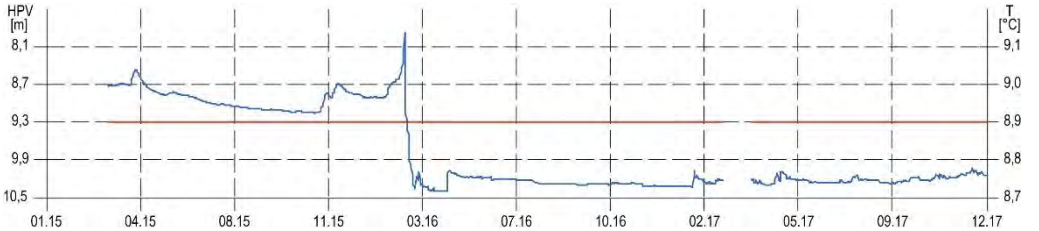
Tab. 4.30.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kraľovany v roku 2017

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.]	
V2/HG	8015/8760	10,02	489,42	25.01.17	10,33	489,11	21.01.17	10,22	489,22	0,31

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. 4.30.8b. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T_H), v roku 2017 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomermi na lokalite Kraľovany; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte V-2/HG (modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2017, žltá – teplota podzemnej vody v úrovni umiestnenia meracej sondy); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Kraľovany (indikatív 24120).



Obr. 4.30.9. Priebeh dlhodobých (2015 – 2017) zmien úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenaných automatickým hladinomerom na lokalite Kraľovany. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte V-2/HG (modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty 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. 4.30.8 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, ako už bolo spomenuté v podkapitole venovanej inklinometrickým meraniam, že v druhej

polovici februára 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 doplňujú údaje o zrážkach, preberané z rovnomennej stanice SHMÚ – Kraľovany s indikatívom 24120. Zrážkový priemer nameraný za obdobie od 1. januára 2015 do 31. decembra 2016 predstavuje 1022,6 mm; priemerný mesačný úhrn 88,9 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 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1126,70 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas februára (152,1 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (39,8 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 35,4 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 7. februára do 8. marca (169,3 mm).

V roku 2017 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1139,7 mm, čo predstavuje 111,45 % voči odvodenému priemeru. 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) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 15. januára do 14. februára), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 14,7 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2017 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 havarijný zosuv z marca 2013 je stále aktívny. Potvrdzujú to najmä fotogrametrické merania. Výsledky získané metódou presnej inklinometrie podávajú uspokojivejší obraz o stabilitných pomeroch. Toto hodnotenie je čiastočne skreslené absenciou monitorovacích bodov v najaktívnejších oblastiach zosuvu. V roku 2016 bol napr. v dôsledku extrémnej deformácie vyradený inklinometrický vrt V-2/INK. Najvyššia nameraná deformácia na šmykových plochách bola zaznamenaná vo vrte V3-INK počas októbrového merania.

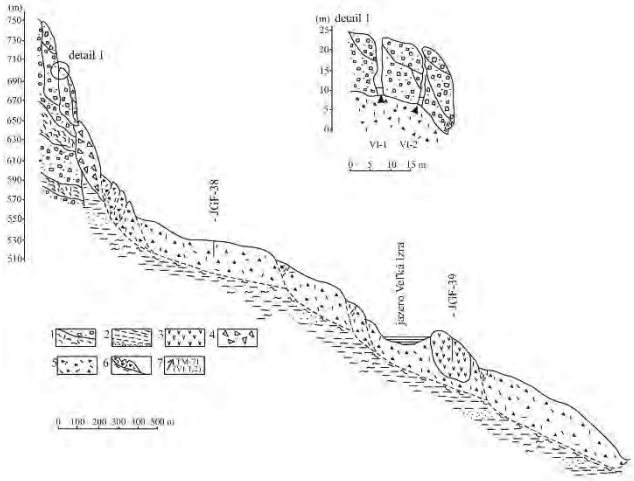
Meranie hladiny podzemnej vody je zabezpečované len v jednom vrte, ktorý sa nachádza na severnej lomovej stene. V roku 2016 došlo v tomto vrte k osobitej udalosti, ktorú zároveň spájame s deformáciou v inklinometrickom vrte V-2/INK. Táto výrazná zostupná zmena hladiny podzemnej vody v tomto vrte ukončila obdobie s výraznejšími kolísaním hladiny podzemnej vody. V nasledujúcom období, kedy sa hladina podzemnej vody doslova prepadla o viac ako 2 m, je možné pozorovať ustálený režim podzemnej vody.

V roku 2018 plánujeme ponechať pôvodný sortiment a frekvenciu monitorovacích aktivít z roku 2017.

1.4.31. 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. 4.31.1), 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. 4.31.1. 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 2016 a 2017 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Veľká Izra sa v roku 2016 aj 2017 uskutočnili po tri odčítania hodnôt deformácií, zaznamenaných prístrojmi TM-71 (tab. 4.31.1). Aj v roku 2017 pokračoval zber údajov o zrážkach zo stanice SHMÚ Slanská Huta.

Tab. 4.31.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Izra v rokoch 2016 a 2017

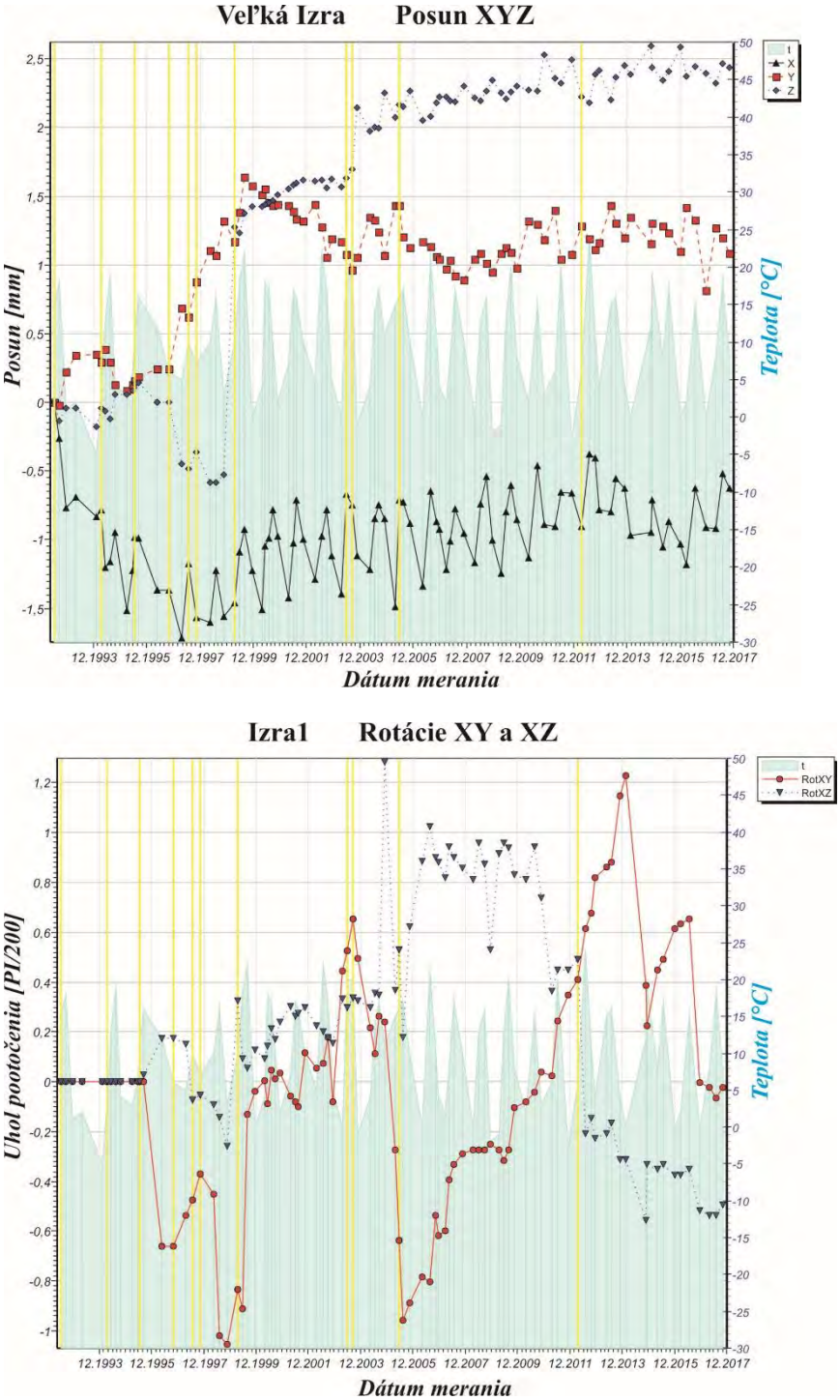
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	VI-1 (horný)	2016 – 3x *(29. február, 4. júl, 18. november)*
			2017 – 3x *(30. marec, 10. júl, 10. október)*

a/ Meranie deformácií dilatometrami

V roku 2016 pokles horného bloku stagnoval na hodnote 2,392 mm, otváranie trhliny a šmykový posun pozdĺž nej tiež stagnovali na celkových hodnotách cca 1 mm (obr. 4.31.2).

Merania v roku 2017 preukázali stagnáciu pohybu vo všetkých troch osiach (*x* – rozširovanie trhliny, *y* – šmykový posun pozdĺž trhliny, *z* – pokles bloku voči masívu). Celkové otvorenie pukliny bolo namerané 0,629 mm. Šmykový posun pozdĺž trhliny bol 1,086 mm a pokles bloku voči masívu dosiahol hodnotu 2,435 mm.

Priemerný ročný pokles bloku za 25,4 rokov monitorovania dosiahol 0,096 mm. Rotácie v rovinách XY a XZ nie sú významné.



Obr. 4.31.2. 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). Žltými 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 2016 ročný zrážkový úhrn dosiahol hodnotu 864,1 mm, čo predstavuje 119,1 % (ide o vlhký rok). V roku 2017 bol zrážkový úhrn 724,7 mm (čo predstavuje 99,7 % dlhodobého úhrnu a charakterizuje rok ako normálny).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

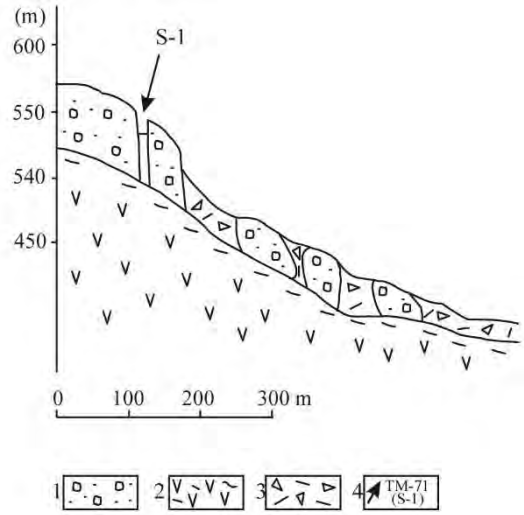
Výsledky doterajších meraní potvrdzujú pozvoľné poklesávanie vrchného monitorovaného bloku voči masívu (celkovo 2,435 mm), dlhodobú stagnáciu (od roku 2010) šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny v rozmedzí cca 0,4 – 1,4 mm.

Hlavným cieľom pokračujúcich meraní je prognóza potenciálnych náhlych pohybov, predovšetkým deštrukcie okrajového bloku, ktorý tvorí súčasť prírodnej pamiatky Miličská skala. Na zistenie ďalšieho vývoja plazivého pohybu je potrebné pokračovať v odčítavaní hodnôt na dilatometri s frekvenciou 3 až 4-krát ročne.

1.4.32. Lokalita Sokol

Stručná charakteristika lokality

Na lokalite Sokol, ktorá sa nachádza na okraji centrálnej vulkanickej zóny stratovulkánu Strechový vrch v doline Bačkovského potoka (východný okraj Slanských vrchov na sever 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. 4.32.1).



Obr. 4.32.1. 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 2016 a 2017 a ich celkové zhodnotenie

Hodnoty posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 sa v roku 2016 odčítali trikrát (1x prestavenie), v roku 2017 tiež trikrát (1x prestavenie; tab. 4.32.1). V oboch rokoch pokračoval aj zber údajov zo zrážkomernej stanice SHMÚ Dargov.

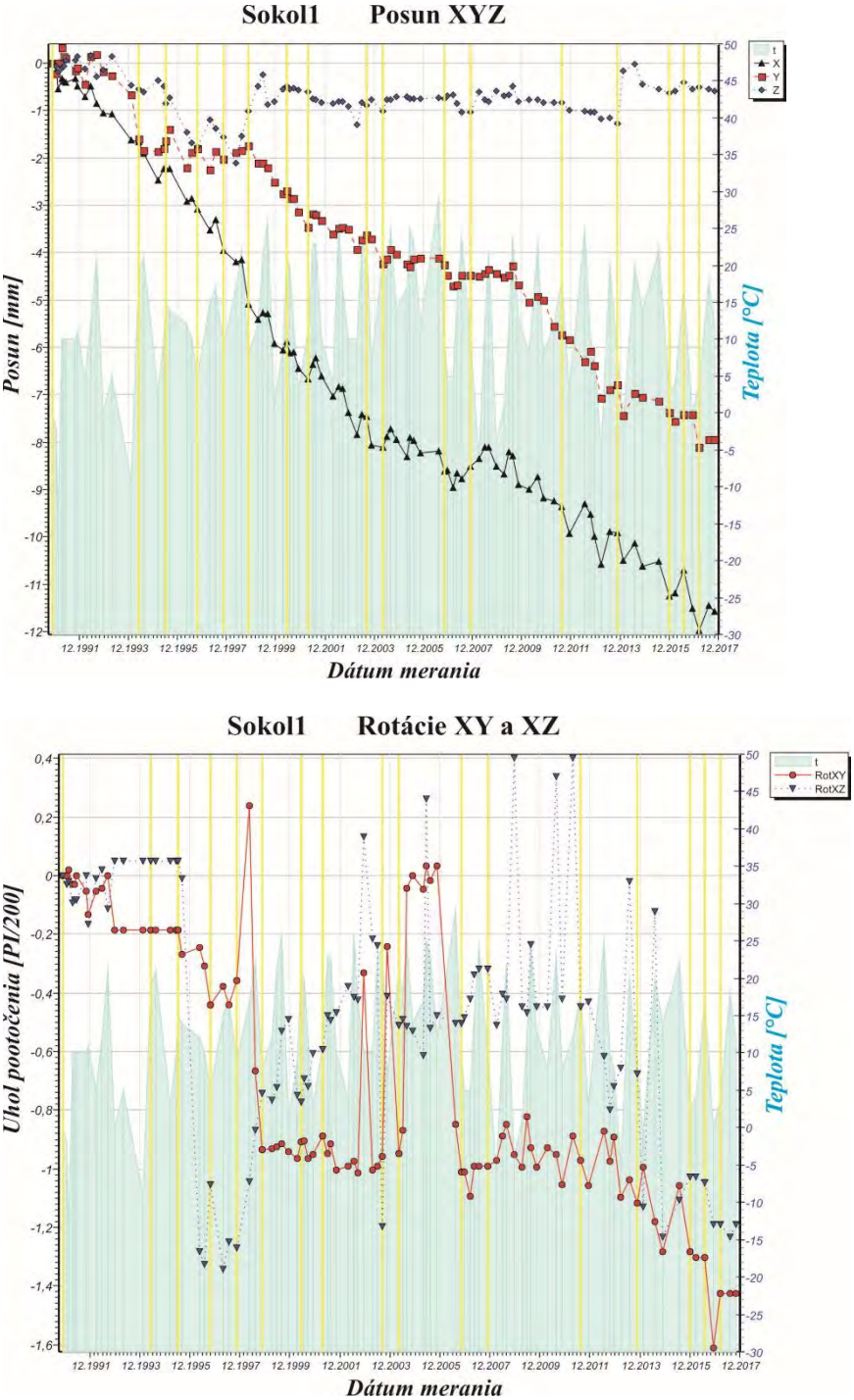
Tab. 4.32.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Sokol v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	S-1	2016 – 3x *(29. február, 4. júl*, 18. november)*
			2017 – 3x *(24. február*, 10. júl, 10. október)*

** – prestavenie prístroja*

a/ Meranie deformácií dilatometrom

Trend narastania pohybu sa v rokoch 2016 a 2017 preukázal v dvoch meraných smeroch (x, y). V smere osi z bola zaznamenaná stagnácia pohybu. Celkový pokles bloku sa ustálil na hodnote 0,582 mm. Otváranie sa trhliny (os x) v roku 2016 sa zväčšilo o 0,261 mm a v roku 2017 o 0,051 mm. Celkové otvorenie pukliny dosahuje 11,568 mm. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny (os y) sa ustálil na celkovej hodnote 7,944 mm. Rotácie bloku v oboch rovinách, vodorovnej XY a vertikálnej XZ, nepresahuje 2 gr.



Obr. 4.32.2. 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 π /200 grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Dargov v roku 2016 dosiahol 777,6 mm a v roku 2017 bol úhrn zrážok nižší, a to na úrovni 624,9 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V rokoch 2016 a 2017 pokračoval pomalý pokles bloku voči masívu, ktorý sa ustálil na hodnote 0,582 mm. Dlhodobý trend šmykového posunu bloku pozdĺž trhliny, ako aj jej

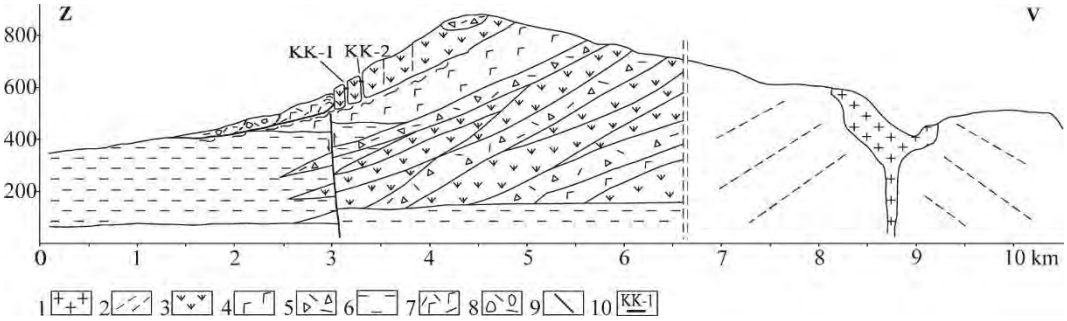
otváranie pokračovalo v aj v rokoch 2016 a 2017. Celkový šmykový posun dosiahol ku koncu roka 2017 už 7,944 mm a celkové otvorenie trhliny 11,568 mm.

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 (Bačkovská 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.

1.4.33. Lokalita Košický Klečenov

Stručná charakteristika lokality

Na lokalite Košický Klečenov, ktorá sa nachádza v okrajovej časti stratovulkánu Strechový vrch (západný okraj Slanských vrchov na S od obce Košický Klečenov), 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. 4.33.1).



Obr. 4.33.1. Inžinierskogeologický rez stratovulkánom Strechový vrch so svahovou deformáciou a vyznačením osadenia dilatometrov TM-71 na lokalite Košický Klečenov (prístroje KK-1 a KK-2). 1 – intrúzia 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 2016 a 2017 a ich celkové zhodnotenie

V uvedených rokoch sa na lokalite vykonalo šesť odčítaní deformácií na oboch dilatometroch (KK-1 3x v r. 2016 s 3 prestaveniami a 3x v r. 2017; KK-2 3-krát v roku 2016 a 3x v roku 2017 s 1 prestavením – tab. 4.33.1). V rokoch 2016 a 2017 pokračoval zber údajov zo zrážkomernej stanice Herľany.

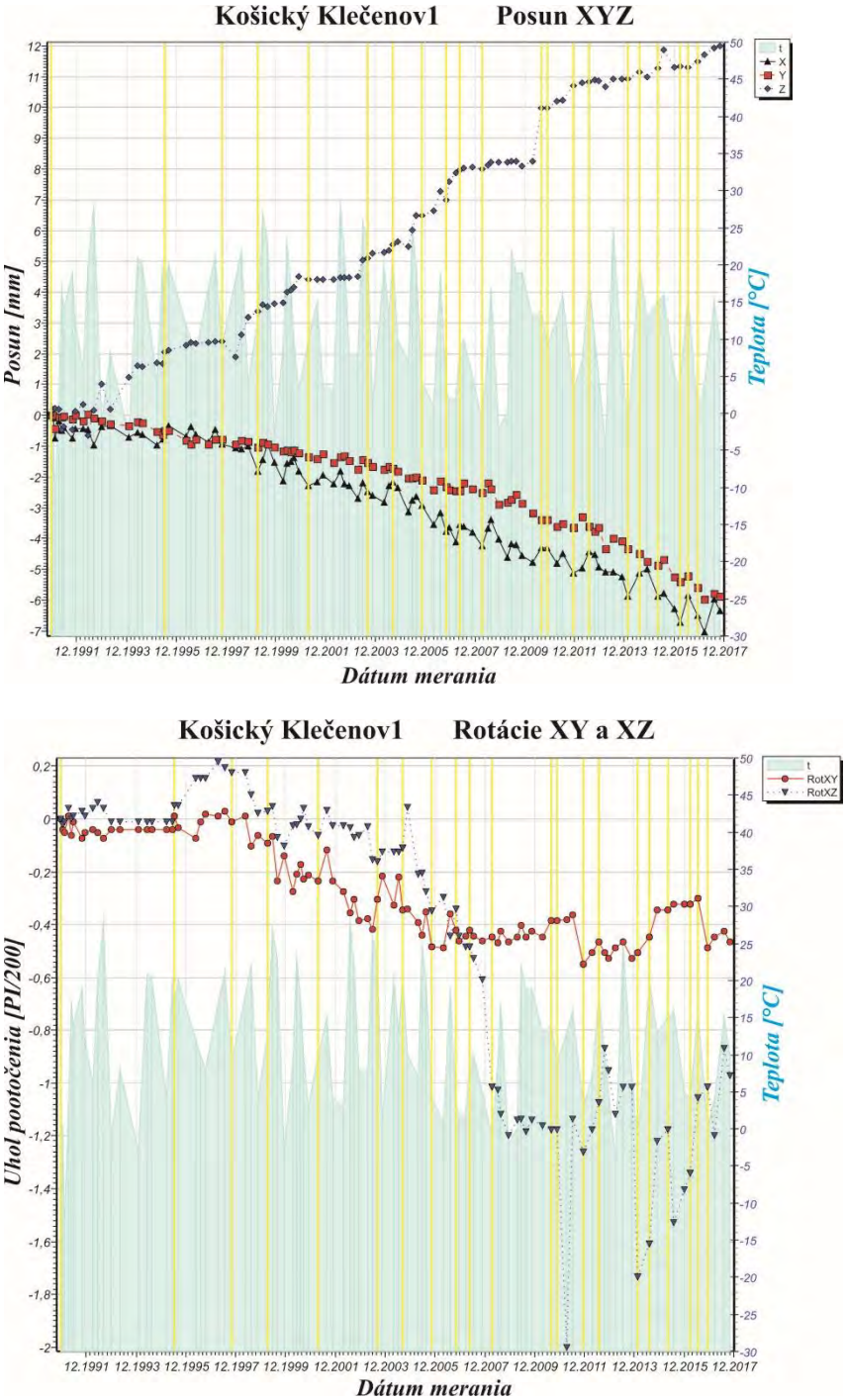
Tab. 4.33.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košický Klečenov v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	2	KK-1 (dolný)	2016 – 3x *(29. február*, 4. júl*, 18. november*)*
			2017 – 3x *(24. februára, 10. júla, 10. októbra)*
		KK-2 (horný)	2016 – 3x *(29. február, 4. júl, 18. november)*
			2017 – 3x *(24. februára*, 10. júla, 10. október)*

* *– prestavenie prístroja*

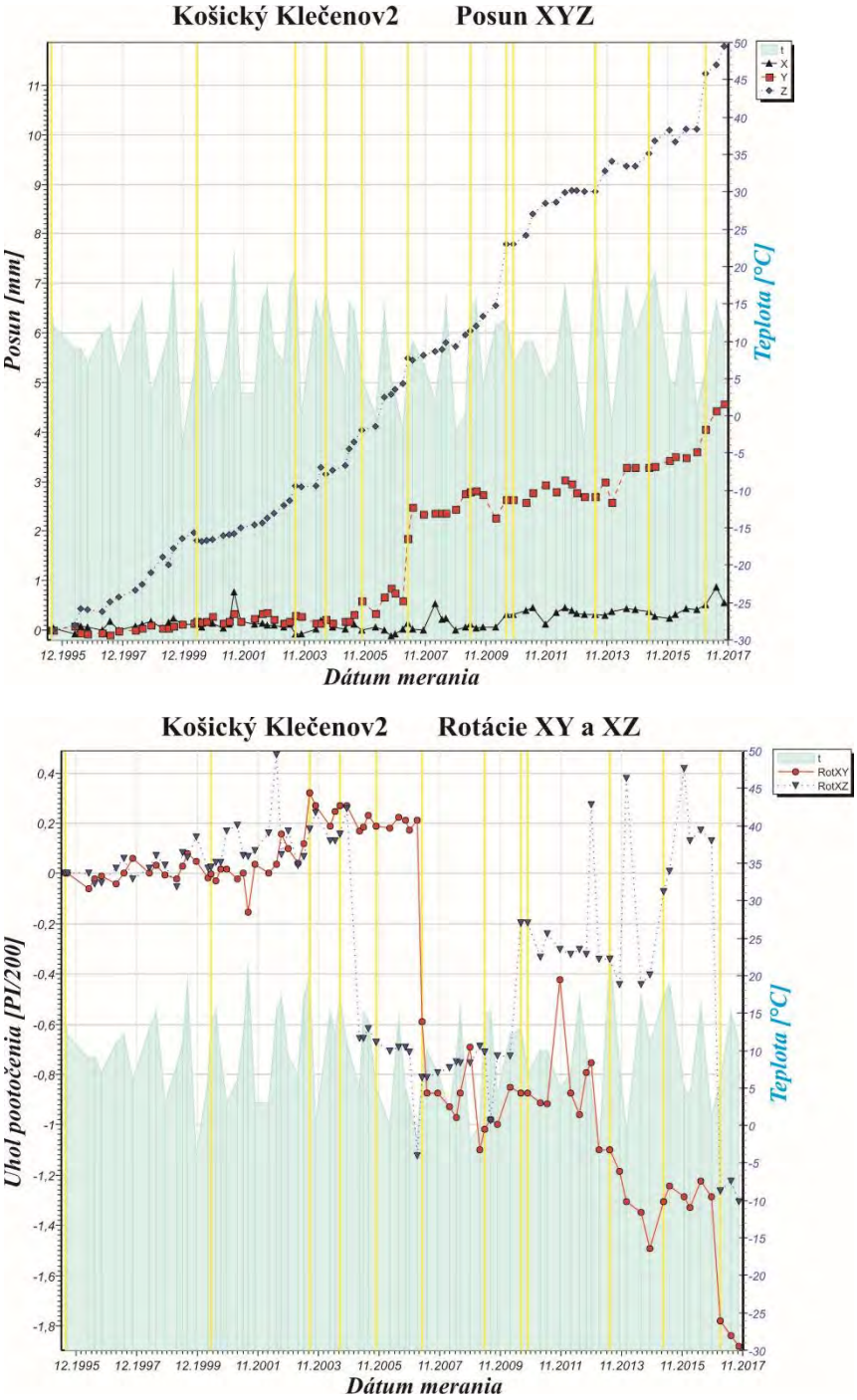
a/ Meranie deformácií dilatometrami

V rokoch 2016 a 2017 prístroj KK-1 (dolný) preukázal pokračujúci trend pohybu spodného (okrajového) bloku v smere všetkých troch osí, avšak s rozdielnou intenzitou (obr. 4.33.2). Najvýraznejším bol šmykový posun pozdĺž spodnej trhliny, ktorý narástol v r. 2016 o 0,336 mm a v r. 2017 o 0,283 mm. Celkový šmykový posun je 5,864 mm. Celkové rozšírenie spodnej trhliny atakuje hodnotu 7 mm. Pokles bloku dosiahol v r. 2016 0,199 mm, v roku 2017 až 0,487 mm, celkovo 11,994 mm.



Obr. 4.33.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košický Klečenov (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). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

Merania prístrojom KK-2 v posledných dvoch rokoch preukázali významnejší pohyb len v smere osi *z* (obr. 4.33.3). Pokles vrchného bloku narástol v roku 2017 až o 1,664 mm (v r. 2016 len o 0,024 mm) na celkových 11,787 mm. Priemerná rýchlosť poklesu bloku od roku 1995 je 0,510 mm.rok^{-1}. V porovnaní so spodným blokom (0,426 mm.rok^{-1}) je to o málo rýchlejší pokles. Kým v roku 2016 zužovanie trhliny stagnovalo, v roku 2017 vzrástlo o 0,143 mm na celkových 0,548 mm. Šmykový posun o 0,187 mm v roku 2016 sa nasledujúci rok zvýšil až na 0,957 mm (celkovo 4,567 mm).



Obr. 4.33.3. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košický Klečenov (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). Žltými 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. 4.33.2 a 4.33.3). V absolútnom ponímaní obidva bloky klesajú, vyšší blok však o niečo rýchlejšie. Pri vzájomnom porovnaní sa preto vertikálny pohyb okrajového bloku voči susednému (vyššiemu) javí ako zdvih. Vyšší blok voči masívu celkovo vykazuje stály pokles.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Herľany v roku 2016 predstavoval hodnotu 744,7 mm a v roku 2017 bol na úrovni 719,9 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Celkový šmykový posun spodného bloku (KK-1) od roku 1990 narástol koncom roka 2017 na 5,864 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti 0,207 mm.rok^{-1}. Rozšírenie trhliny vo februári 2017 presiahlo 7 mm. Výraznejší pokles spodného bloku (v smere osi z) bol zaznamenaný v roku 2017 (o 0,487 mm). Celkový pokles bloku dosiahol hodnotu 11,506 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti 0,426 mm.rok^{-1}.

Merania prístrojom 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 na celkových 11,787 mm. Blok klesá priemernou rýchlosťou 0,510 mm.rok^{-1}, t. j. rýchlejšie, než blok spodný. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny narástol za posledné dva roky na celkových 4,567 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.

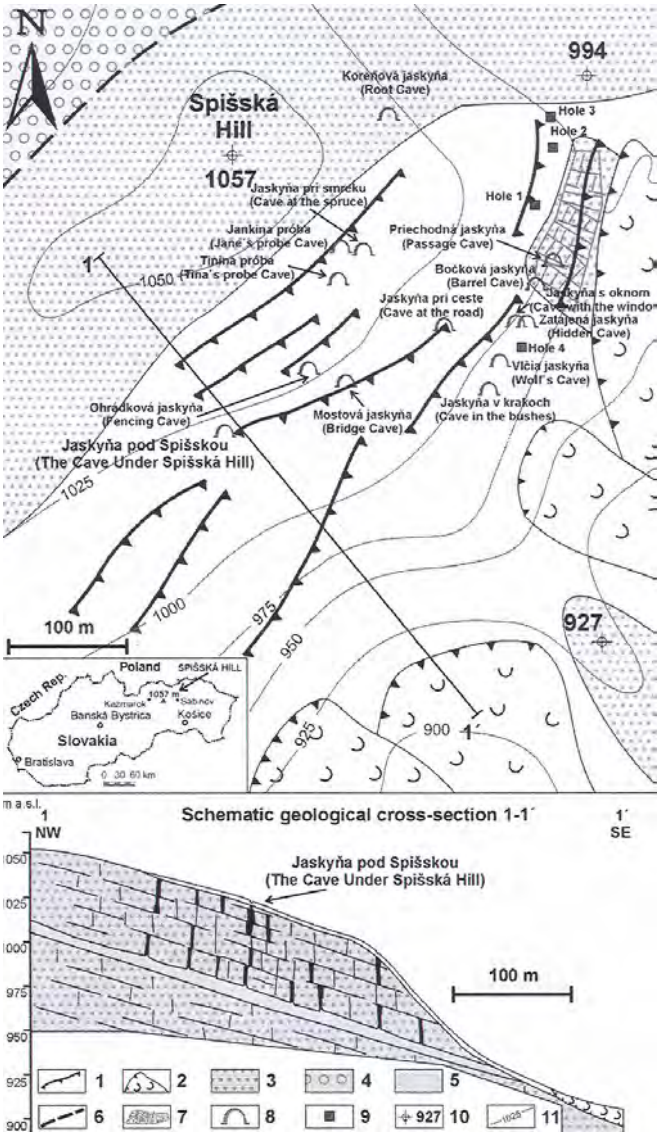
Najpravdepodobnejším vysvetlením recentnej aktivity oboch blokov je kombinovaný vplyv tektoniky (zdvih masívu pozdĺž S – J okrajového zlomu) a plazivého pohybu blokov, ktorý sa prejavuje ich nerovnomerným zabáraním, resp. vytláčaním. Merania v nasledujúcom období (vykonávané aspoň 4-krát ročne) môžu 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.

1.4.34. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou

Stručná charakteristika lokality

Lokalita je situovaná na severovýchodnom okraji Levočských vrchov, severoseverovýchodne od obce Brutovce, asi 300 m južne 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. 4.34.1). V hlavnej chodbe severovýchodnej (spišskej) časti jaskyne bol v apríli 2007 inštalovaný jeden dilatometer TM-71.



Obr. 4.34.1. Geologická mapa blízkeho okolia Jaskyne pod Spišskou s vyznačením ďalších jaskýň a priečny rez 1-1´ 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 skutočnosť, že zosuvná štruktúra je obdobná, ako na lokalite Tichý potok (dolina Torysy na S od kóty Spišská), v ktorej sa uvažuje s výstavbou vodného diela. Poznanie mechanizmu a charakteru pohybu blokov môže poskytnúť cenné informácie pri návrhu protizosuvných opatrení v prípade realizácie vodnej nádrže.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Jaskyňa pod Spišskou sa v roku 2016 uskutočnili tri a v roku 2017 dve odčítania hodnôt posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 (tab. 4.34.1). V roku 2017 pokračovalo preberaniedajov o mesačných úhrnoch zrážok zo stanice SHMÚ Brezovica nad Torysou.

Tab. 4.34.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Jaskyňa pod Spišskou v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	JS-1	2016 – 3x *(6. apríl, 21. júl, 15. november)*
			2017 – 2x *(13. apríl, 26. október)*

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2016 aj 2017 preukázali doterajší trend pohybu v smere osi x (otváranie trhliny) aj v smere osi z (pokles bloku). Otvorenie v roku 2016 0,059 mm, v roku 2017 o 0,081 mm, na celkových 0,751 mm. Trhlina sa rozširuje priemernou rýchlosťou 0,071 mm.rok^{-1}. Celkový pokles ku koncu 2017 dosiahol 0,638 mm. Poklesávanie pokračuje rýchlosťou priemerne 0,055 mm.rok^{-1}. Doterajší šmykový pohyb (os y) dlhodobo (od roku 2010) stagnoval do júla 2015 na úrovni od 0,01 – 0,05 mm, neskôr pomaly narastal na 0,078 mm. V apríli 2017 došlo pravdepodobne vplyvom uvoľnenia napätí v horninovom masíve k zmene smeru posunu o hodnotu 0,295 mm. Rotácie bloku nie sú zatiaľ významné (obr. 4.34.2).

b/ Merania zrážkových úhrnov

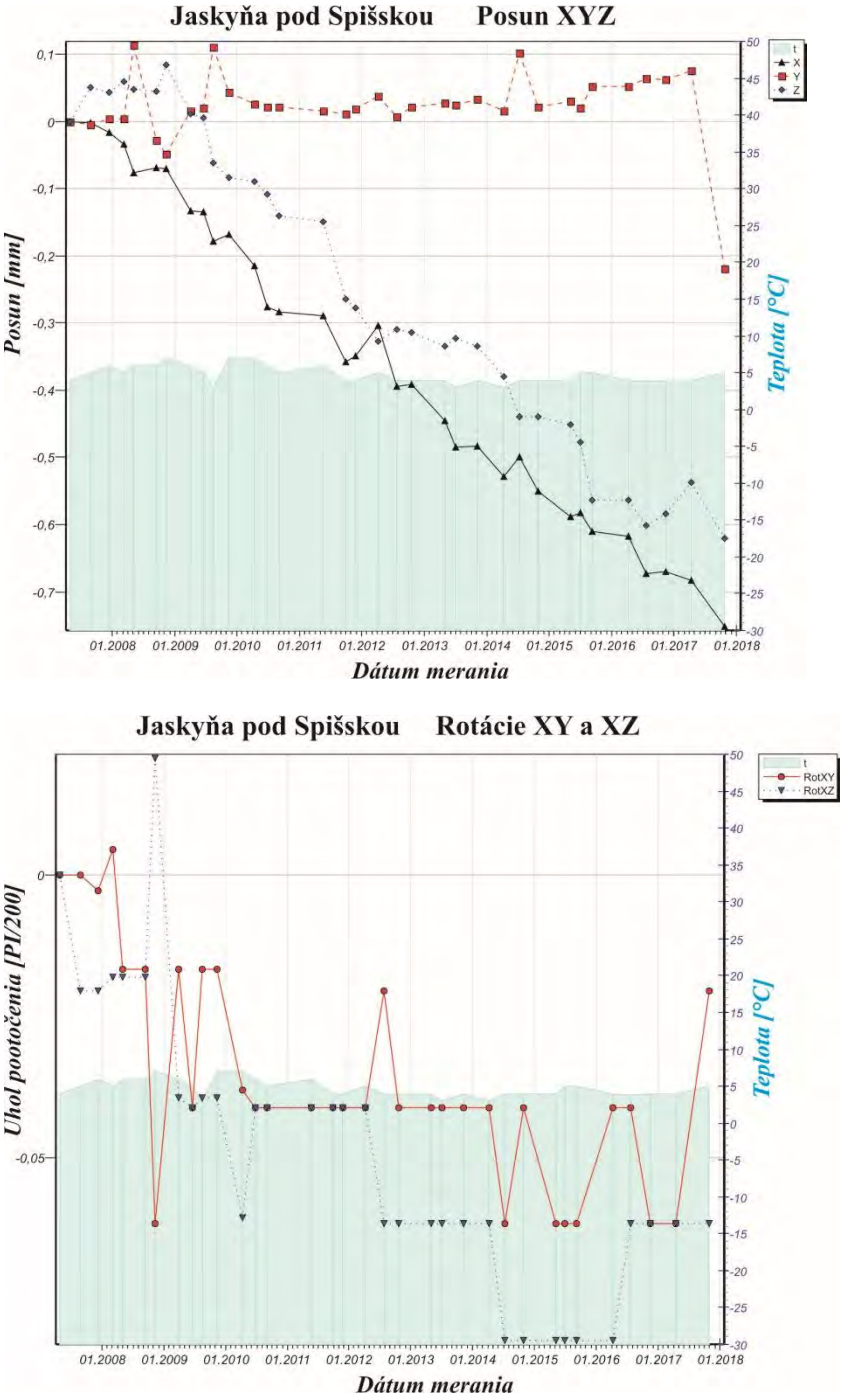
Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Brezovica nad Torysou (indikatív 59040) dosiahol v roku 2016 hodnotu 701,3 mm, v roku 2017 mierne stúpol na 736,1 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Napriek pomerne krátkej dobe monitorovania (10 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 2018.

Vzhľadom na podobnosť tejto lokality a zosuvnej štruktúry na lokalite Tichý Potok (Židova jaskyňa), kde sa uvažuje s výstavbou vodného diela, majú merania posunu blokov v Jaskyni pod Spišskou aj praktický význam. Analýza vývoja plazivých pohybov v ďalších rokoch môže preto priniesť nielen viacero nových teoretických, ale i praktických poznatkov. Na ich získanie bude potrebný pravidelný zber údajov z inštalovaného dilatometra, a to 3 až 4-krát ročne. Predbežné výsledky monitorovania lokality (do polovice roku 2011) boli

publikované formou článku v časopise Mineralia Slovaca (Petro et al., 2011), výsledky meraní do konca roku 2012 formou prednášky (Petro et al., 2013).



Obr. 4.34.2. 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).

1.4.35. Lokalita Banská Štiavnica

Stručná charakteristika lokality

Monitorovaný zárez sa nachádza nad cestou II. triedy č. 524 medzi Banskou Štiavnicou a Štiavnickými Baňami v dĺžke cca 80 m s výškou do 12 m. Na lokalite sa od roku 1995 vykonávajú monitorovacie pozorovania metódami fotogrametrie, ktoré sa od roku 2000 doplnili geodetickými i dilatometrickými meraniami vo vybraných úsekoch východnej steny zárezu. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Iglárová et al., 2011). Od roku 2014 je monitorovanie metódami fotogrametrie a geodézie pozastavené.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.35.1.

Tab. 4.35.1 Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Banská Štiavnica v rokoch 2016 a 2017

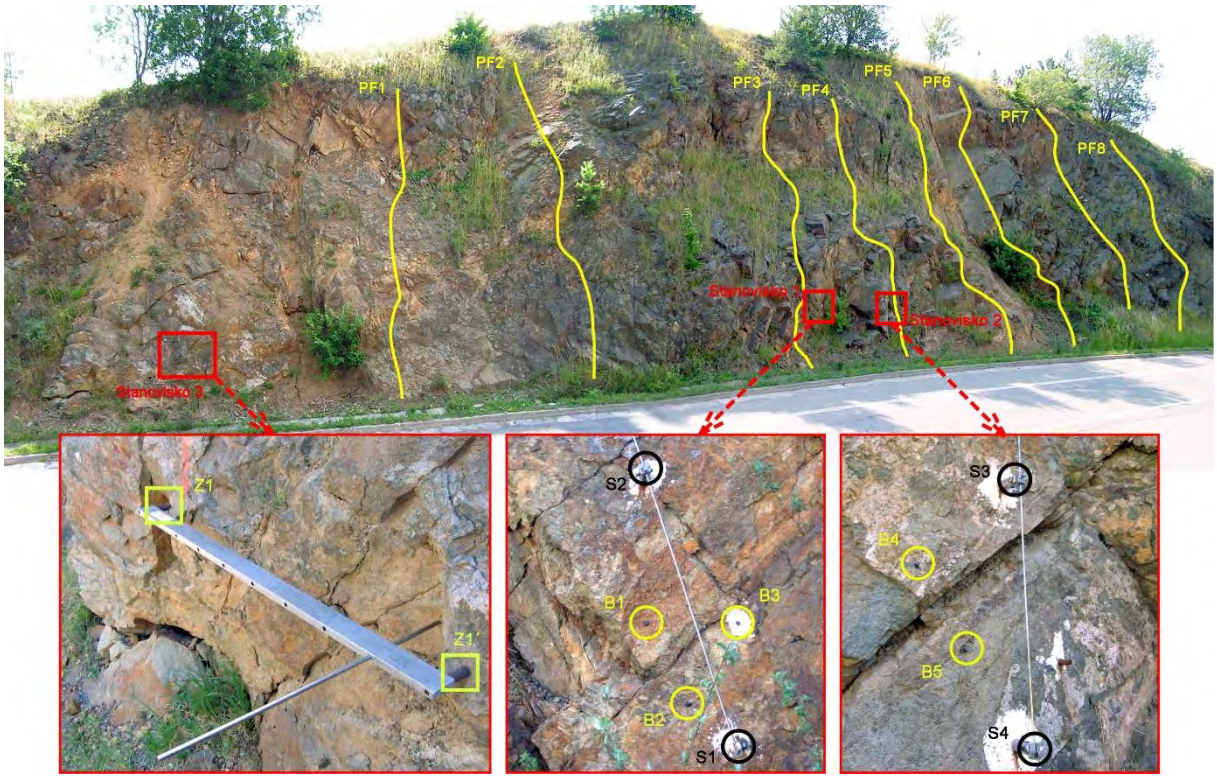
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Dilatometrické merania: – Dilatometer Somet	5	B1, B2, B3, B4, B5	1 *(26. september)*	1 *(18. máj)*
– Meradlo posuvov	4	S1, S2, S3, S4	2 *(26. september)*	2 *(18. máj)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260)	*Mesačné úhrny zrážok*	
Meranie počtu mrazových dní	1	Stanica SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 11901)	*Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C*	

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

a/ Dilatometrické merania

a1/ Dilatometer Somet

Merania sa vykonávajú na dvoch stanovištiach, inštalovaných v južnej časti svahu (horninový blok s nainštalovanými bodmi tretieho stanoviska sa zrútil). Na prvom stanovisku sa premeriavajú body, umiestnené na blokoch, oddelených výraznou diskontinuitou s orientáciou smeru sklonu 326° a sklonom 44° (bod B1 je na jednom bloku a body B2 a B3 na druhom). Na druhom stanovišti sa meria pohyb bodov B4 a B5, umiestnených na blokoch, oddelených puklinou so smerom sklonu 350° a sklonom 50° (obr. 4.35.1).



Obr. 4.35.1. Rozmiestnenie pozorovaných profilov a bodov na monitorovanom úseku zárezu cesty pri Banskej Štiavnici. PF1 až PF8 – profily pre stereofotogrametrické merania (od roku 2011 zostavované na základe údajov z optického skenovania), od roku 2014 sú merania pozastavené.
Stanovište 1: pozorovacie body B1, B2 a B3 pre merania dilatometrom Somet; pozorovacie body S1 a S2 pre merania meradlom posuvov;
Stanovište 2: pozorovacie body B4 a B5 pre merania dilatometrom Somet; pozorovacie body S3 a S4 pre merania meradlom posuvov;
Stanovište 3: body Z1 a Z1´ na upevnenie meradla mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny – po vypadnutí skalného bloku sa od jari 2009 nemeria.

V roku 2017 bolo pozorované na oboch stanovištiach nevýrazné zúženie dĺžky meracích profiloch. Na stanovišti č. 1 medzi meracími bodmi B1 – B2 bola do jari 2017 zaznamenaná zmena dĺžky profilu o 0,03 mm, počas jesenného merania bolo zistené, že dĺžka profilu je mimo rozsahu merania dilatometrom Somet a preto bolo monitorovanie tohto profilu ukončené. Monitorovanie diskontinuity pokračuje meraniami v profile B1 – B3. V roku 2017 bol pozorovaný posun – zväčšenie profilu o 0,1 mm. Na stanovišti č. 2, medzi bodmi B4 – B5, bolo pozorované rozšírenie meraného profilu o 0,12 mm. Hodnota korekčného merania, na ktoré slúži profil medzi bodmi B2 – B3 (na stanovišti 1), dosiahla v ročnom cykle 2016 – 2017 zmenu – zmenšenie o 0,16 mm. Korekčné meranie slúži na eliminovanie vplyvov teplotných zmien v horninovom masíve, meracom prístroji ako aj teplote vzduchu a spôsobe merania, ktorým je napr. prítlak dilatometra k meracím bodom.

Vzhľadom na výsledky meraní od počiatku monitorovania v roku 2001 možno konštatovať, že na obidvoch stanovištiach je pozorovaný trend rozvoľňovania skalných blokov (obr. 4.35.1). Na stanovišti č. 1 v profile B1 – B2 celkové rozvoľnenie pozorovanej diskontinuity v horninovom masíve dosiahlo 0,428 mm, v profile B1 – B3 je celkové rozvoľnenie od počiatku pozorovania v rozsahu 0,92 mm. Na stanovišti č.2 v profile B4 – B5 výsledky meraní prezentujú stagnáciu pohybu pozorovaného bloku.

a2/ Meradlo posuvov

Meracie body pre aplikáciu meraní meradlom posuvov sú inštalované na rovnakých horninových blokoch, ako body pre meradlo Somet.

Z dlhodobého merania hodnoty meraní vykazujú značný rozptyl hodnôt v dôsledku vplyvu teplotných zmien, významne vplývajúcich na konštrukčný materiál meradla a tým aj presnosť meraní. Oproti meraniu z roku 2016 bol na stanovišti č. 1 zaznamenaný relatívny posuv medzi bodmi S1 – S2 o 0,54 mm. Meraním relatívnej vzdialenosti medzi bodmi S3 – S4 (stanovisko 2) bol zistený od 2016 posuv opačného charakteru o 0,20 mm. Z dlhodobého hľadiska možno na obidvoch stanovištiach pozorovať veľmi nevýrazný trend rozširovania puklín (obr. 4.35.2). Z dôvodu citlivosti prístroja na chyby merania sú výsledky získané touto metódou ťažšie interpretovateľné v prostredí nevýrazných posuvov horninových blokov, preto v nasledovných monitorovacích cykloch nebudú používané.

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260) v roku 2016 dosiahol hodnotu počas mesiacov január – september a december 866,3 mm (počas mesiacov október a november došlo k výpadku meraní). Za rok 2017 dosiahol zrážkový úhrn hodnotu 893,7 mm. Priemerný počet mrazových dní za zimné obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008 je 110,5 (podľa meraní stanice SHMÚ Banská Štiavnica, indikatív č. 11901). V zime 2015/2016 predstavoval 75 dní (67,87 % dlhodobého priemeru). V zime 2016/2017 bol počet mrazových dní vyšší ako v predošlom zimnom období, a to 102 dní (92,31 % dlhodobého priemeru).

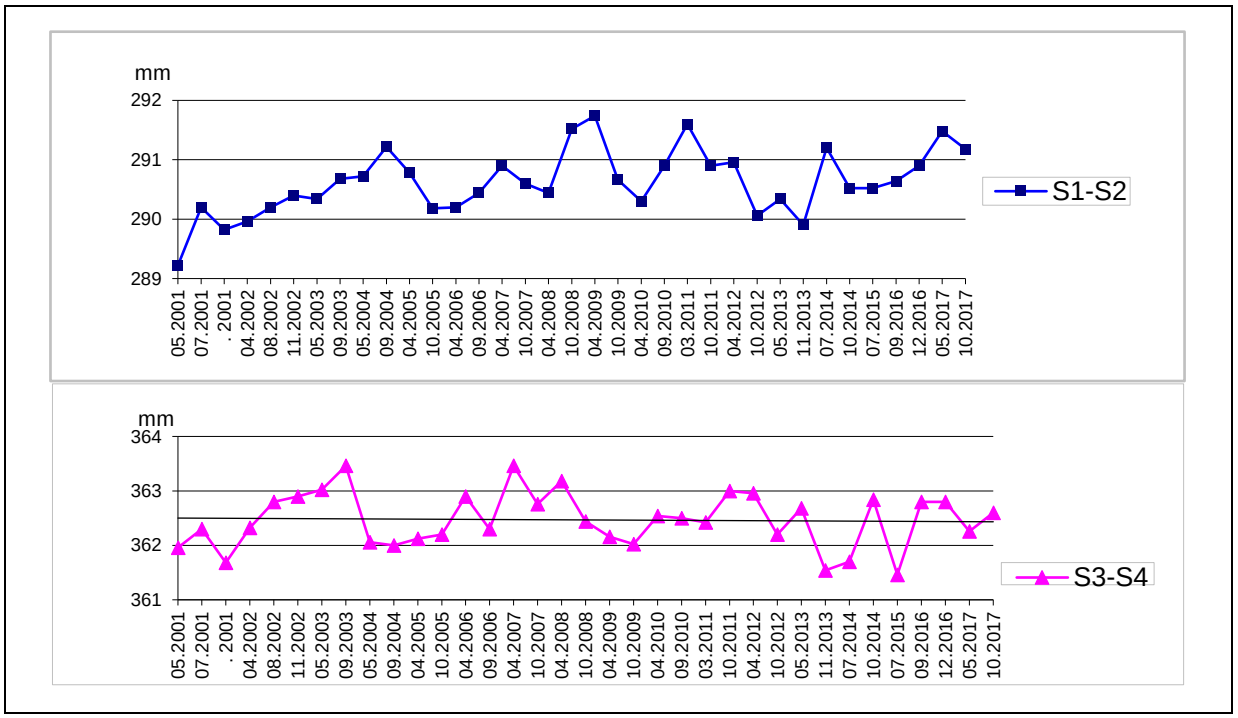
Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Fotogrametrické a terestrické geodetické merania poskytujú lepšiu detekciu nestabilných častí, čím prispievajú k zefektívneniu monitoringu, vzhľadom na ich finančnú náročnosť však nie sú realizované od roku 2014.

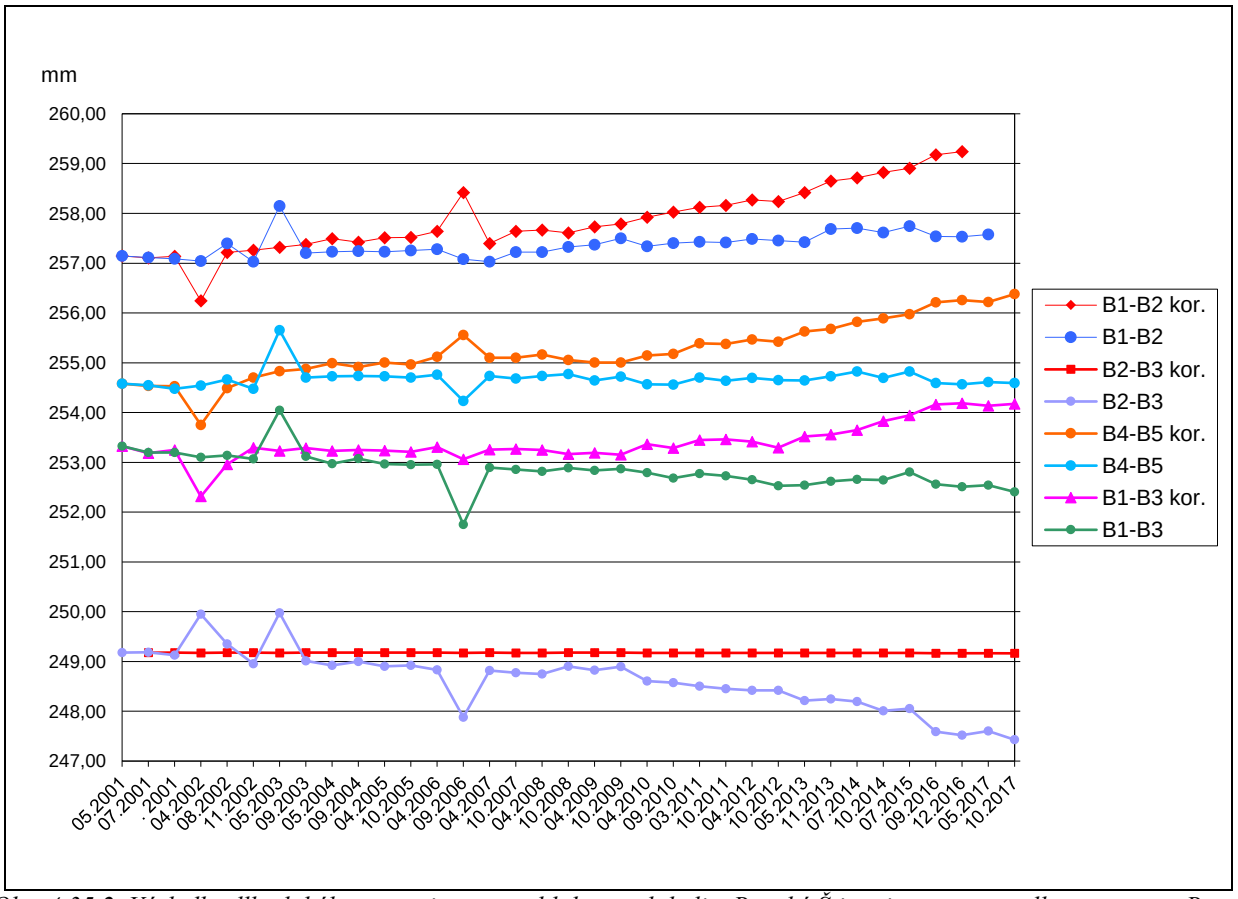
Dilatometrickými meraniami bolo zaznamenané pomalé rozvoľňovanie horninových blokov. Pri meraniach meradlom Somet boli zaznamenané celkové hodnoty posuvov od počiatku monitorovania intenzívnejšie na stanovišti 1 (profil B1-B3 o 0,92 mm), oproti meraniam na stanovišti 2 (profil B4-B5), kde je možné konštatovať stagnáciu posuvov rozvoľneného bloku. Pri použití meradla posuvov boli získané merania značne skreslené vplyvom teplotného faktora. Vzhľadom na nižšiu presnosť meraní, ktoré sú výrazne ovplyvnené teplotnými faktormi navrhujeme ukončenie monitorovania touto metódou a pohyb blokov pozorovať len dilatometrom Somet.

Vzhľadom na skutočnosť, že hrozba uvoľnenia horninových blokov a ich pádu na cestnú komunikáciu stále pretrváva, predovšetkým v horných častiach monitorovaného cestného zárezu, je potrebné pokračovať v monitorovacích pozorovaniach i v budúcnosti.

A.



B:



Obr. 4.35.2. Výsledky dlhodobého merania posuvu blokov na lokalite Banská Štiavnica; a – meradlom posuvov, B – dilatometrom Somet. Grafy s korekciou nameraných hodnôt zohľadňujú zmeny podmienok a techniky merania (označené príponou kor. – údaje v nich sú upravované v závislosti od hodnoty nameranej vzdialenosti medzi bodmi B2-B3, situovanými na jednom samostatnom horninovom bloku).

1.4.36. 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. 4.34.1), výška steny dosahuje okolo 25 m. Na geologickej stavbe okolia lokality sa podieľajú epiklastické vulkanické pieskovce s polohami brekcií a tufov kamenského súvrstvia (báden – Šimon et al., 1997). Monitorovacie aktivity na tejto lokalite boli zahájené v máji roku 2001.



Obr. 4.36.1. Situovanie meradla mikromorfologických zmien povrchu horniny na skalnej stene oproti katastrofálnemu handlovskému zosuvu (lokalita Handlová-Baňa)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Posledné realizované meranie mikromorfologických zmien na lokalite bolo v roku 2017. Prehľad termínov meraní za posledné dva roky je v tab. 4.36.1.

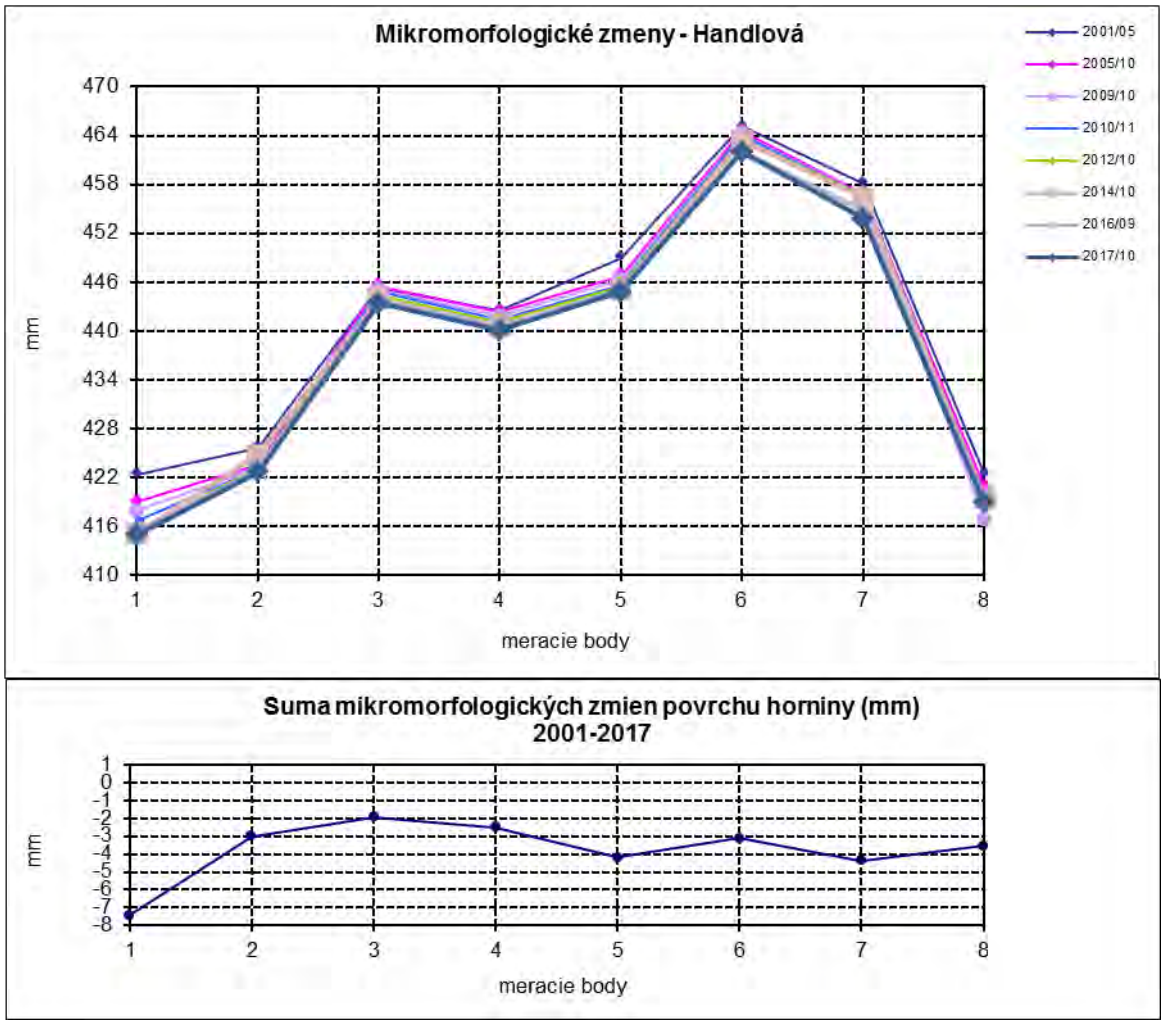
Tab. 4.36.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Baňa v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	8	1 Stanovište MZ	1 *(23. september)*	1 *(10. október)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Handlová (indikatív 30080)	*Denné úhrny zrážok*	

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

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania boli v roku 2017 realizované 10. októbra a v roku 2016 23. septembra. V 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 -0,20 mm a s maximálnou hodnotou -1,02 mm (obr. 4.36.2). Celkový priemerný ročný úbytok dosiahol -0,36 mm. Priemerný úbytok za celé monitorované obdobie (16 rokov) predstavuje -3,75 mm. Z obr. 4.36.2 vyplýva, že v rámci celého sledovaného profilu je ústup masívu relatívne rovnomerný, iba v bode 1 dosiahol ústup masívu hodnotu -7,42 mm.



Obr. 4.36.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2001 – 2017) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Handlová-Baňa (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 2001 – 2016).

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkových pomeroch na lokalite sú spracované pri opise lokalít Handlová-Morovnianske sídlisko a Handlová-Kunešovská cesta.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

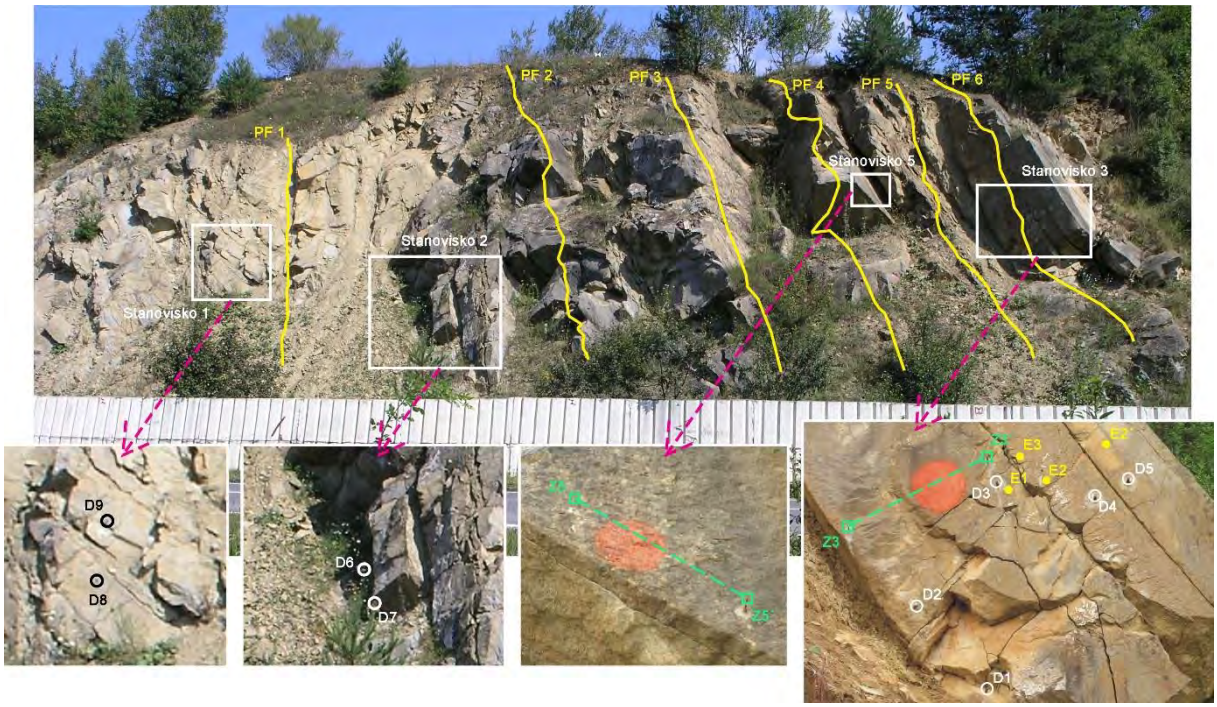
Úbytok materiálu v roku 2017 v porovnaní s rokom 2016 bol relatívne rovnomerný, pričom priemerný ročný úbytok dosiahol hodnotu -0,36 mm. Aj keď uvedený odkryv bezprostredne neohrozuje žiadny objekt infraštruktúry, odporúčame pokračovať v hodnotení zvetrávania a rozvoľňovania, keďže ide o jedinú lokalitu tufov, pozorovanú v rámci monitoringu. Najbližšie meranie mikromorfologických zmien, na základe ktorého bude možné posúdiť ďalší vývoj procesu zvetrávania, bude realizované v roku 2018.

1.4.37. 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. 4.37.1). V súčasnosti je aplikácia fotogrametrických metód monitorovania pozastavená. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Iglárová et al., 2011).



Obr. 4.37.1. 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 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.37.1.

Tab. 4.37.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Demjata v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Dilatometrické merania: – Dilatometer Somet	6	E1, E2, E3, E2´, E4, E5	1 *(28.september)*	1 *(11.október)*
– Meradlo posuvov	7	D1, D2, D3, D4, D5, D8, D9a	1 *(28.september)*	1 *(11.október)*
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	16	2 stanovištia MZ	1 *(28.september)*	1 *(11.október)*
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 2016 a 2017 a za dlhšie obdobie pozorovania

V roku 2017 fotogrametrické meranie na lokalite nebolo realizované. Frekvencia fotogrametrických meraní je pozastavená vzhľadom na rozsah monitorovaných lokalít v podsystéme 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie a s tým spojených nárokov na využitie finančných prostriedkov.

a/ Dilatometrické merania

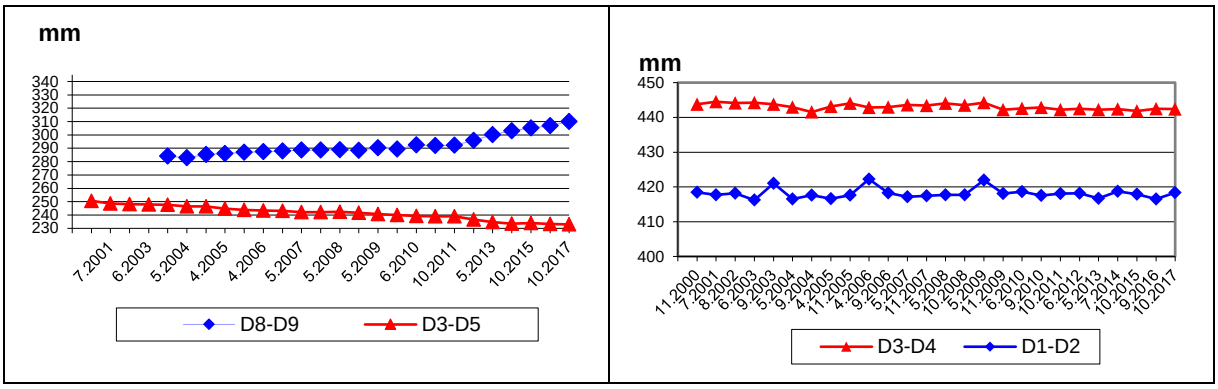
a1/ Dilatometer Somet

Merania sa vykonávajú na stanovišti č. 3 (obr. 4.37.1), 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.

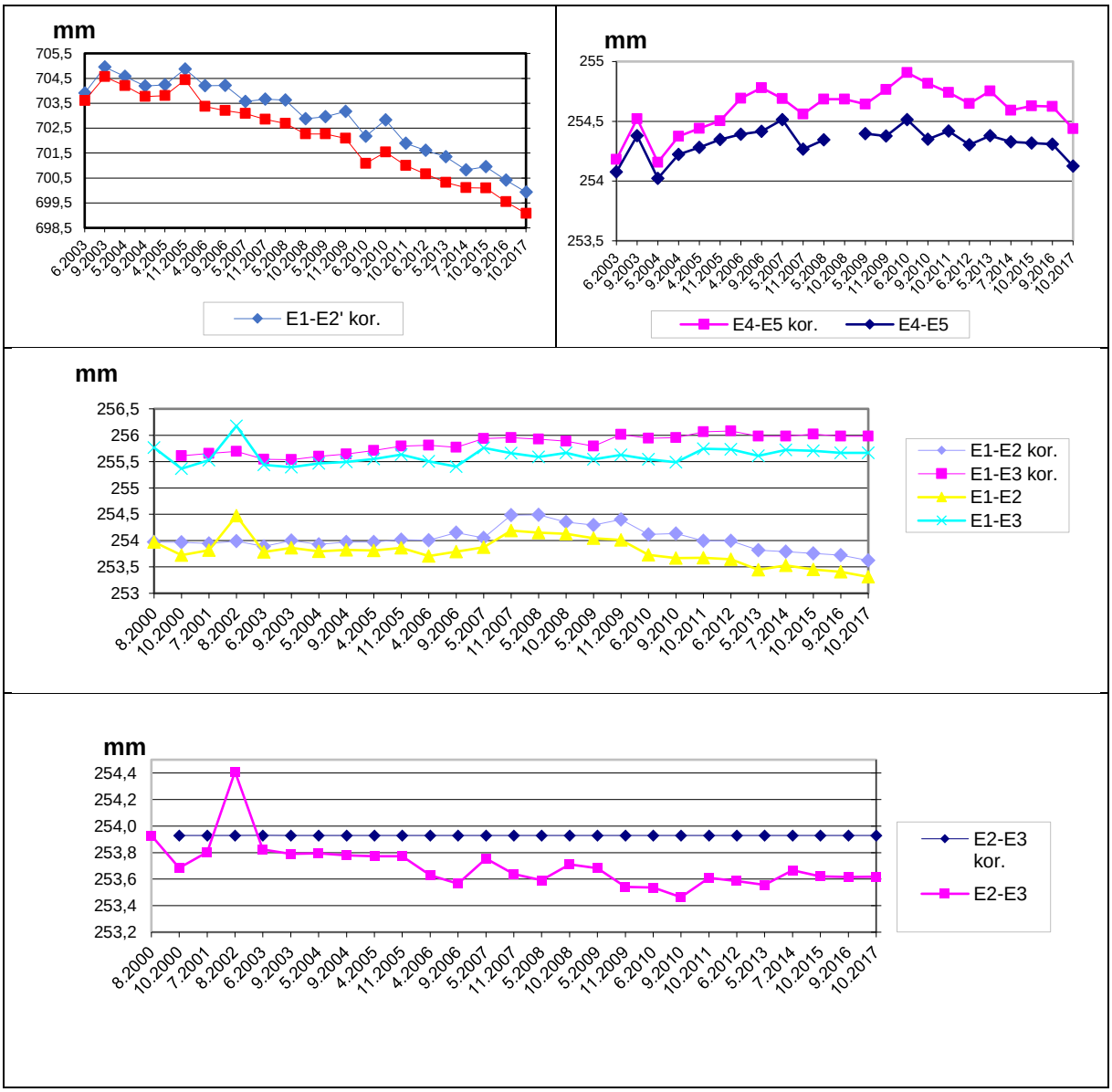
Pokračovanie pohybov skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu (stanovište 3) bolo zistené aj v roku 2017. V ročnom monitorovacom cykle bol zaznamenaný pohyb uvoľneného horninového bloku v podloží okrajovej lavice na profile E1 – E2 veľkosti 0,098 mm, na profile E1 – E3 bola pozorovaná stagnácia (posuv 0,002 mm). Samotná okrajová lavica (profil E1 – E2´) sa v monitorovacom cykle roku 2017 posunula o 0,474 mm. V porovnaní s rokom 2016 sa posuv vrchnej okrajovej lavice pokračuje zhodnou intenzitou ako v roku 2016 (v roku 2016 bolo v profile E1 – E2´ zaznamenaný posuv 0,55 mm) a naopak v jej podloží pohyb pokračoval rovnako ako v roku 2016 menej intenzívne (v oboch profiloch E1 – E2 aj E1 – E3 bol zaznamenaný posuv 0,04 mm).

Merania realizované v protiľahlej strane zárezu na profile E4 – E5 (stanovište č. 4) v roku 2017 zaznamenali zmenu šírky diskontinuity o 0,183 mm, v predchádzajúcom roku 2016 bol evidovaný posuv 0,01 mm; obr. 4.37.2).

A:



B:



Obr. 4.37.2. Výsledky dlhodobého merania posuvu blokov na lokalite Demjata; a – meradlom posuvov, B – dilatometrom Somet. Grafy s korekciou nameraných hodnôt zohľadňujú zmeny podmienok a techniky merania (označené príponou kor. – 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. 4.35.2). 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 2017 bolo na stanovišti č. 3 pozorované zintenzívnenie pohybu uvoľnej okrajovej lavice, sprevádzaný útlmom pohybov lavice v jej podloží. Medzi bodmi D3 – D5, ktoré kontrolujú posuvy okrajovej lavice stanovišťa 3 bolo pozorované rozvoľnenie o 0,28 mm, oproti roku 2016, kedy bol zaznamenaný posuv (zúženie) o 0,66 mm. Meranie profilu medzi bodmi D3 – D4, ktorý zaznamenáva pohyb horninového bloku v podloží okrajovej lavice, dokumentovalo v ročnom monitorovacom cykle 2017 stagnáciu posuvov (nepatrné rozšírenie o 0,08 mm), pričom v roku 2016 bolo naopak zaznamenané zúženie profilu 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 2017 s mierne zvýšenou intenzitou oproti v roku 2016. Zaznamenané bolo rozšírenie diskontinuity o 3,02 mm, v predchádzajúcom roku sa puklina rozšírila o 1,88 mm (obr. 4.37.2).

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. 4.37.1.).

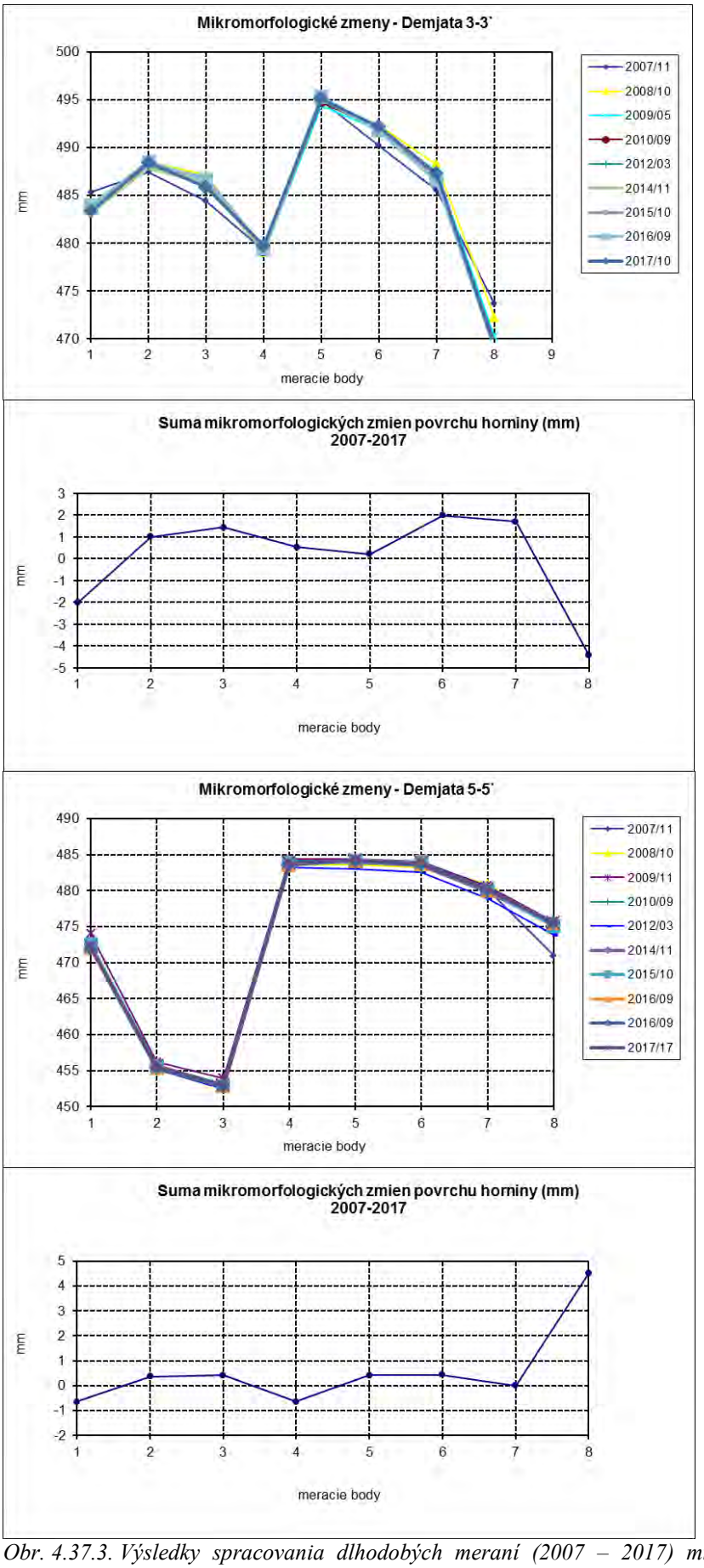
Meraniami bolo v profile 3 zaznamenané celkové priemerné „pribúdanie“ materiálu (za 10 rokov monitoringu) v masíve +0,05 mm a v profile 5 +0,61 mm (obr. 4.37.3.). V porovnaní s meraním 2016 bolo v profile 3 zaznamenané priemerný „úbytok“ materiálu -0,02 mm a v profile 5 „pribúdanie“ materiálu +0,175 mm. V bodoch 6 až 8 profilu 3, kde dochádza k „pribúdaniu materiálu (teda k vydúvaniu masívu), očakávame v blízkom období odlúpnutie väčšej šupiny. Najbližšie meranie je plánované na rok 2018.

d/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) v roku 2016 dosiahol hodnotu 605,3 mm. V roku 2017 úhrn zrážok stúpol na 670,2 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 zime 2015/2016 bol počet mrazových dní na stanici Bardejov 88 (77,53 % dlhodobého priemeru) a na stanici Prešov-vojsko 81 dní (67,42 % dlhodobého priemeru). 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. Na obidvoch staniciach bol počet mrazových dní vyšší v porovnaní s rokom 2016 a blíži sa k hodnote dlhodobého priemeru.



Obr. 4.37.3. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2017) 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 rovnakejstrane 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 2018 pri relatívnom pozorovaní zmien v rámci masívu, a to predovšetkým dilatometriou, doplnenou o informácie meraní mikromorfologických zmien skalnej steny.

1.4.38. 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. 4.38.1), podliehajúcich intenzívnemu zvetrávaniu a potenciálne znižovanie stability skalnej steny, sa pravidelne pomocou meradla mikromorfologických zmien monitoruje rýchlosť zvetrávacích procesov.



Obr. 4.38.1. Umiestnenie stanovišťa na meranie mikromorfologických zmien povrchu odkrytého zárezu štátnej cesty – lokalita Starina (foto Ľ. Petro, 2009).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Mikromorfologické merania sa realizovali raz ročne. V rokoch 2016 a 2017 bol zabezpečený zber klimatických ukazovateľov (tab. 4.38.1).

Tab. 4.38.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Starina v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 *(30. november)*	1 *(10. október)*
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 2016 a 2017 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V roku 2017 sa 10. októbra uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu pomocou meradla mikromorfologických zmien. V porovnaní s rokom 2016 bola v profile zaznamenaná veľmi výrazná zmena v bode 8 meraného profilu – pravdepodobne tu však išlo o chybu merania v roku 2016. V prípade, že abstrahujeme uvedenú predpokladanú chybu merania, priemerný prírastok za obdobie 10 mesiacov bol +0,274 mm. V ílovcových polohách bol zaznamenaný výrazný prírastok masívu – bod 3 +1,72 mm, bod 7 +3,5 mm. Priemerný úbytok za celé sledované obdobie (22 rokov) dosiahol -35,02 mm, pričom najväčšia hodnota úbytku bola pozorovaná v ílovcovej polohe v bode 7, t. j. -93,84 mm, v bode 6, t. j. -82,46 mm, v bode 3 -63,40 mm (obr. 4.38.2.). Táto skutočnosť indikuje akcelerované zvetrávanie cestného zárezu v ílovcových členoch. Pieskovcové polohy vykazujú za sledované obdobie 22 rokov úbytok materiálu približne -2 mm.

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

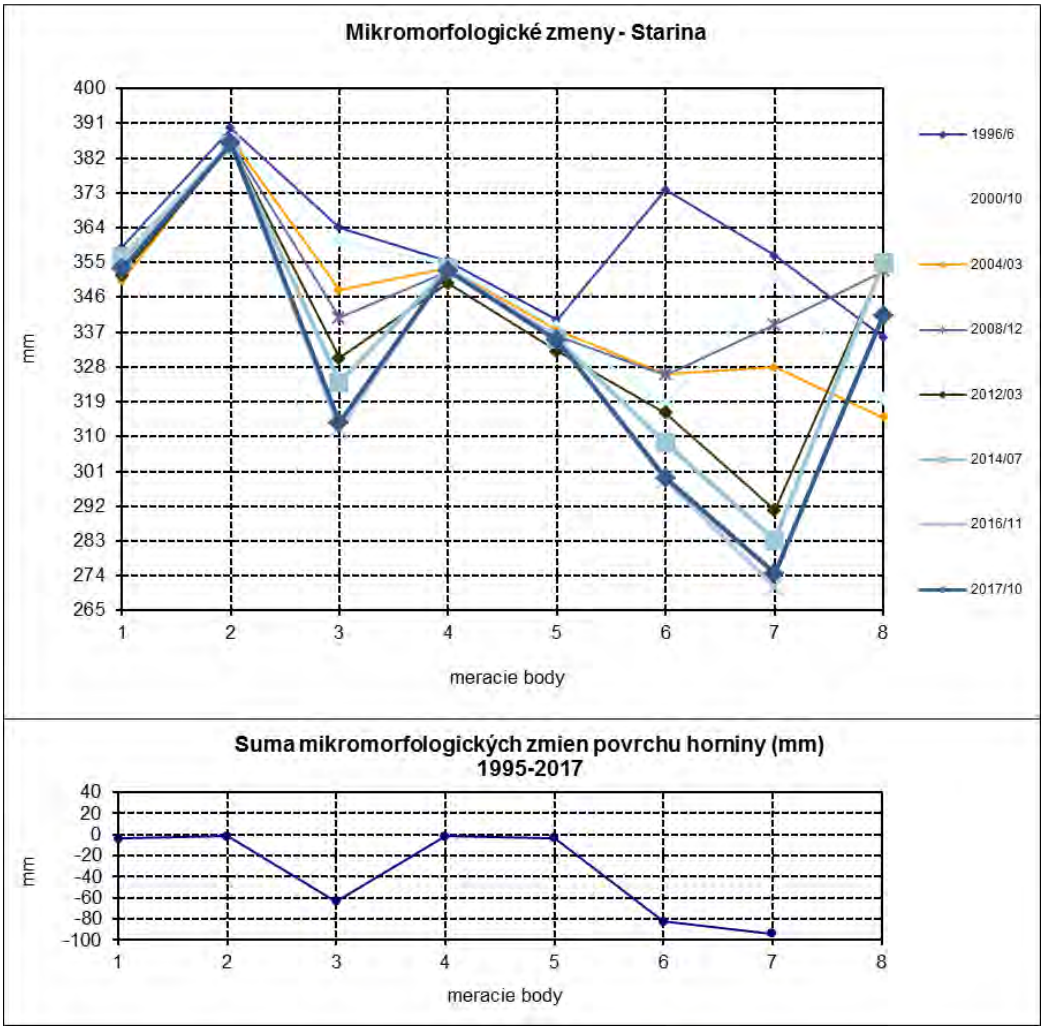
Podľa meraní na stanici SHMÚ Starina (indikatív 43320) zrážkový úhrn za rok 2016 predstavoval 876,4 mm a v roku 2017 hodnota zrážkového úhrnu stúpla na 930,2 mm.

Merania počtu mrazových dní (s minimálnou teplotou nižšou ako 0 °C) na stanici Kamenica nad Cirochou (indikatív 11993) preukázali v zime 2015/2016 celkovo 76 mrazových dní a v zime 2016/2017 ich počet stúpol na 111.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Nestabilné prostredie skalných a poloskalných hornín, vystupujúcich v cestnom zárezе, 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 2018.



Obr. 4.38.2. Výsledky dlhodobého merania (1995 – 2017) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Starina (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 1995 – 2017). Body 1,2,4,5,8 predstavujú pieskovec, body predstavujú 3,6,7 ílovec.

1.4.39. Lokalita Slovenský raj-Pod večným dažďom

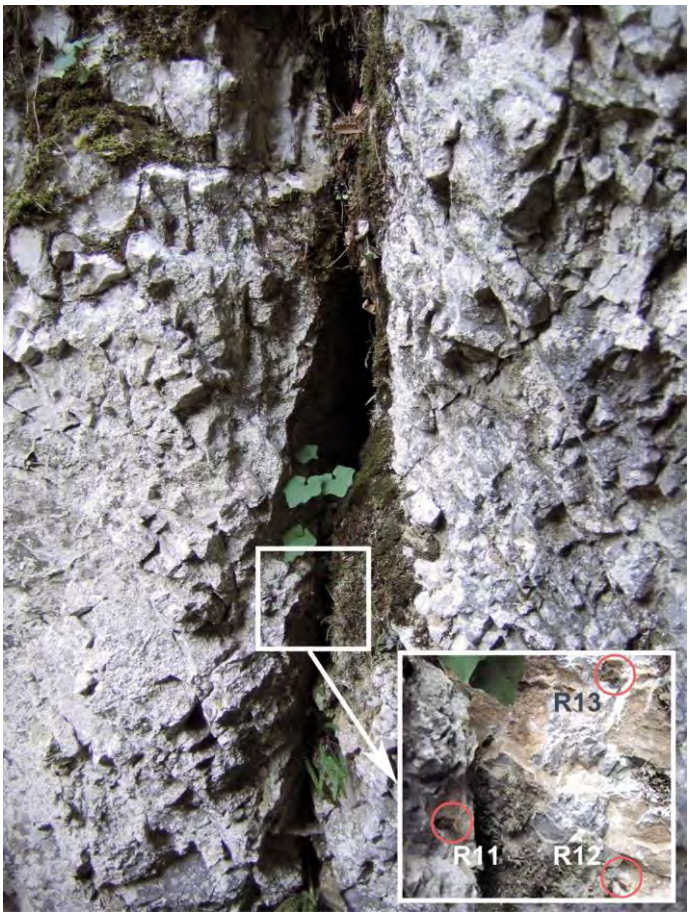
Stručná charakteristika lokality

V prielome Hornádu bol na pozorovanie vybratý rozsiahly skalný blok, nachádzajúci sa nad turistickým chodníkom v miestach označenej zastávky „Pod večným dažďom“. Lokalita sa nachádza cca 2500 m od vstupu do doliny. Potenciálne nestabilný skalný blok je rozsiahly (niekoľko desiatok metrov na šírku i výšku), pozostáva z viacerých samostatných blokov a jeho kontúry sú v dôsledku hustého zalesnenia miestami nejasné.

Z geologického hľadiska sa skalný blok nachádza v prostredí strednotriasových lagunárnych wettersteinských vápencov, patriacich k stratenskému príkrovu (Mello et al., 2000).

Na rozsiahlom skalnom bloku boli zriadené dve monitorovacie stanovištia, na ktorých boli inštalované pozorovacie body pre merania dilatometrom Somet.

Na stanovišti, nachádzajúcom sa v spodnej časti skalného bloku (nad turistickým chodníkom), bola inštalovaná trojica bodov. Body R12 a R13 sa nachádzajú na jednom bloku a bod R11 na bloku, oddelenom výraznou diskontinuitou so smerom sklonu 52° a sklonom 70°. Na povrchu skalnej steny je diskontinuita otvorená v rozsahu od 3 do 15 cm, smerom do hĺbky masívu sa postupne zatvára (obr. 4.39.1).



Obr. 4.39.1. Umiestnenie pozorovacích bodov R11, R12 a R13 (Stanovište 1) pre merania dilatometrom Somet na lokalite Pod večným dažďom (Slovenský raj)

Druhé stanovište sa nachádza v hornej časti skalného bloku. Ide o strmú skalnú stenu, na ktorej sa nainštalovali dva body (R14 a R15), oddelené výraznou, nepriaznivo uklonenou diskontinuitou so smerom sklonu 282° a sklonom 87° (obr. 4.39.2).



Obr. 4.39.2. Umiestnenie pozorovacích bodov R14 a R15 (Stanovište 2) pre merania dilatometrom Somet na lokalite Pod večným dažďom (Slovenský raj)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Dilatometrické merania sa na lokalite Slovenský raj – Pod večným dažďom vykonávajú prístrojom Somet s ročnou frekvenciou. Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.39.1.

Tab. 4.39.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slovenský raj – Pod večným dažďom v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Dilatometrické merania Dilatometer Somet	3 2	R11, R12, R13 (stanovisko 1) R14, R15 (stanovisko 2)	1 *(27.september)* 1 *(27.september)*	1 *(21.jún)* 1 *(21.jún)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Hrabušice (56100)	*Mesačné úhrny zrážok*	
Meranie počtu mrazových dní	2	Stanica SHMÚ Spišské Vlachy (11949)	*Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C*	

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

a/ Dilatometrické merania

Merania realizované v roku 2017 na oboch stanoviskách nezaznamenali prakticky žiaden posuv pozorovaných horninových blokov, zmeny šírky meraných profilov na stanovišti 1 v zásade eliminovali posuvy zaznamenané v roku 2015 (obr. 4.39.3). Na stanovišti č. 1 v spodnej časti skalného brala bola v profile bodov R11 a R12 v ročnom monitorovacom cykle 2017 zistená stagnácia pohybov, v roku 2016 tu bol pozorovaný nepatrný pohyb o 0,046 mm, pričom v roku 2015 namerané rozdiely v tomto profile mali opačný charakter s hodnotou 0,11 mm. Rovnako zmena vzdialenosti medzi bodmi R11 a R13 dosiahla v roku 2017 hodnotu 0,054 mm, v roku 2016 hodnotu 0,032 mm, pričom v roku 2015 bola dokumentovaná zmena dĺžky profilu opačného charakteru o 0,068 mm. Na druhom stanovišti v hornej časti skalného brala (body R14 a R15) bola zaznamenaná v roku 2017 zmena dĺžky profilu o 0,03 mm, oproti roku 2016, v ktorom bol pozorovaný pohybu s hodnotou 0,11 mm opačného charakteru. Na základe vykonaného merania možno konštatovať stabilný stav pozorovaných blokov. Predpokladáme, že pozorované zmeny šírky diskontinuít vplývajú predovšetkým zo zmien teplotných pomerov, na čo poukazujú aj dynamika dĺžky profilu R12 – R13 skonštruovaného na jednom samostatnom neporušenom bloku stanovišťa č.1.

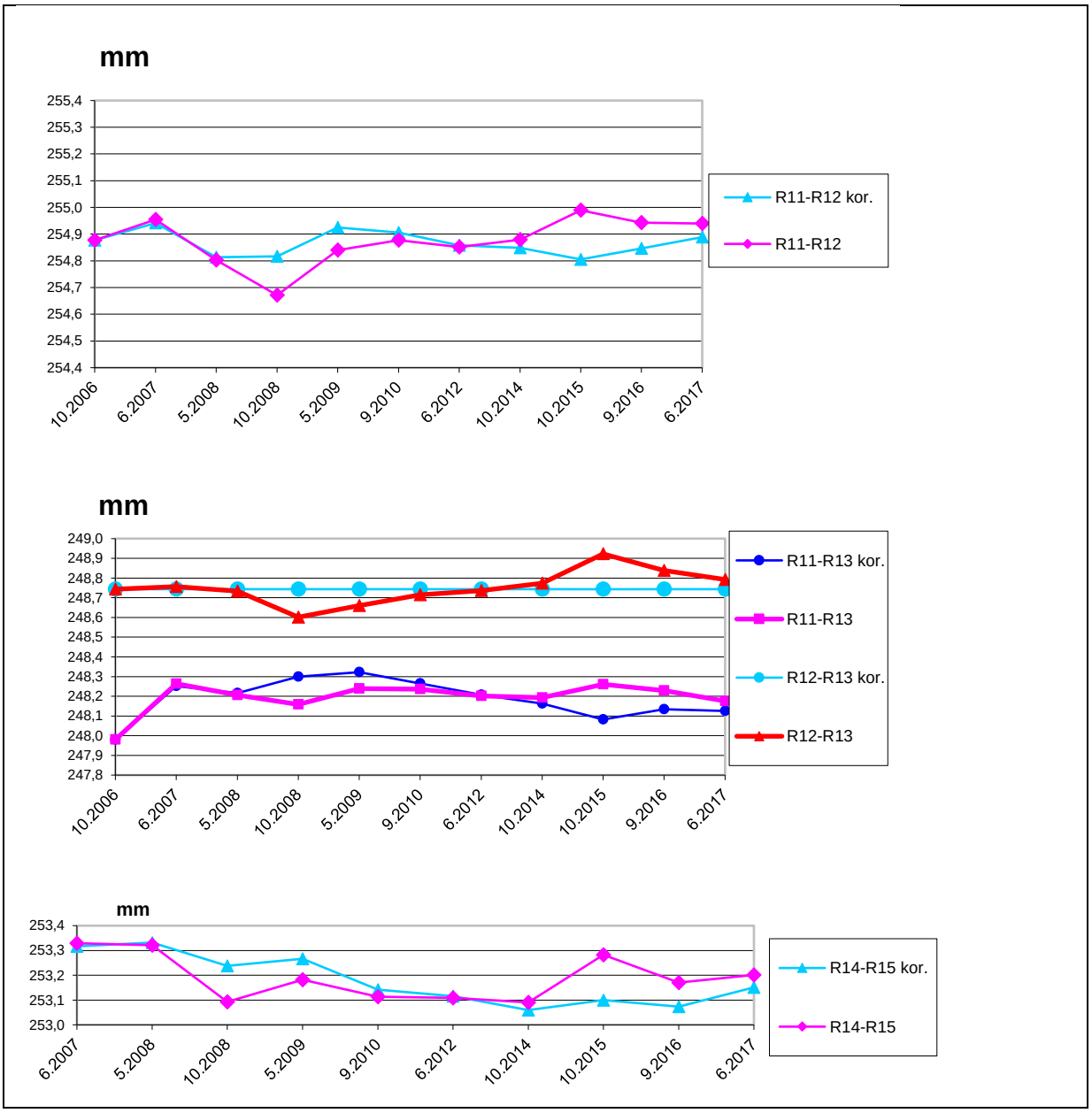
b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Hrabušice (indikatív 56100) v roku 2016 bol 744,4 mm a v roku 2017 bol úhrn zrážok 751,8 mm.

Počet mrazových dní, zaznamenaných na stanici SHMÚ Spišské Vlachy (indikatív 11949) bol v zime 2015/2016 121 dní a v zimnom období 2016/2017 ich počet bol 113.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Dilatometrické merania na lokalite nevykazujú podstatné zmeny šírky pozorovaných diskontinuít, podľa trendov pohybu je možné v súčasnosti predpokladať stagnujúci prejav pohybov. Vzhľadom na nevýrazné zmeny veľkosti monitorovaných pohybov navrhujeme pozastaviť merania, resp. znížiť frekvenciu meraní na dlhšie časové obdobie.



Obr. 4.39.3. Výsledky merania posuvu blokov na lokalite Pod večným dažďom dilatometrom Somet. Grafy s korekciou nameraných hodnôt zohľadňujú zmeny podmienok a techniky merania (označené príponou kor. – údaje v nich sú upravované v závislosti od hodnoty nameranej vzdialenosti medzi bodmi R12 – R13, situovanými na jednom samostatnom horninovom bloku).

1.4.40. 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. 4.40.1). 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 trať.

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. 4.40.1. 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 2016 a 2017

V roku 2017 sme realizovali jedno meranie, v roku 2016 tiež jedno meranie. Pokračoval zber údajov o zrážkových úhrnoch a teplote vzduchu – počet mrazových dní. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite v rokoch 2016 a 2017 je zhrnutý v tab. 4.40.1.

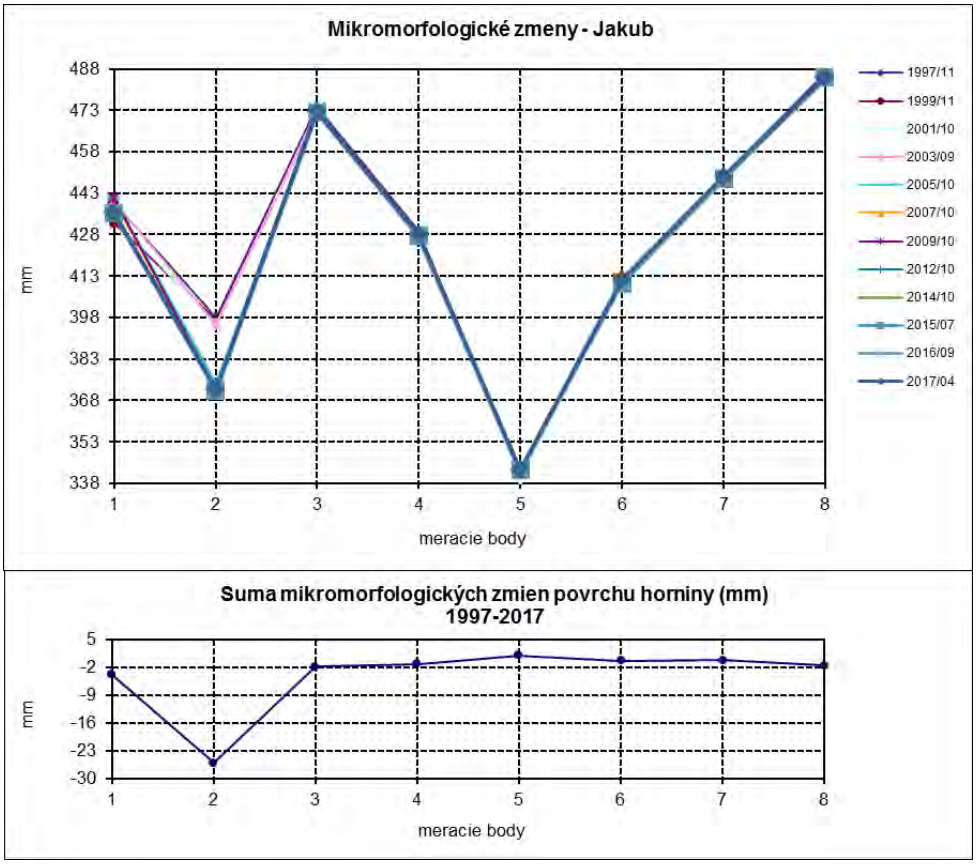
Tab. 4.40.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Jakub v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 *(26. septembra)*	1 *(10. apríla)*
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 2016 a 2017 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania v roku 2017 boli uskutočnené 10. apríla a v roku 2016 26. septembra. V roku 2017, v porovnaní s rokom 2016, bola nameraná približne rovnaká zmena v konfigurácii meraného profilu vo všetkých bodoch s výnimkou bodov 4 (+0,6 mm) a 6 (+0,58 mm). Počas periódy 6 mesiacov dosiahol priemerný prírastok vďaka týmto dvom excesom +0,27 mm, pričom priemerný úbytok za celé sledované obdobie (19,5 rokov) predstavoval v roku 2017 hodnotu -4,22 mm (obr. 4.40.2.). Tento výsledok je výrazne ovplyvnený úbytkom materiálu v bode 2 (-26,04 mm), keď v roku 2005 vypadol zo steny väčší fragment.



Obr. 4.40.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1997 – 2017) mikromorfologických zmien povrchu zárezu železnice na lokalite Jakub (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1997 – 2017).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300) v roku 2016 dosiahol hodnotu 949,5 mm, čo pri dlhodobom priemere 855,15 mm predstavuje 111,03 % (išlo teda o vlhký rok). V roku 2017 bol zrážkový úhrn 859,6 mm (100,52 %, – normálny rok).

Počet mrazových dní na stanici SHMÚ v Banskej Bystrici na Zelenej ul. (indikatív 11898) v zime 2015/2016 bol 74 dní, čo pri dlhodobom priemere 105 dní (priemer odvodený z obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008) predstavuje 70,48 % a v zime 2016/2017 ich počet stúpol na 107, čo predstavuje 101,90 % z dlhodobého priemeru.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite sa z dlhodobého hľadiska prejavuje relatívne rovnomerné zvetrávanie horninového masívu (priemerný ročný úbytok -0,05 mm), až na vypadnutie fragmentu v bode 2 (rok 2005). Vzhľadom na bezprostredný kontakt skalnej steny s trasou železnice je potrebné v roku 2018 pokračovať v meraniach so zameraním sa na prognózu možných uvoľnení nestabilných úlomkov a blokov horniny.

1.4.41. Lokalita Bratislava-Železná studnička

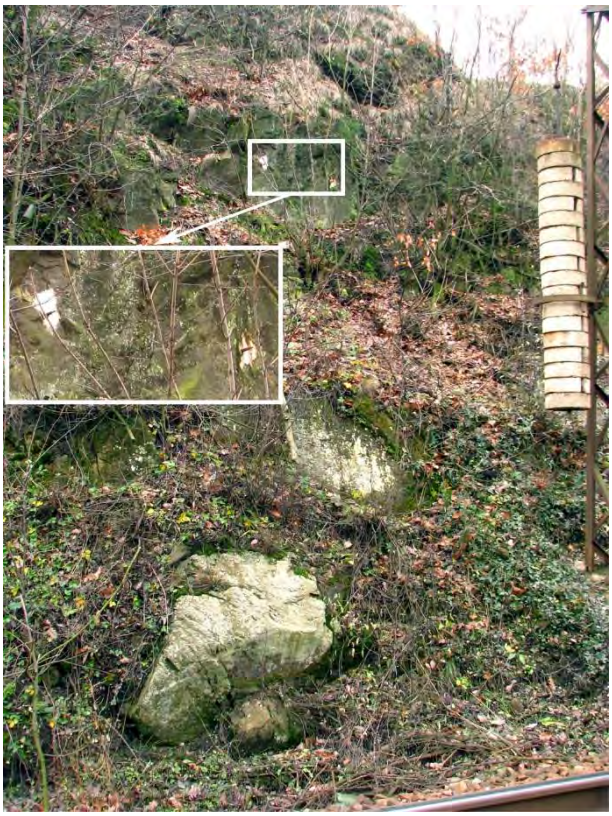
Stručná charakteristika lokality

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. 4.41.1) 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 dvojsľudné 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. 4.41.1. 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 2017

V roku 2017 bol zabezpečený zber klimatologických faktorov – zrážkové úhrny, teploty vzduchu, a najmä počty mrazových dní. V roku 2016 sa merania mikromorfologických zmien realizovali v novembri. Monitorovacie aktivity, realizované na lokalite v rokoch 2016 a 2017 sú v zhrnuté tab. 4.41.1.

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

a/ Merania mikromorfologických zmien

V roku 2016 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu so severnou orientáciou pomocou meradla mikromorfologických zmien. 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. Celkový priemerný úbytok za 18 rokov sledovania dosiahol – 0,79 mm; priemerný ročný úbytok za sledované obdobie je -0,044 mm (obr. 4.41.2.), pričom výraznejší úbytok, presahujúci -1,2 mm, je charakteristický pre body 5 až 8.

Tab. 4.41.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bratislava-Železná studnička v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 *(24. november)*	0 *Profil nebol identifikovaný*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080)	*Denné úhrny zrážok*	
Meranie Počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ: Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) Bratislava-Koliba (indikatív 11813)	*Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C*	

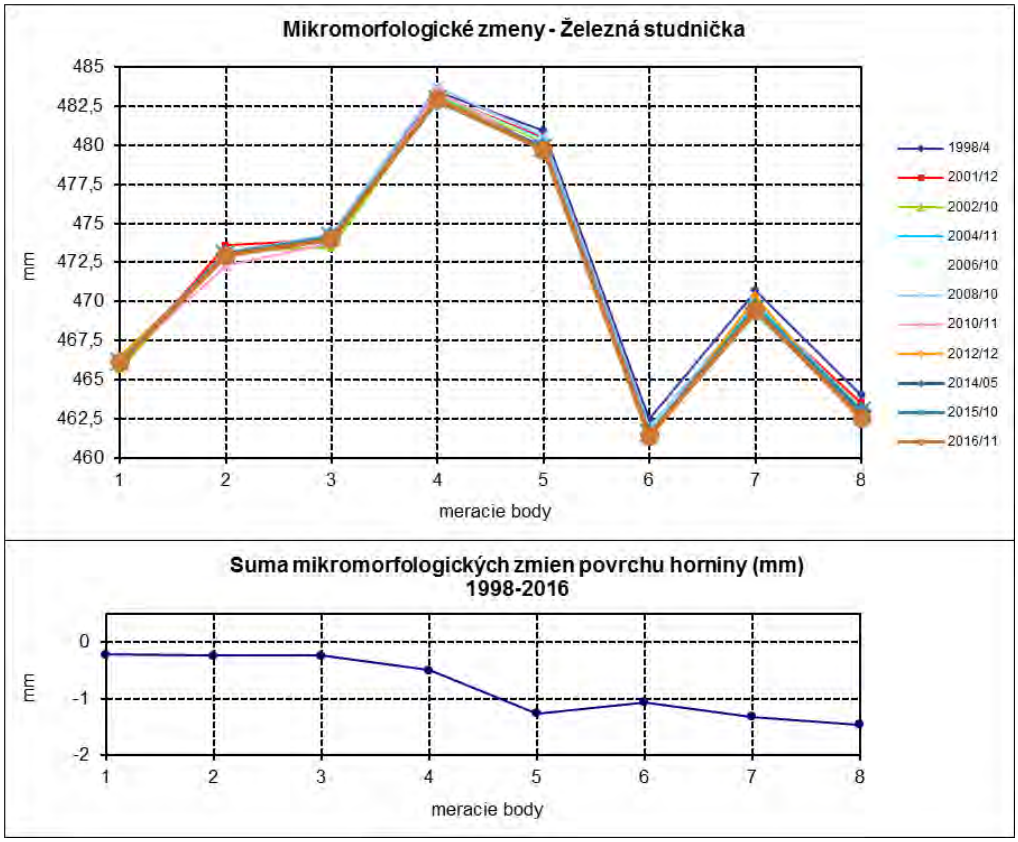
b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080) v roku 2016 dosiahol 772,7 mm a v roku 2017 ich úhrn klesol na 537,1 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. Na stanici SHMÚ Bratislava – Koliba (indikatív 11813) bolo počas zimy 2015/2016 zaznamenaných 50 mrazových dní a v počas zimy 2016/2017 ich počet rovnako výrazne stúpol na 89 dní. V zime 2016/2017 teda počet mrazových dní bol až o 42, resp. 39 viac oproti predchádzajúcemu obdobiu.

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. 4.41.2. Vzhľadom na zmenené podmienky vegetácie na lokalite sa v roku 2018 pokúsime vyčistiť lokalitu a nadviazať na merania v roku 2016 a pokračovať v sledovaní rozvoja procesu zvetrávania s rovnakou frekvenciou.



Obr. 4.41.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1998 – 2016) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Bratislava-Železná studnička (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1998 – 2016).

1.4.42. 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. 4.42.1).



Obr. 4.42.1. Situovanie stanovíšť 2 a 3 na lokalite Pezinská Baba na meranie mikromorfologických zmien povrchu horniny na svahu odrezu cesty

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Podobne ako i v prípade ostatných lokalít, na ktorých sú monitorovacie aktivity zamerané predovšetkým na merania mikromorfologických zmien, boli posledné merania realizované v roku 2016, ako aj v roku 2017 (dva termíny merania – jarný a jesenný). V roku 2017 bola pozornosť venovaná zberu a analýze klimatologických ukazovateľov. Súhrnný prehľad monitorovacích aktivít, realizovaných v rokoch 2016 a 2017, je zhrnutý v tab. 4.42.1.

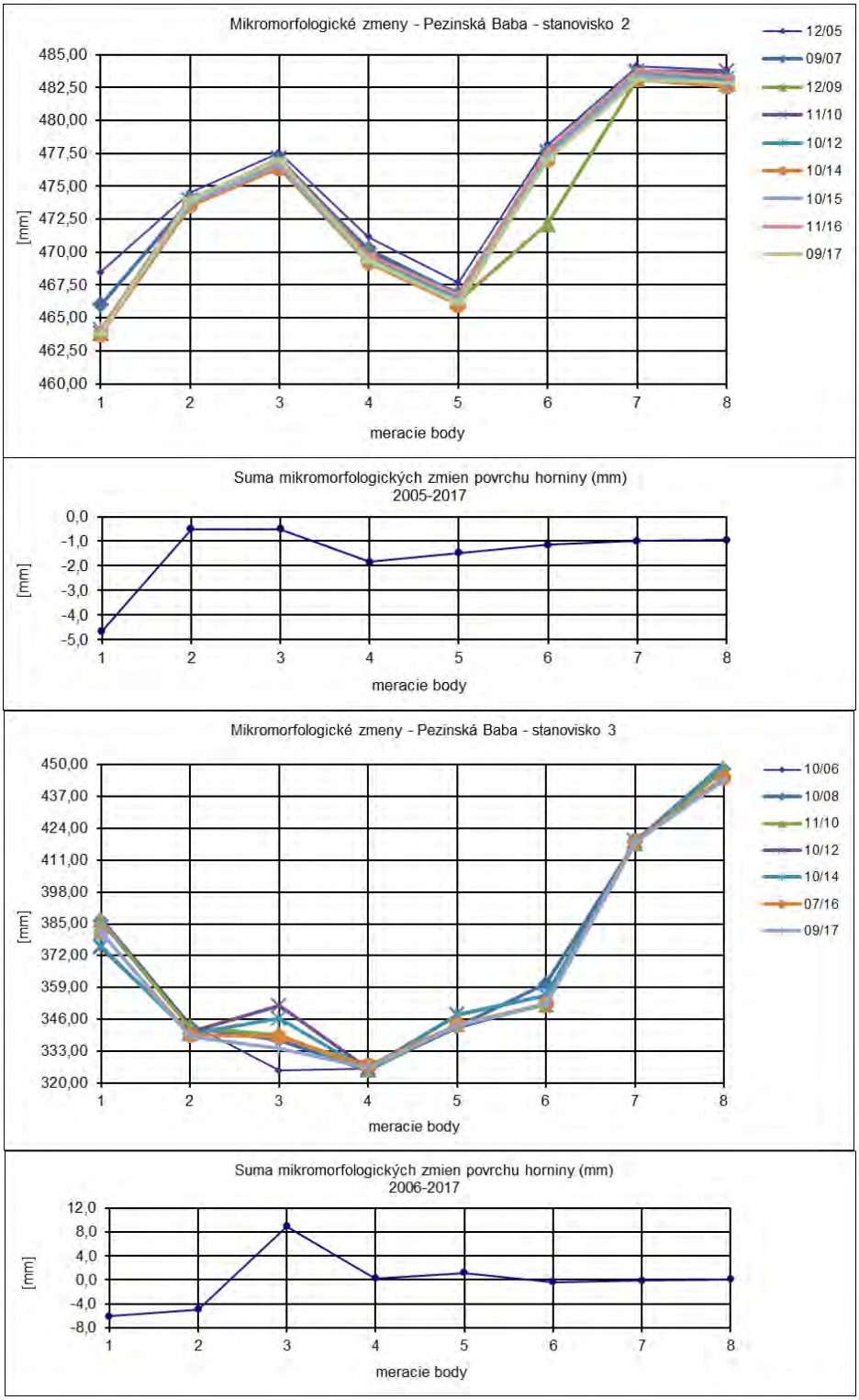
Tab. 4.42.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Pezinská Baba v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	Rok 2016	Rok 2017
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	16	2 stanovištia MZ	1 *(24. novembra, PII 13. júla, PIII)*	2 *(12. apríla a 11. septembra)*
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 2016 a 2017 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V rokoch 2016 a 2017 sa uskutočnil vždy 1 cyklus meraní zmien povrchu skalnej steny pomocou meradla mikromorfologických zmien na profiloch II a III.



Obr. 4.42.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2005/2006 – 2017) 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 – 2017).

Na profile II (obr. 4.42.2.) bol v roku 2016 v porovnaní s rokom 2015 zaznamenaný úbytok horninového masívu (-0,40 mm; x_{min} = +0,1 mm, x_{max} = -0,76 mm). Tento vývoj signalizuje odlupovanie pozdĺž plôch bridličnatosti. Priemerná hodnota ročného úbytku za celé sledované obdobie (12 rokov) predstavuje -0,12 mm. Celkový priemerný úbytok na profile II je -1,51 mm.

V porovnaní s rokom 2016 bola zaznamenaná výraznejšia zmena v konfigurácii profilu III. V bode 3 toho profilu došlo k výraznému úbytku -4,80 mm, v bode 8 -1,12 mm, čo signalizuje odlúpnutie väčšieho fragmentu. V rámci celého profilu III priemerná hodnota ústupu masívu v porovnaní s rokom 2016 dosiahla -1,1 mm. Ročný priemerný úbytok na tomto stanovišti predstavuje hodnotu -0,015 mm a priemerný úbytok za celé monitorované obdobie (11 rokov) hodnotu -0,15 mm (obr. 4.42.2.). 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

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Pernek (indikatív 16180) v roku 2016 dosiahol bol 734,5 mm.

Počet mrazových dní v zime 2015/2016 bol 71 (stanica Modra-Piesok, indikatív 11833), v zimnom období 2016/2017 ich počet výrazne stúpol na 87, čo je o 16 viac oproti predchádzajúcemu zimnému obdobiu.

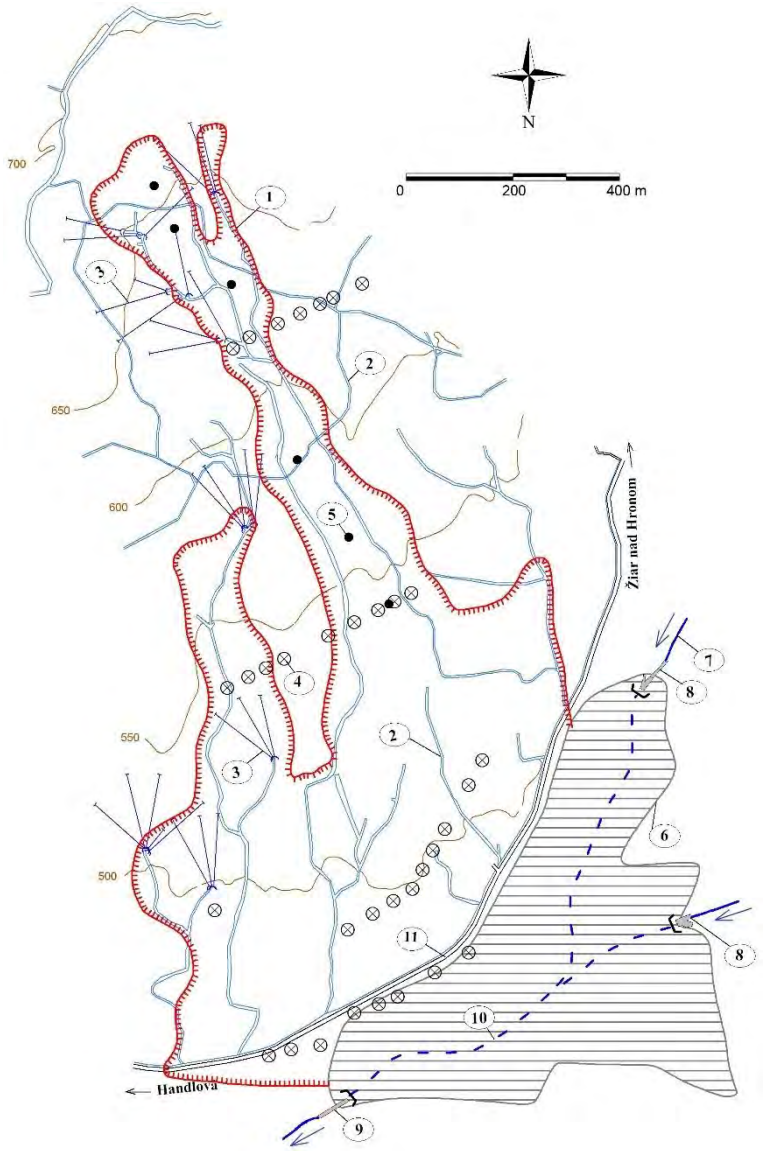
Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Vzhľadom na priamy kontakt skalnej steny odrezu s frekventovanou cestnou komunikáciou, ktorá je na viacerých úsekoch postihnutá aj zosúvaním, považujeme za potrebné v roku 2018 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.

1.4.43. Lokalita Stabilizačný násyp Handlová

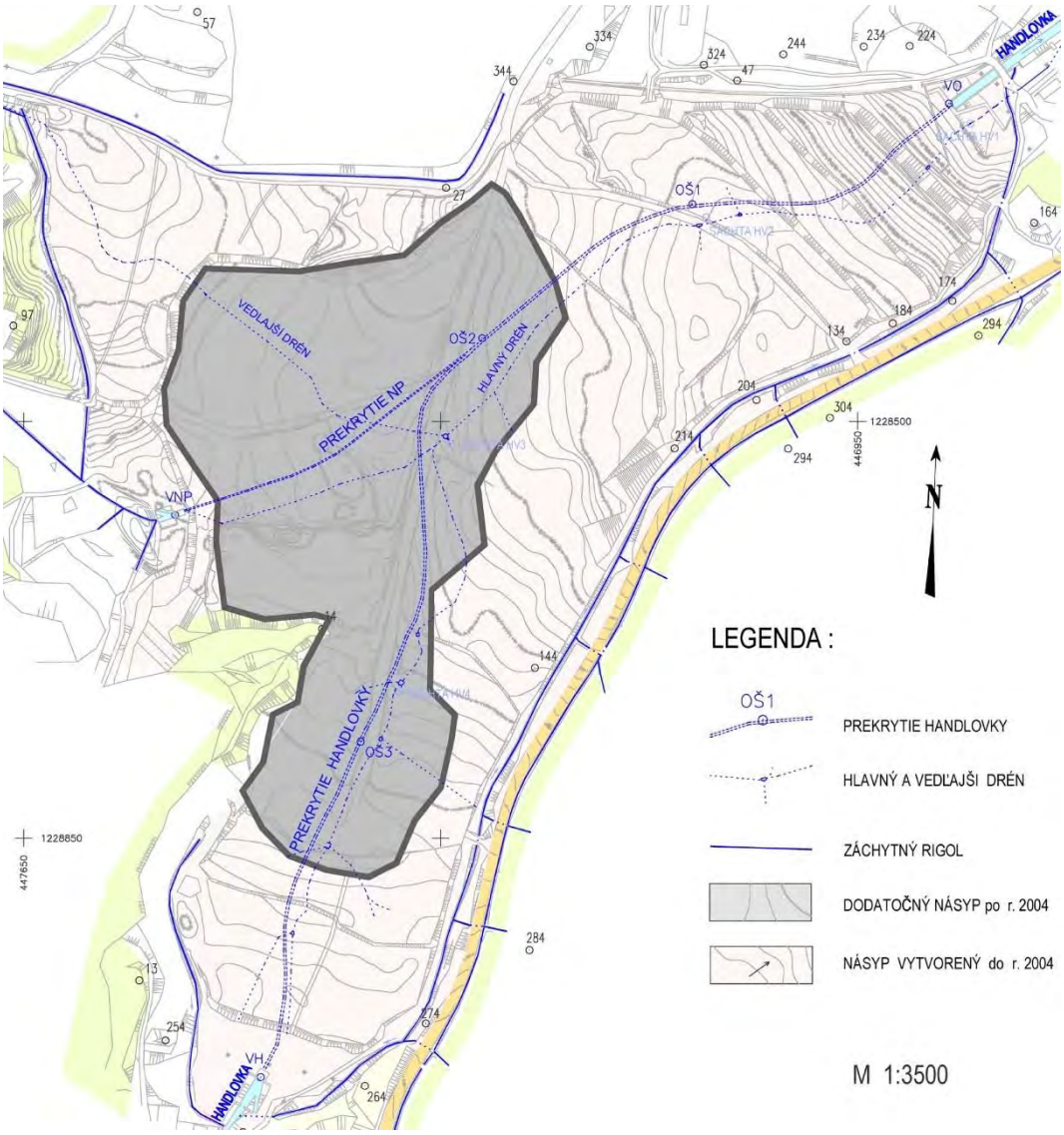
Stručná charakteristika lokality

Po katastrofálnom zosuve na východnom svahu rieky Handlovky, ktorý vznikol v decembri 1960 a viackrát sa aktivizoval, a po preukázaní nestability ďalších úsekov svahov na obidvoch brehoch Handlovky, vznikla nutnosť stabilizácie celého územia v priestore pod Svetlým vrchom. Ako najvhodnejšie opatrenie bola vybraná realizácia Stabilizačného násypu, ktorý sa po preložení vôd Handlovky a Nepomenovaného potoka do potrubia začal navážať z banskej hlušiny, vznikajúcej pri ťažbe v bani Handlová. Stabilizačný násyp (SN) rozopiera obidva zosuvné svahy a má stabilizačný účinok na prevádzku štátnej cesty I. triedy i bezpečnosť obytnej zástavby v najbližšom okolí (obr. 4.43.1).



Obr. 4.43.1. Lokalita Handlová – situovanie Stabilizačného násypu na úpätí svahu katastrofálneho zosuvu z roku 1960/1961. 1 – morfologické ohraničenie katastrofálneho zosuvu, 2 – povrchové odvodňovacie rigoly, 3 – horizontálne odvodňovacie vrty, 4 – geodetické body, 5 – inklinometrické vrty, 6 – ohraničenie telesa Stabilizačného násypu, 7 – tok rieky Handlovky, 8 – vtokové objekty Handlovky a Nepomenovaného potoka (na južnom a západnom okraji Stabilizačného násypu), 9 – výtokový objekt, 10 – umiestnenie toku Handlovky a Nepomenovaného potoka do oceľového potrubia, prekrytého Stabilizačným násypom, 11 – štátna cesta z Handlovej do Žiaru nad Hronom.

Materiál vlastného stabilizačného 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 pokračujúce ukladanie materiálu sa postupne zväčšuje (obr. 4.41.2). Žiaľ, v poslednom období dochádza k nekoordinovanému ukladaniu rôznych nevhodných materiálov v rôznych častiach násypu (obr. 4.43.3).



Obr. 4.43.2. Aktuálny stav dosypávania Stabilizačného 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 – striedajúcich sa ílovcov, prachovcov a slieňovcov. Nachádzajú sa priamo pod navážkami SN alebo pod kvartérnymi sedimentmi.



Obr. 4.43.3. Ukladanie nevhodných materiálov na západnom okraji násypu (neďaleko od vtokového objektu Nepomenovaného potoka) a vytváranie „jazier" neznámych viskóznych látok (foto Z. Nagy, 2008).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016 na lokalite Stabilizačný násyp Handlová, sú zhrnuté v tab. 4.43.1.

Tab. 4.43.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2016 a 2017

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní *(dátum merania)*	
	Počet	Označenie	2016	2017
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	12	M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3, N-4, NV-105[1)], NV-7, NV-8[1)], PV-107, PV-4	12 *(1x za mesiac)*	47 *(1x za týždeň)*
	25 v roku 2016/ 24 v roku 2017	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)]	53 *(1x za týždeň)*	52 *(1x za týždeň)*
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	*Denné úhrny zrážok*	

[1)] na týchto objektoch boli v priebehu roku 2017 režimové pozorovania prerušené
[2)] objekt bol vyradený z meraní z dôvodu nefunkčnosti

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

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite je na sledovanie režimových ukazovateľov v súčasnosti využívaných 36 monitorovacích objektov (objekt PV-110 bol vyradený z meraní z dôvodu nefunkčnosti). Ich situovanie je znázornené na obr. 4.43.4. Väčšina objektov je monitorovaných v týždennom režime (tab. 4.43.2 a tab. 4.43.3). V roku 2015 bola na základe výsledkov dlhodobých meraní hladiny podzemnej vody vykonaná hĺbková analýza, vďaka ktorej bolo možné vykonať kvalitatívnu klasifikáciu monitorovacích objektov. Výsledky analýzy boli prezentované v správe za rok 2015 (Jelínek a Ondrejka, 2016 in Ondrejka et al., 2016).

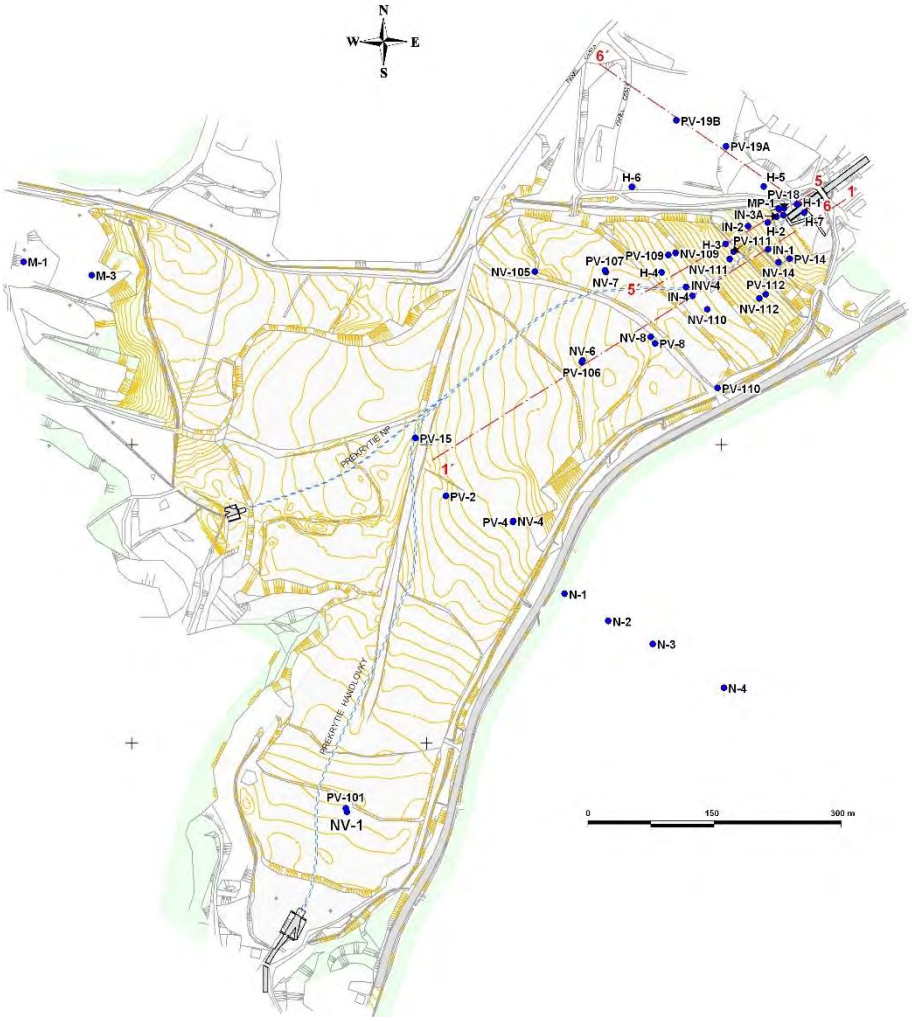
V roku 2016 boli vykonané merania v 37 vrtoch a zabezpečených bolo 53 kontrolných meraní (2. január – 30. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo

vrte N-1 (0,33 m nad terénom – 489,58 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 5. marca. Pozitívna vztlaková úroveň bola vo vrte pozorovaná aj na konci júla a začiatkom decembra. Nad terén vystúpila hladina podzemnej vody aj vo vrte N-4 5. júna (0,26 m nad terénom; 507,42 m n. m.). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale -0,33 až 17,69 m pod terénom (vrt H-6). Vyskytovali sa od 16. januára (vrt NV-14) do 22. októbra (napr. vrt H-4), výrazne však dominoval termín 5. marec. Počas tohto merania bola maximálna hladina nameraná až v 17 vrtoch. Pomerne výrazné zastúpenie maximálnych stavov bolo i počas dvoch februárových termínov meraní (13. február – maximum vo 8 vrtoch a 20. február – maximum v 4 vrtoch). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte H-6 (min. hladina podzemnej vody 18,12 m pod terénom bola nameraná dňa 2. januára). Minimálne hladiny podzemnej vody boli v jednotlivých vrtoch zaznamenávané v rôznych termínoch, prakticky počas celého roka. 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 počas januárových meraní. Ide o vrty H-4, H-6, PV-109, INV-4, PV-110, NV-7, PV-107, M-1 a NV-8. Vo väčšine vrtov sa ale vyskytovali v letnom a jesennom období, najčastejšie 1. októbra. V roku 2016 bolo v 2 vrtoch pozorované, že podzemné vody klesli pod úroveň dna vrtu – vrty boli teda suché (počas 2 meraní, vrty H-4 a PV-109).

Tab. 4.43.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2016

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.]	
H-1	53	1,92	452,97	13.02.16	4,99	449,90	15.10.16	4,35	450,54	3,07
H-2	53	8,98	452,49	05.03.16	9,72	451,75	09.07.16	9,50	451,97	0,74
H-3	53	5,73	464,07	13.02.16	8,47	461,33	13.08.16	6,55	463,25	2,74
H-4	53	13,81	464,24	22.10.16	15,55	462,50	02.01.16	14,25	463,80	1,74
H-5	53	2,31	458,53	20.02.16	7,95	452,89	15.10.16	6,53	454,31	5,64
H-6	53	17,69	456,63	12.06.16	18,12	456,20	02.01.16	17,79	456,53	0,43
H-7	53	2,92	451,06	13.02.16	4,17	449,81	20.08.16	3,84	450,14	1,25
IN-1	53	4,86	458,20	13.02.16	7,02	456,04	06.08.16	6,34	456,72	2,16
IN-2	53	2,01	461,12	13.02.16	2,59	460,54	23.07.16	2,37	460,76	0,58
IN-3A	53	8,15	452,45	05.03.16	8,78	451,82	02.01.16	8,56	452,04	0,63
IN-4	53	10,32	466,76	12.03.16	17,19	459,89	15.10.16	13,27	463,81	6,87
INV-4	53	12,09	465,02	05.03.16	13,30	463,81	09.01.16	12,79	464,32	1,21
M-1	12	1,23	515,50	05.03.16	4,05	512,68	02.04.16	3,22	513,51	2,82
M-2	12	0,08	539,77	05.03.16	2,17	537,68	01.10.16	1,05	538,80	2,09
M-3	12	1,56	506,33	05.03.16	2,83	505,06	01.10.16	2,08	505,81	1,27
MP-1	53	2,41	457,64	13.02.16	2,54	457,51	09.07.16	2,49	457,56	0,13
N-1	12	-0,33	489,58	05.03.16	0,41	488,84	01.10.16	0,17	489,08	0,74
N-2	12	0,63	494,92	05.03.16	2,15	493,40	01.10.16	1,44	494,12	1,52
N-3	12	0,27	498,49	05.03.16	1,92	496,84	02.07.16	1,06	497,70	1,65
N-4	12	-0,26	507,42	05.06.16	2,70	504,46	02.07.16	1,03	506,14	2,96
NV-105	12	10,50	474,49	05.03.16	11,19	473,80	01.10.16	10,77	474,23	0,69
NV-109	53	8,15	469,03	20.02.16	8,36	468,82	01.10.16	8,27	468,91	0,21
NV-110	53	3,54	473,53	22.10.16	12,90	464,17	15.10.16	9,43	467,64	9,36
NV-111	53	8,38	462,00	13.02.16	9,08	461,30	07.05.16	8,94	461,44	0,70
NV-112	53	9,34	461,78	05.03.16	9,70	461,42	15.10.16	9,60	461,52	0,36
NV-14	53	6,84	456,15	16.01.16	7,28	455,71	09.07.16	6,95	456,04	0,44
NV-7	12	15,71	466,70	05.03.16	17,19	465,22	30.01.16	16,54	465,87	1,48
NV-8	12	10,02	473,25	05.03.16	11,83	471,44	02.04.16	11,17	472,10	1,81
PV-107	12	14,00	468,35	05.03.16	17,29	465,06	30.01.16	16,42	465,93	3,29
PV-109	53	7,83	469,21	20.02.16	10,21	466,83	02.01.16	8,62	468,42	2,38
PV-110	53	4,46	472,55	22.10.16	10,22	466,79	09.01.16	6,71	470,30	5,76
PV-111	53	7,90	462,07	05.03.16	8,64	461,33	16.07.16	8,30	461,67	0,74
PV-112	53	9,30	460,97	05.03.16	12,39	457,88	15.10.16	11,11	459,16	3,09
PV-14	53	3,21	458,60	22.10.16	4,37	457,44	16.07.16	3,99	457,82	1,16
PV-19A	53	0,47	466,42	13.02.16	13,93	452,96	08.10.16	11,10	455,79	13,46
PV-19B	53	0,17	474,69	20.02.16	8,02	466,84	30.07.16	3,58	471,28	7,85
PV-4	12	6,72	484,26	05.03.16	9,49	481,49	01.10.16	9,12	481,86	2,77

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 7,55 m pod terénom, čo bol oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,61 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,17 (vrt N-1) do 17,79 m pod terénom (vrt H-6). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte PV-19A (13,46 m). Najmenšie zmeny boli zas pozorované vo vrte MP-1, a to len 0,13 m. Podobné nízke hodnoty kolísania boli pozorované aj vo vrtoch NV-109, NV-112, H-6, NV-14, IN-2, IN-3A, NV-105, NV-111, H-2, N-1 a PV-111. Amplitúda v týchto vrtoch sa pohybovala v rozsahu od 0,21 – do 0,74 m.



Obr. 4.43.4. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp. Situácia piezometrických vrtov na meranie hĺbky hladiny podzemnej vody.

V aktuálne hodnotenom roku 2017 sa pokračovalo v meraniach v 36 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 – 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) až 17,84 m pod terénom (vrt H-6). Vyskytovali sa prevažne v zimných mesiacoch, ale tiež počas 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 dňa 4. februára). Minimálne hladiny podzemnej vody boli v jednotlivých vrtoch zaznamenávané v zimných mesiacoch (najmä na začiatku roku 2017), ale veľmi výrazne aj v septembri a októbri 2017. 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 (podobne ako v roku 2016) počas januára a februára 2017, ale tieto minimálne stavy sa v sledovanom roku vyskytli vo väčšej miere tiež 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. Na porovnanie, v roku 2016 boli suché 2 vrty počas dvoch týždenných meraní.

Tab. 4.43.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp 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.]	
H-1	52	2,98	451,91	30.12.17	5,26	449,63	07.10.17	4,68	450,21	2,28
H-2	52	9,11	452,36	18.03.17	9,76	451,71	15.09.17	9,48	451,99	0,65
H-3	52	5,83	463,97	29.04.17	8,91	460,89	15.09.17	6,96	462,84	3,08
H-4	6	14,19	463,86	07.01.17	14,20	463,85	28.01.17	14,19	463,86	0,01
H-5	52	2,59	458,25	11.03.17	8,05	452,79	21.10.17	6,42	454,42	5,46
H-6	6	17,84	456,48	07.01.17	17,87	456,45	04.02.17	17,86	456,46	0,03
H-7	52	2,86	451,12	30.12.17	4,57	449,41	09.09.17	4,01	449,97	1,71
IN-1	52	4,93	458,13	16.12.17	7,18	455,88	15.09.17	6,37	456,69	2,25
IN-2	6	2,37	460,76	11.02.17	2,46	460,67	04.02.17	2,41	460,72	0,09
IN-3A	52	8,17	452,43	18.03.17	9,12	451,48	09.12.17	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	30.09.17	12,77	464,34	1,13
M-1	47	0,08	516,65	25.02.17	5,18	511,55	14.10.17	3,53	513,20	5,10
M-2	47	0,06	539,79	25.02.17	2,91	536,94	21.10.17	1,43	538,42	2,85
M-3	47	1,44	506,45	25.02.17	3,91	503,98	21.10.17	2,46	505,43	2,47
MP-1	6	2,49	457,56	07.01.17	2,50	457,55	14.01.17	2,50	457,56	0,01
N-1	47	-0,36	489,61	25.02.17	1,06	488,19	09.09.17	0,31	488,94	1,42
N-2	47	0,83	494,72	11.03.17	2,69	492,86	15.09.17	1,75	493,80	1,86
N-3	47	0,21	498,55	25.02.17	2,50	496,26	09.09.17	1,34	497,42	2,29
N-4	47	0,26	506,90	25.02.17	4,42	502,74	30.09.17	1,88	505,28	4,16
NV-105	1	11,15	473,84	04.02.17	11,15	473,84	04.02.17	11,15	473,84	0,00
NV-109	6	8,24	468,94	07.01.17	8,25	468,93	28.01.17	8,25	468,94	0,01
NV-110	52	3,53	473,54	29.04.17	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	15.07.17	8,91	461,47	0,43
NV-112	52	9,51	461,61	01.04.17	9,85	461,27	23.12.17	9,70	461,42	0,34
NV-14	6	6,84	456,15	07.01.17	6,84	456,15	07.01.17	6,84	456,15	0,00
NV-7	47	15,99	466,42	29.04.17	16,69	465,72	04.02.17	16,19	466,22	0,70
NV-8	1	11,79	471,48	04.02.17	11,79	471,48	04.02.17	11,79	471,48	0,00
PV-107	47	14,54	467,81	29.04.17	17,14	465,21	02.12.17	15,92	466,43	2,60
PV-109	52	8,31	468,73	11.03.17	8,87	468,17	09.09.17	8,55	468,49	0,56
PV-111	52	7,93	462,04	16.12.17	8,86	461,11	12.08.17	8,36	461,61	0,93
PV-112	52	9,27	461,00	18.11.17	12,61	457,66	30.09.17	11,09	459,18	3,34
PV-14	52	3,26	458,55	29.04.17	4,67	457,14	15.09.17	4,10	457,71	1,41
PV-19A	6	12,90	453,99	07.01.17	13,68	453,21	04.02.17	13,40	453,49	0,78
PV-19B	6	1,27	473,59	11.02.17	1,50	473,36	04.02.17	1,39	473,48	0,23
PV-4	47	5,76	485,22	29.04.17	9,58	481,40	15.09.17	9,11	481,87	3,82

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2017 hĺbku 7,68 m pod terénom, čo je o 0,13 m hlbšie ako v roku 2016. 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. 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.

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2017 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2003 do 2016) vyplýva, že dlhodobé maximá boli prekročené v 2 vrtoch (H-7 – 2,86 m pod

terénom – 451,12 m n. m., M-1 – 0,08 m pod terénom – 516,65 m n. m.). Tieto maximálne hodnoty boli namerané počas zimného obdobia (február, resp. december 2017).

e/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Výdatnosti na Hlavnom odvodňovacom dréne sa v roku 2017 merali s týždennou frekvenciou. Najnižšia hodnota 135,60 $l.min^{-1}$ bola nameraná 15. septembra a najvyššia hodnota 1015,20 $l.min^{-1}$ bola nameraná 30. decembra. Priemerná hodnota výdatnosti za sledované obdobie bola 419,48 $l.min^{-1}$.

e/ Merania zrážkových úhrnov

Hodnotenie zrážkových úhrnov zo zrážkomernej stanice Handlová je analogické ako pri lokalite 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-bezpečnostný 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 2017. Hodnoty výdatnosti sa pohybovali na úrovni priemeru za obdobie rokov 2008 až 2010.

V území Stabilizačného násypu pracovníci ŠGÚDŠ pravidelne mesačne sledujú stav najdôležitejších objektov vodnej stavby. Informácie o aktuálnom stave, ale najmä vzniknutých zmenách, predkladajú raz mesačne poverenému zamestnancovi spoločnosti Vodohospodárska výstavba, š. p.

Pri hodnotení hladín podzemnej vody sledovaných v piezometroch možno konštatovať, že v roku 2017 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k nepatrnému zostupu (o 0,13 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, čo signalizuje ich starnutie – zanášanie, ale aj nevhodné vystrojenie. Tieto skutočnosti boli podrobne opísané v hodnotení režimových ukazovateľov na Stabilizačnom 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 Stabilizačného násypu, ktorá sa zanáša prívalovým bahnom z násypu a jej funkčnosť sa tým podstatne znižuje.

2. ZÁVER

V rámci podsystému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2015 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 2015 monitorovalo 43 lokalít. V roku 2016 sme prerušili monitorovacie aktivity na štyroch zosuvných lokalitách (Lenartov, Lukov, Košice-Dargovských hrdinov a Lipovník). 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.

Hlavné výsledky monitorovania svahových pohybov v roku 2017

Lokality zo skupiny zosúvania sa monitorovali súborom metód zaznamenávajúcich posuny alebo deformácie meraných objektov (metódy geodetické a inklinometrické, diaľkový prieskum Zeme – PSInSAR) a stav najdôležitejších zosuvotvorných faktorov (režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení). Okrem tradičných spôsobov merania hladiny podzemnej vody, vykonávaných pozorovateľmi, boli v roku 2017 na 13 lokalitách zabezpečené merania automatickými hladinomermi. V závere roka 2016 bolo v prevádzke 21 automatických hladinomerov, ktoré zaznamenávajú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody kontinuálne (s frekvenciou 1 hodina).

Pri opise výsledkov monitorovacích meraní v skupine svahových pohybov charakteru zosúvania kladieme najväčší dôraz na hodnotenie stability monitorovaného územia. Tento stav najlepšie dokumentujú merania pohybovej aktivity. Ide o merania inklinometrické (v roku 2017 boli aplikované na 22 lokalitách), geodetické (metódy: terestrická a GNSS; v roku 2017 boli aplikované na 4 lokalitách) a technológiu InSAR, ktorá bola v roku 2017 aplikovaná na 2 lokalitách. Na základe výsledkov aplikovaných metód monitorovania v roku 2017 možno jednotlivé zosuvné lokality účelovo rozdeliť do viacerých kategórií (pri hodnotení sa z praktických dôvodov opierame o výsledky inklinometrických meraní, ktoré podávajú priamy obraz o pohybovej aktivite na úrovni šmykovej plochy a zároveň touto metódou pokrývame monitoring pohybovej aktivity na značnej časti zosuvov).

Extrémne vysoká pohybová aktivita bola sledovaná na zosuvoch v katastrálnych územiach obcí Prievidza-Hradec, Prešov-Horárska ul. a Nižná Myšľa.

Za extrémne prejavy pohybovej aktivity považujeme stav, pri ktorom dochádza vplyvom svahového pohybu ku kritickej deformácii monitorovacieho objektu. V roku 2017 bolo takéto porušenie pozorované napr. v inklinometrickom vrte IGP-10i v mestskej časti Prievidza-Hradec. Ide o aktívne zosuvné územie v oblasti ulice Na Stanište. Vrt sa nachádza v tesnom kontakte so stavebnými objektmi IBV. Porušeniu vrtu, ktoré bolo zaznamenané počas novembrovej etapy, predchádzali mimoriadne vysoké deformácie i v minulosti; naposledy 31. marca 2017, kedy nameraná deformácia dosiahla hodnotu 16,04 mm (35,37 mm.rok^{-1}). Za obdobie monitorovania bola zaznamenaná priemerná rýchlosť 24,76 mm.rok^{-1}. Hĺbka aktívnej šmykovej plochy sa nachádza 6,43 m pod terénom. Pohybová aktivita v tomto horizonte je sledovaná aj vo vrte IGH-5i, ktorý podobne ako vrt IGP-10i vykazuje extrémne vysoké hodnoty pohybovej aktivity. V apríli 2017 bola na pozorovanej šmykovej ploche nameraná deformácia 83,63 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 142,38 mm.rok^{-1}. Počas nasledujúcich kontrolných meraní sa však stabilitná situácia upokojila. V októbri nameraná deformácia dosahovala už len 4,24 mm (9,61 mm.rok^{-1}) a v decembri klesla na 0,78 mm (4,39 mm.rok^{-1}).

V oblasti Pavlovskej ulice je stabilitná situácia priaznivejšia. Deformácie na šmykových plochách, pozorované v inklinometrických vrtoch, neprekročili 3,5 mm.

Na základe výsledkov DPZ technológiou InSAR je územie mestskej časti možné rozdeliť na stabilnú a nestabilnú oblasť. Relatívne stabilne sa prejavuje relatívne úzky, morfologicky odlišný pás, v severnej až severovýchodnej časti obce. Zvyšná časť obce je nestabilná. Najproblematickejšie sú však kontaktné zóny stabilných a pohybovo aktívnych častí. V týchto územiach dochádza k deštrukčným poruchám na stavebných objektoch.

Ďalším zosuvným územím, v ktorom bola zaznamenaná kritická deformácia, je lokalita Prešov-Horárska ul. V minulosti bola stabilitná situácia hodnotená ako relatívne uspokojivá. Priebeh šmykových plôch bol nevýrazný a azimuty vektorov nejednoznačné. V roku 2017 sa situácia rapídne zmenila. V prvej polovici decembra bola vo vrte JH-3A zaznamenaná nepriechodnosť, súvisiaca s „ustrihnutím" inklinometrickej pažnice. Deformácia nameraná vo vrte JH-4A naznačuje nárast pohybovej aktivity (v hĺbke 2,28 m pod terénom bola nameraná deformácia 3,88 mm; 3,93 mm.rok^{-1}). V ostatných vrtoch nepresiahla deformácia 0,5 mm.

Na lokalite Nižná Myšľa bola na rozdiel od predchádzajúcich rokov najvyššia deformácia nameraná v oblasti vrtu INK-22. Vrt sa nachádza na Obchodnej ulici priamo v oblasti pod kostolom. V období od 10. novembra 2016 do 19. apríla 2017 bola v hĺbke 4,56 m pod terénom zaznamenaná deformácia 41,02 mm (93,58 mm.rok^{-1}). Celková deformácia v tomto vrte za celé obdobie monitorovania (august 2012 – apríl 2017) dosiahla 46,15 mm, teda 9,82 mm.rok^{-1}. Počas kontrolného merania v prvej polovici novembra bol sledovaný „mierny pokles" deformácie, a to na úroveň 9,01 mm (16,08 mm.rok^{-1}).

Podobne ako v predchádzajúcich rokoch vysoká pohybová aktivita pretrvala i v oblasti nad základnou školou. Vo vrte INK-53 bola v apríli (10. november 2016 – 19. apríl 2017) zaznamenaná deformácia 13,20 mm (v hĺbke 3,19 m pod terénom), čo predstavuje priemernú rýchlosť 30,11 mm.rok^{-1} (dlhodobá priemerná rýchlosť dosiahla 15,54 mm.rok^{-1}). Počas aprílovej etapy boli vysoké deformácie namerané aj vo vrte INM-2 (v hĺbke 11,28 m pod terénom bola nameraná deformácia 11,13 mm – 25,39 mm.rok^{-1}), ktorý sa nachádza v južnej časti Obchodnej ul.

Počas jarného merania však prevládali hodnoty deformácií do 2 mm (vrty INK-24A – 1,99 mm, INK-44, INM-5, INK-12, INK-43, INK-42 – 0,64 mm). O niečo vyššie deformácie boli pozorované vo vrtoch INK-34 – 4,40 mm (10,04 mm.rok^{-1}), INK-32 – 2,30 mm (5,25 mm.rok^{-1}), INK-52 – 2,28 mm (5,20 mm.rok^{-1}). Následne počas novembrového merania sa preukázal priaznivý stabilitný vývoj. V 9 vrtoch boli zaznamenané deformácie v rozsahu od 0,32 do 1,53 mm. Zvýšené hodnoty boli už len v spomenutom vrte INK-22 a vo vrtoch INM-5 – 5,58 mm (9,96 mm.rok^{-1}) a INK-52 – 4,07 mm (7,27 mm.rok^{-1}).

Technológiou InSAR bola preukázaná priaznivá stabilitná situácia väčšej časti obce. Žiaľ, v spomenutých najaktívnejších oblastiach – nad školou a v južnej časti obce absentujú spoľahlivé odrazné body, ktoré by dokázali detekovať pohybovú aktivitu zosuvného telesa.

V zosuvnom území naďalej prevládajú veľmi nízke výdatnosti odvodňovacích vrtov, ktoré by pritom mali predstavovať jedno z hlavných sanačných opatrení. Väčšina z 37 odvodňovacích vrtov je dlhodobo suchá, resp. odvádza podzemnú vodu len v minimálnej miere, pravda, rok 2017 bol z hľadiska atmosférických zrážok podpriemerný (stanica SHMÚ Košice-letisko).

Druhú kategóriu predstavujú zosuvy, na ktorých boli namerané mimoriadne vysoké hodnoty pohybovej aktivity (deformácie na sledovaných šmykových plochách nad 10 mm). V roku 2017 bolo do tejto skupiny možné zaradiť len zosuvné územie Handlová-Morovnianske sídlisko. Na tejto lokalite sú od roku 2015 zabezpečované inklinometrické merania v dvoch samostatne sa stabilitne vyvíjajúcich územiach. Ako mimoriadne aktívne sa v roku 2017 prejavilo územie nad železničným oblúkom. Od začiatku októbra 2017 do polovice decembra 2017 (75 dní) došlo vo vrte AH-2 v hĺbke 7,28 m pod terénom k deformácii 11,20 mm (55,19 mm.rok^{-1}). Vrt je vystrojený stacionárnym inklinometrom, avšak sonda sa v čase vzniku deformácie nachádzala v inej hĺbke – na úrovni predpokladanej šmykovej plochy. Na základe

získaných výsledkov plánujeme v roku 2018 stacionárnu sondu situovať do úrovne aktívnej šmykovej plochy.

V minulosti boli vysoké deformácie pozorované v oblasti Jánošíkovej ulice. V roku 2017 deformácie na sledovanej šmykovej ploche v jedinom inklinometrickom vrte počas troch etáp meraní oscilovali okolo hodnoty 3 mm (od 2,77 do 3,19 mm; od 5,74 do 13,78 mm.rok^{-1}).

Do ďalšej skupiny zosuvných lokalít, ktoré možno z hľadiska hodnotenia pohybovej aktivity označiť ako veľmi aktívne, zaraďujeme svahové deformácie v katastrálnych územiach Vyšná Hutka, Kraľovany, Červený Kameň a Veľká Čausa. Namerané deformácie na uvedených lokalitách minimálne počas jednej etapy prekročili hranicu 5 mm.

V obci Vyšná Hutka bola najväčšia pohybová aktivita zaznamenaná vo vrte VHI-1A počas novembrového kontrolného merania. V hĺbke 4 m od ústia pažnice dosiahla hodnotu 9,82 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 16,37 mm.rok^{-1} (dlhodobá deformácia pozorovaná v tomto horizonte od 7. októbra 2014 predstavuje 64,55 mm; 20,75 mm.rok^{-1}). O niečo nižšia hodnota deformácie bola nameraná pri jarnom meraní (6,07 mm; 18,57 mm.rok^{-1}).

Vo vrte VHI-3, ktorým je dlhodobo sledovaný aktívny svahový pohyb v oblasti Mikovho majera, bol počas novembrového merania nameraný vektor 4,91 mm (8,18 mm.rok^{-1}; v hĺbke 5,51 m pod terénom). Pri pravidelnej obhliadke zosuvného územia boli v blízkosti vrtu pozorované stavebné práce. Uvedená aktivita môže do určitej miery vplývať na samotnú stabilitu územia, ale predovšetkým ide o nevhodný výber územia pre stavebno-investičný zámer. V tejto súvislosti bolo obecné zastupiteľstvo oboznámené o výsledkoch z monitorovacích meraní.

Deformácie nad dva milimetre boli počas oboch realizovaných etáp pozorované vo vrte VHI-1. V ostatných vrtoch vektory deformácie dosiahli hodnoty od 0,5 do 1,34 mm (1,53 – 4,06 mm.rok^{-1}).

V lome v katastri obce Kraľovany došlo v roku 2016 ku kritickej deformácii vo vrte V2-INK; v roku 2017 sa teda pokračovalo v meraniach na zúženej monitorovacej sieti. Najvyššia deformácia s hodnotou 7,42 mm (7,40 mm.rok^{-1}) bola nameraná 10. októbra vo vrte V3-INK. V tomto vrte s 50 m hĺbkou sa počas štvorročného obdobia vyvinulo viacero deformačných zón. Uvedené hodnoty deformácie pochádzajú z hĺbky 7 m pod terénom. Výsledná deformácia v aktívnom horizonte, sledovaná od júla 2014, aktuálne dosiahla vektor 48,93 mm (15,18 mm.rok^{-1}). Vo V6-INK boli zabezpečené v roku 2017 tri etapy meraní. Vektor s najvyššou hodnotou bol nameraný 5. októbra v hĺbke 5,04 m pod terénom (3,30 mm; 6,41 mm.rok^{-1}; podobná hodnota deformácie bola v pozorovanej hĺbke nameraná aj na prelome marca a apríla). Dlhodobým pozorovaním daného horizontu (od 10. októbra 2014) bola zaznamenaná deformácia 117,92 mm, čo pri prepočítaní na priemernú rýchlosť predstavuje 39,43 mm.rok^{-1}. Deformácie nad 2 mm boli namerané aj vo vrte V4-INK. Geodetickými metódami boli najväčšie posuny namerané na bodoch R-3 (posun 51,406 mm; čo predstavuje priemernú rýchlosť 54,386 mm.rok^{-1}) a pilier 640, ktorý sa nachádza v centrálnej časti zosuvného územia (posun 32 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 33,86 mm.rok^{-1}).

V obci Červený Kameň boli v roku 2017 zabezpečené dve etapy meraní. Počas prvej – októbrovej etapy bola v inklinometrickom vrte KIN-1 v hĺbke 2,64 m pod terénom nameraná deformácia 6,04 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 7,24 mm.rok^{-1}. Dlhodobá deformácia, pozorovaná od 7. októbra 2014, dosiahla 44,40 mm, teda priemerná rýchlosť pohybu je 14,81 mm.rok^{-1}.

V obci Veľká Čausa je možné v posledných rokoch sledovať zmeny stabilitného stavu. Najvyššia pohybová aktivita bola geodetickými meraniami stanovená, podobne ako v predchádzajúcom období, v západnej časti obce nad poľnohospodárskym družstvom (bod P2). V roku 2017 bola na inklinometrických vrtoch zabezpečená jedna, v prípade vrtu VČ-1 dve etapy meraní. Z výsledkov vyplýva zvýšená pohybová aktivita vo vrtoch VČ-1, VČ-9 a VE-4 (vektory v rozsahu 4,41 až 5,34 mm; 5,54 až 5,82 mm.rok^{-1}). Uvedené inklinometrické

vrty sa nachádzajú v centrálnej časti zosuvu. V súvislosti s inklinometrickými meraniami treba poznamenať, že v najaktívnejších častiach sú vrty poškodené samotným zosuvným pohybom. Zosuvné územie má dlhodobé problémy s odvádzaním povrchových vôd. Vybudované odvodňovacie rigoly v dôsledku starnutia (zarastania vegetáciou) prestali plniť svoju funkciu a v súčasnosti prispievajú k infiltrácii povrchových vôd do zosuvného prostredia. Na tieto skutočnosti dlhodobo, žiaľ bezvýsledne, upozorňujeme obecné zastupiteľstvo.

Podobne, ako v obci Vyšná Hutka, i tu prebieha výstavba rodinných domov v území potenciálne náchylnom na zosúvanie. Vysokú náchylnosť územia dokumentuje séria aktivizácií zosuvu nad južnou časťou obce v rokoch 1969, 1974 až 1975, 1985 a naposledy na jar roku 1995. Na túto znepokojujúcu skutočnosť sme upozornili zástupcov obce a sekciu geológie a prírodných zdrojov Ministerstva životného prostredia SR.

Na lokalite Fintice je pohybová aktivita sledovaná geodetickými (GNSS) meraniami. V porovnaní s výsledkami z predchádzajúcej etapy došlo v roku 2017 k miernemu nárastu posunov. Polohové zmeny boli namerané v bodoch P-1 a P-5. V bode P-1 bol v polohovom smere nameraný posun 20,27 mm, čo predstavuje rýchlosť 21,32 mm.rok^{-1}; vo vertikálnom smere bol zaznamenaný vzostup o 15,1 mm (15,88 mm.rok^{-1}). V bode P-5 bola polohová zložka pohybu prakticky identická ako v bode P-1 a vo vertikálnom smere bol pozorovaný vzostup o 7,0 mm. Najmenší pohyb bol zaznamenaný v bode P-3 (12,1 mm v polohovom smere). Na lokalite bol monitoring režimových ukazovateľov zabezpečovaný automatickými hladinomermi, ktoré však boli postupne poškodené; naposledy v letnom období 2017, pravdepodobne po zásahu bleskom.

Kategóriu lokalít, na ktorých boli v roku 2017 zaznamenané deformácie v intervale od 2 do 5 mm, predstavujú zosuvné územia Kapušany, Prievidza-Veľká Lehôtka, Hodruša-Hámre, Svätý Anton, Ďačov a Prešov-Pod Wilec Hôrkou. Na mnohých z týchto lokalít boli v minulosti namerané hodnoty, ktoré presahovali hranicu 10 mm, a teda aktuálny vývoj stabilitného stavu na uvedených lokalitách je možné hodnotiť prevažne pozitívne.

V súčasnosti v rámci tejto skupiny boli najvyššie hodnoty deformácie namerané na lokalite Kapušany, a to vo vrtoch INK-10 (4,20 mm; 8,43 mm.rok^{-1}) a INK-7 (3,09 mm; 6,44 mm.rok^{-1}). Deformácie nad 2 mm boli namerané i vo vrte INK-3 (2,52 mm; 5,06 mm.rok^{-1}). Spomenuté vrty sa nachádzajú v západnej časti zosuvného územia. Zvýšené hodnoty pohybovej aktivity na šmykových plochách boli namerané len počas jesennej etapy, počas jarného kontrolného merania nepresiahli 1,5 mm.

Druhá najvyššia aktivita v rámci uvedenej skupiny bola nameraná na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka. Deformácie v intervale od 2,06 do 2,91 mm boli namerané vo vrtoch IGP-3i, IGP-4iN, IGP-7i a IGR-1i. Vrty IGP-3i, IGP-4iN a IGP-7i sa nachádzajú na Podhorskej ulici v oblasti futbalového ihriska, resp. nad ním. Vo vrte IGR-1i je monitorovaná pohybová aktivita juhozápadného svahu pod Remeselníckou ulicou.

V zosuvnom území Hodruša-Hámre je monitorovaná efektívnosť zrealizovaných sanačných opatrení v oblasti v Dolnohodrušského tajchu, v ktorom dochádza k napúšťaniu nádrže po rekonštrukcii hrádze. Z výsledkov kontrolnej meracej etapy vyplýva mierny nárast pohybovej aktivity vo vrte PS-Z1. V období od 24. októbra 2016 do 10. apríla 2017 bola v hĺbke 4,96 m pod terénom zaznamenaná deformácia 2,51 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 5,43 mm.rok^{-1}. Pri decembrovom meraní bol však pozorovaný pokles pohybovej aktivity s hodnotou 1,61 mm (2,36 mm.rok^{-1}). Vo vrte IP-2, ktorý je situovaný približne 50 m západným smerom, dosiahla maximálna hodnota deformácie 1,04 mm (2,26 mm.rok^{-1}; za obdobie: 24. október 2016 – 10. apríl 2017).

Pomerne priaznivo možno hodnotiť stabilitný vývoj v roku 2017 v oblasti vrtu INK-1 na lokalite Svätý Anton. Po pomerne výraznej deformácii na šmykovej ploche, ktorá bola zaznamenaná v máji 2016, došlo v aktuálne hodnotenom roku k poklesu pohybovej aktivity. Na zreteľne vyprofilovanej šmykovej ploche v hĺbke v hĺbke 7,70 m pod terénom bola

v polovici decembra 2017 nameraná deformácia 2,44 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,58 mm.rok^{-1}. Jarným meraním bola v rovnakej hĺbke nameraná deformácia s hodnotou len 0,45 mm (0,97 mm.rok^{-1}). O priaznivom stabilitnom stave bolo informované i MŽP SR.

Podobne, ako v prípade predchádzajúcej lokality, aj v zosuvnom území Prešov-Pod Wilec Hôrkou bolo možné v roku 2017 pozorovať priaznivý stabilitný vývoj. Deformácia na šmykovej ploche dosiahla 2 mm len vo vrte JV-4A (za obdobie od 13. decembra 2016 do 2. mája 2017; priemerná rýchlosť 5,21 mm.rok^{-1}). Na šmykových plochách v ostatných vrtoch sa namerané hodnoty deformácie pohybovali do 0,95 mm (2,47 mm.rok^{-1}).

Na lokalite Ďačov sú dlhodobo pozorované problémy so stabilitnou situáciou v oblasti vrtu DA-7. V roku 2017 boli vo vrte zabezpečené dve etapy merania. Pri jarnom meraní dosiahol vektor deformácie hodnotu 2,27 mm (5,18 mm.rok^{-1}) a pri jesennom meraní došlo k útlmu pohybu (0,94 mm; 1,96 mm.rok^{-1}). Výsledný vektor, ktorý charakterizuje celé obdobie monitoringu (7. decembra 2011 až 19. apríl 2017), dosiahol hodnotu 50,61 mm; priemerná rýchlosť je 9,42 mm.rok^{-1}. Vrt sa nachádza na severovýchodnom okraji intravilánu obce.

Poslednú skupinu lokalít tvoria zosuvné územia, na ktorých vektory deformácie, ktoré sú pozorované metódou presnej inklinometrie, nepresiahli v žiadnom vrte hranicu 2 mm. Ide o lokality Bardejovská Zábava, Handlová-zosuv z roku 1960, Nižná Hutka, Vyšný Čaj. Špeciálne postavenie v tejto skupine má lokalita Petrovany, na ktorej výsledný vektor za viac ako jednoročné obdobie predstavuje len 0,86 mm (0,82 mm.rok^{-1}).

Na lokalite Bardejovská Zábava bola pozorovaná deformácia v hĺbke 2,11 m pod terénom, ktorá postupovala po zreteľnej šmykovej ploche smerom na severovýchod. Veľkosť deformácie dosiahla 1,94 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,47 mm.rok^{-1}.

V zosuvnom území Handlová-zosuv z roku 1960 sú monitorovacie aktivity sústredené výlučne na jediný inklinometrický vrt AH-1, ktorý sa nachádza v severozápadnej časti akumulácie prúdového zosuvu (kontakt s Európskou cestou E572). Počas obdobia monitorovania (od roku 2015) nebolo možné jednoznačne určiť hĺbku šmykovej plochy. V sledovanom horizonte (na predpokladanej šmykovej ploche) boli namerané deformácie v rozsahu 0,92 až 1,36 mm (1,82 až 6,70 mm.rok^{-1}). Problematika určenia hĺbky aktívnej šmykovej plochy je kľúčová, a to z dôvodu, že vo vrte je plánované optimalizovanie hĺbky umiestnenia stacionárnej inklinometrickej sondy.

Relatívne priaznivý stabilitný vývoj bol sledovaný i na monitorovacích objektoch na zosuvnej lokalite Nižná Hutka. Len ojedinele namerané deformácie presiahli hodnotu 1 mm (vo vrtoch NHI-1 – 1,27 mm; 1,93 mm.rok^{-1} a NHI-3A – 1,98 mm; 3,73 mm.rok^{-1}; výnimku predstavuje zaznamenaná deformácia vo vrte NHI-1A, plytko pod terénom). V súvislosti s pozitívnym hodnotením tejto lokality treba však poznamenať, že aj keď namerané vektory dosahujú nízke hodnoty, v mnohých prípadoch je pohyb pozorovateľný na zreteľne vyvinutých šmykových plochách. Napríklad vo vrte NHI-2 v hĺbke 5,26 m pod terénom dosiahla dlhodobá deformácia (sledovaná od 9. októbra 2014) hodnotu 8,43 mm.

Skupinu zosuvných lokalít s priaznivým stabilitným vývojom uzatvára lokalita Vyšný Čaj. V tejto obci 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 na odvádzanie vôd zo zbernej šachy, vďaka čomu je šachta zaplavená vodou a znižuje sa celková účinnosť odvodnenia. Na tento problém upozorňujeme už od roku 2013. V tejto súvislosti boli oslovení i predstavitelia miestneho zastupiteľstva.

Na lokalite Okoličné je pohybová aktivita sledovaná len geodetickými meraniami. Zosuvné územie priamo ohrozuje železničnú trať spájajúcu mestá Žilina – Košice. V roku 2017 bolo v území zabezpečené 63. etapové meranie, z výsledkov ktorého vyplýva, že zosuvné územie sa nachádza v pomerne priaznivom stabilitnom stave. Najvyššia deformácia bola nameraná v bode P-22 (6,4 mm v polohovom smere).

Na skupine lokalít, na ktorých nie sú zabezpečené 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 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 môžeme zaradiť lokality: Handlová-Kunešovská cesta, Šenkvice, Ruská Nová Ves, Varhaňovce, Dolná Mičiná, Čirč a Slanec-TP.

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta sa stav hladiny podzemnej vody monitoruje v pravidelnej dvojtýždňovej frekvencii. Z výsledkov meraní vyplýva, že v oblasti vrtu JK-4 sa hladina podzemnej vody nachádzala pomerne plytko pod terénom. Počas 17 termínov sa jej hladina pohybovala v rozsahu od 0,92 do 0,8 m pod terénom V porovnaní s predchádzajúcim rokom však došlo len k nepatrnému stúpnutiu priemernej hĺbky hladiny v tomto vrte. V aktuálne hodnotenom roku dosiahla priemerná hodnota 0,96 m pod terénom. Najvyššie výdatnosti odvodňovacích vrtov boli dosahované na začiatku letného obdobia – 28. jún 2017 – vrt HV-3.

Na lokalite Šenkvice je hladina podzemnej vody sledovaná tromi automatickými hladinomermi. V roku 2017 boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody dosiahnuté na konci februára; v porovnaní s minulosťou boli výrazne nižšie, čo je možné pripísať vybudovaným sanačným opatreniam (odvodnenie územia stabilizačno-drenážnym rebrom). Na lokalite naďalej pretrváva problém s meraním výdatnosti hĺbkového odvodnenia, pretože do zberného potrubia je z priľahlého rodinného domu nelegálne pripojené kanalizačné potrubie s odpadovými vodami. Zberné potrubie ústi do povrchového recipientu a dochádza i k znečisťovaniu povrchových vôd. Na tento stav boli písomne upozornení predstavitelia samosprávy.

V obci Varhaňovce je zosuvom postihnutá kolónia, nachádzajúca sa vo východnej až juhovýchodnej časti obce. V postihnutom území doteraz sanačné opatrenia neboli zrealizované. Vybudovaná tu bola len sieť monitorovacích objektov. Inklinometrické vrty v dôsledku mimoriadne vysokej pohybovej aktivity dosiahli počas krátkej doby kritickú deformáciu. Väčšina piezometrických vrtov bola zničená – zapchaná odpadkami z domácností. V súčasnosti je funkčný len jeden piezometrický vrt. V roku 2017 neboli vo vrte prekročené a ani dosiahnuté dlhodobé maximálne stavy.

Podobne, ako v prípade lokality Varhaňovce, i na zosuve Dolná Mičiná je monitorovanie zabezpečované len v jedinom piezometrickom vrte, a to pomocou automatického hladinomera. Hladina začala stúpať na konci februára a v tomto trende pokračovala aj počas prvých marcových dní. Po pozvoľnom poklese, ktorý trval do konca apríla, došlo na rozhraní mesiacov apríl – máj k rapídnemu vzostupu s maximálnou hladinou 5,91 m pod terénom.

Na lokalitách Slanec-TP, Čirč 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 lokalitách Čirč a Ruská Nová Ves je možné odvodňovací systém hodnotiť ako efektívny.

Svahové pohyby charakteru plazenia sa v roku 2017 monitorovali 4 mechanicko-optickými dilatometrami TM-71 na lokalitách (Veľká Izra, Košický Klečenov – dva prístroje, Sokol) situovaných na okraji vulkanického pohoria Slanské vrchy a na jednej lokalite (Jaskyňa pod Spišskou) v Levočských vrchoch. Okrem stagnácie pohybu horného bloku na lokalite Veľká Izra VI-1) preukázali výsledky v roku 2017 priestorový pohyb blokov na všetkých

ostatných lokalitách. Najvýraznejšie pohyby boli zistené v K. Klečenove. Spodný blok (KK1) poklesol o 0,487 mm na celkových 11,993 mm (27 rokov meraní), trhlina sa rozšírila o 0,166 mm na celkových 6,354 mm a šmykový posun narástol o 0,283 mm (celkovo 5,864 mm). Horný blok (KK2) poklesol o 1,664 mm (na 11,787 mm od roku 1995), šmykový posun sa zväčšil o 0,957 mm (na celkových 4,567 mm), otváranie trhliny narástlo o 0,143 mm na celkových 0,548 mm. Na lokalite Sokol pokračoval trend šmykového pohybu (nárast o 0,529 mm) a otvárania trhliny (nárast o 0,051 mm). Od roku 1990 dosiahol celkový posun v prvom prípade 7,944 mm, v druhom 11,568 mm. Pokles bloku stagnoval približne na hodnote 0,620 mm. V Jaskyni pod Spišskou sa aj v roku 2017 potvrdil trend pomalého poklesávania bloku voči masívu (0,058 mm.rok^{-1}) a pomalého otvárania trhliny (0,071 mm.rok^{-1}). Celkový pokles bloku od roku 2007 dosiahol 0,620 mm, celkové otvorenie trhliny 0,752 mm. Šmykový pohyb v roku 2017 dosiahol hodnotu 0,156 mm.

V roku 2017 sa zo skupiny svahových deformácií, v ktorej sú sledované náznaky aktivizácie rútivých pohybov, realizovali monitorovacie aktivity na ôsmich lokalitách. Pri monitorovacích aktivitách boli aplikované dilatometrické metódy a merania mikromorfologických zmien povrchu odkryvu skalného masívu. Z dlhodobého sledovania dilatometrických hodnôt pomocou meradla posunovvyplýva, že značný rozptyl hodnôt je vykazovaný v dôsledku vplyvu teplotných zmien, vplývajúcich na konštrukčný materiál meradla a tým aj presnosť meraní. Zhodnotenie intenzity posuvov rozvoľnených horninových blokov je preto upriamené na výsledky meraní dilatometrom Somet. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávali aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážkach a počte mrazových dní).

Na lokalite Demjata bol v roku 2017 dilatometrickými meraniami pozorovaný trend pokračujúceho pohybu v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu na frekventovanej cestnej komunikácii z Demjaty do Raslavíc. V porovnaní s rokom 2016 sa posun vrchnej – okrajovej lavice zintenzívnil, v ročnom monitorovacom cykle dosiahol 0,47 mm, naopak pohyb uvoľneného horninového bloku v jej podloží pokračoval menej intenzívne v rozsahu 0,1 mm. Na lokalite Banská Štiavnica bolo dilatometrickými meraniami pozorované pomalé rozvoľňovanie skalných blokov. V poslednom ročnom monitorovacom cykle nadobudli zmeny šírky diskontinuít zaznamenané dilatometrom Somet hodnoty do 0,1 mm. Na lokalite Slovenský raj sa zmeny šírky monitorovaných porúch v horninovom masíve v roku 2017 pohybovali v rozsahu do 0,05 mm.

Na 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.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability prostredia sa zaraďuje Stabilizačný násyp v Handlovej. Ide o hydrotechnické dielo, ktoré rozopiera dva zosuvné svahy, stabilizuje Európsku cestu E572 a zabezpečuje stabilitu obytnej zástavby v južnej časti mesta.

Monitorované dielo do roku 2015 zodpovedalo tretej kategórii stavby v súlade s vyhláškou 524/2002 Z. z. V roku 2016 bolo sekciou vôd MŽP SR vydané rozhodnutie o preradení Stabilizačného násypu do vyššej – druhej kategórie. Vďaka tomuto rozhodnutiu sa zvýšili nároky na zabezpečovanie monitorovacích prác. Z uvedených dôvodov boli monitorovacie práce upravené podľa aktuálnej kategórie monitorovaného objektu vodnej stavby a s tým súvisiacich požiadaviek na odbornú spôsobilosť osôb vykonávajúcich špecifické monitorovacie merania.

Na Stabilizačnom násype bol v roku 2017 v rámci riešenia úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory zabezpečený súbor režimových meraní v piezometrických vrtoch. Zároveň sa pokračovalo v meraniach výdatnosti Hlavného drénu, ktorý odvádza podzemnú vodu z priestoru telesa Stabilizačného násypu a tiež jeho okolia.

V zmysle požiadaviek súvisiacich so zmenou kategórie vodnej stavby sú raz mesačne, pracovníkmi ŠGÚDŠ, zabezpečované pravidelné obhliadky všetkých objektovo Stabilizačného násypu. Výsledky sú predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom odborného technicko-bezpečnostného dohľadu – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Bratislava.

Na základe analýzy režimových ukazovateľov z roku 2017 je možné konštatovať, že v priestore Stabilizačného násypu došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2016 k zostupu hladiny podzemnej vody o 0,13 m; jej priemerná hodnota dosiahla v roku 2017 7,68 m pod terénom.

Od decembra 2016 boli obnovené merania výdatnosti Hlavného drénu. Z nameraných výsledkov v roku 2017 vyplýva, že najnižšia hodnota (135,60 $l.min^{-1}$) bola nameraná 15. septembra a naopak, najvyššia hodnota (1015,20 $l.min^{-1}$) bola nameraná 30. decembra. Priemerná hodnota výdatnosti za v roku 2017 dosiahla 419,48 $l.min^{-1}$.

Na základe analýzy realizovanej v roku 2016 pre MŽP SR vyplýva, že teleso násypu si v súčasnosti vyžaduje rekonštrukciu monitorovacej siete. Za nemenej dôležitú úlohu považujeme preverenie stavu rigolov okolo telesa Stabilizačného násypu a vykonanie nevyhnutných opatrení na obnovenie ich funkčnosti.

V roku 2017 bola na viacerých lokalitách preukázaná vysoká pohybová aktivita. Preukázaná bola najmä meraniami metódou presnej inklinometrie v hĺbke šmykových plôch, ako aj výsledkami technológie PSInSAR. Overenie stability v týchto územiach je zabezpečené sériou zaužívaných monitorovacích meraní. Na lokalitách s vysokým socio-ekonomickým významom s pretrvávajúcou zvýšenou pohybovou aktivitou plánujeme v budúcom roku 2018 realizovať dve až tri etapy inklinometrických meraní. Geodetické merania budú v roku 2018 realizované na lokalitách Fintice, Kraľovany a Veľká Čausa. Súčasne plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách technológiou InSAR a fotogrametrických meraniach. Režimové pozorovania plánujeme ponechať s nezmenenou frekvenciou, ako v roku 2017.

Na lokalitách s náznakmi aktivizácie rútivých pohybov sú na rok 2018 plánované merania mikromorfologických zmien, dilatometrické merania na lokalite Slovenský raj – Pod večným dažďom. Domnievame sa, že takto optimalizovaný súbor pozorovaných lokalít bude dostatočne zodpovedať aktuálnym celospoločenským požiadavkám.

LITERATÚRA

Predchádzajúce správy z riešenia úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov SR (Klukanová et al., 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2002 – 2009 a 2010; Ondrejka et al., 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 a 2017)

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 – meranie posunov, 15. etapa. Geotop, Košice, 5 s. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava

Faško, P., Šťastný, P., 2002: Priemerné ročné úhrny zrážok. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. MŽP SR, Bratislava, SAŽP, Banská Bystrica, s. 95

Fekeč, 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., Mašlárová, I., Petro, Ľ., 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.

Fekeč, P. a Ilkanič, D., 2014b: Realizácia protihavarijných opatrení vo Veľkej Lehôtke, v Hradci a Kraľovanoch (celku č. 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., Mašlárová, I., Petro, Ľ., 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.

Fekeč, 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., Mašlárová, I., Petro, Ľ., 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.

Fekeč, P., Piovarči, 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., Mašlárová, I., Petro, Ľ., 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.

Fekeč, P., Piovarči, 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., Mašlárová, I., Petro, Ľ., 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.
Fekeč, P., Sluka, V., Páleník, M., 2014f: Realizácia nžinierskogeologického prieskumu havarijného zosuvu a realizácia protihavarijných opatrení v obci Červený Kameň (Projekt č. 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., Mašlárová, I., Petro, Ľ., 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.
Fekeč, 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., Mašlárová, I., Petro, Ľ., 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.
Fekeč, P., Žabková, E., Lenková, M., Putiška, R., 2014h: Realizácia inžinierskogeologického prieskumu havarijného zosuvu a realizácia protihavarijných opatrení v obci Žilina-Vranie. 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., Mašlárová, I., Petro, Ľ., 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 – 20.
Fraštia, M., 2009: Meranie geometrických vlastností horninového prostredia geodetickými a fotogrametrickými metódami. In: Kohút, M., Šimon, Ľ. (ed.): Spoločný geologický kongres Českej a Slovenskej geologickej spoločnosti. Zborník abstraktov a exkurzný sprievodca, Bratislava, s. 62 – 63
Fraštia, M., 2011: Blízka fotogrametria, jej aplikácie a nástroje. 19. slovenské geodetické dni. In: Zborník referátov. Komora geodetov a kartografov, Bratislava, nestr.
Fraštia, M., 2012: Veľká Čausa 2012. Geodetická dokumentácia. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 13 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
Fraštia, M., 2012: Meranie stability skalných zárezov. Demjata 2012, geodetický elaborát. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 11 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
Fraštia, M., 2012: Laserové verzus optické skenovanie skalných masívov. Mineralia Slovaca, 44, s. 177 – 184. ISSN 0369-2068
Fraštia, M., 2016: Veľká Čausa 2016. Geodetická dokumentácia. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 13 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
Fraštia, M., 2017: Veľká Čausa 2017. Geodetická dokumentácia. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 13 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
Fraštia, M., 2016: Zosuv Kraľovany. Geodetická dokumentácia. Ing. Marek Fraštia, Bratislava, 32 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava

Fraštia, M., 2017: Zosuv Kraľovany. Geodetická dokumentácia. Ing. Marek Fraštia, Bratislava, 32 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava

Fussgänger, E., Jadroň, D., 1977: Engineering geological investigation of the Okoličné landslide using measurement of stresses existing in soil mass. Bull. IAEG (Krefeld), 16, 203 – 209

Gajdoš, V., Wagner, P., 2005: Spôsob spracovania údajov z meraní presnej inklinometrie pri monitoringu svahových pohybov. Mineralia Slovaca, 37, 563 – 568

Grech, J., 2012: Sanácia havarijného zosuvu v obci Ruská Nová Ves, 1.etapa – geologická a technická časť. Obecný úrad, Ruská Nová Ves, Geotrans Prešov, s.r.o., Prešov. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, archív. č. 92020, 22 s.

Grman, D., Boszaková, M., Magdošová, M., Ondrejka, J., Potančok, L., Syčevová, M., Takáč, P., Udič, P., Dvořák, M., Ádámová, M., 2010: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v Košickom kraji. MŽP SR, Bratislava, GEO Slovakia, s. r. o., Košice. Manuscript – Geofond, Bratislava, 22 s.

Hagara, R., Nagy, Z., Madaj, M., 2015: Meranie priečnych deformačných javov prekrytého profilu Handlovky a prítoku Nepomenovaného potoka. Meranie pohybov podložia. Banské projekty, spol. s r. o., 126 s. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava

Havčo, J., Stercz, M., Polaščinová, E., Spišák, Z. a Kopecký, M., 2010: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. Časť č. 3 „Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okrese Bardejov“. ZM UP SR, Bratislava, HAGEOS, s. r. o., Uhorská Ves. Manuscript – Geofond, Bratislava, 44 s.

Ilkanič, A., Tupý, P., Jasovský, Z., 2014: Sanácia havarijných zosuvov v meste Handlová. Skupina dodávateľov „Sanácia Prievidza“, Prievidza, Envigeo, s. s. Banská Bystrica. In: 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.

Jadroň, D., Mokrá, M., 1999: Handlová – Kunešovská cesta, havarijný zosuv. Záverečná správa. INGEO, a.s. Manuskript, 31 s., Žilina

Jadroň, D., Mokrá, M., 2001: Monitoring sanovaného zosuvu na štátnej ceste Bojnice – Opatovce/Nitrou. In zborník referátov z 5. Slovenskej geotechnickej konferencie „Optimalizácia geotechnických štruktúr“. Stav. fakulta STU, s. 61 – 68, Bratislava

Jadroň, D., Mokrá, M., Wagner, P., Fussgänger, E., 2001: Sanácia aktívneho zosuvu vo Veľkej Čausi. In Geológia a životné prostredie. Zborník referátov z 2. konferencie. Ed. A. Klukanová, P. Wagner. Bratislava: Vyd. D. Štúra, s. 29 – 33.

Jadroň, D., Wagner, P., Jelínek, R., 1998: Monitoring sanovaného zosuvu v Dolnej Mičinej. In Zb. referátov z 1. konf. "Geológia a životné prostredie", Vyd. Dionýza Štúra, s. 83 – 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

Kaličiak, M. (ed.), Baňacký, V., Jacko, S., Janočko, J., Karoli, S., Molnár, J., Petro, Ľ., 1991: Slanské vrchy a Košická kotlina, severná časť. Vyd. ŠGÚDŠ, Bratislava. http://mapserver.geology.sk/gm50/mapviewer.jsf?width=699&height=528

Kaličiak et al., 1996: Baňacký, V., Janočko, J., Karoli, S., Petro, Ľ., Spišák, Z., Vozár, J., Žec, 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.

Lafférs, 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., †Siráňová, 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, Ľ., 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 Ježek, 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, Ľ., Novotný, P., Čellár, S., Abelovič, J., Čerňanský, J., Kúdeľa, P. a Bláha, P., 1983: Hlohovec – Sereď, 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., 2017: 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 Prievidza-Hradec technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 27 s. a prílohy.

Papčo, J., Bakoň, M., 2017: Monitoring svahových pohybov v lokalite Nižná Myšľa technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 23 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.

Petro, Ľ., 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, Ľ., Kováčik, M., Bóna, J., 2013: Jaskyňa pod Spišskou – pseudokras. In: Sborník abstraktů, exkurzní průvodce z konf. „Svahové deformace a pseudokras 2013“. Vyd. Svahovky, o.s.; CHKO Broumovsko a ÚSMH AV ČR, 24-26.

Petro, Ľ., Košťák, B., Polaščinová, E., Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybov v Slanských vrchoch. Miner. Slov., 31, s. 549 – 554

Petro, Ľ., Liščák, P., Ondrejka, P., 2012: Assessment of selected active landslides in Slovakia in 2011. Miner. Slov., 44/2, s. 131 – 140.

Petro, Ľ., Spišák, Z., Polaščinová, E., 1984: Inžinierskogeologická mapa 1 : 10 000, oblasť Solivar. Manuskript, archív ŠGÚDŠ Košice, 1 – 189.

Petro, Ľ, Stercz, M., 1998: Inžinierskogeologické posúdenie lokality Fintice. Manuskript, 7 s., GS SR, Regionálne centrum, Košice

Petro, Ľ., Wagner, P., Polaščinová, E., 2001: Výsledky dlhodobého monitoringu prúdového zosuvu pri Finticiach. In zb. referátov z 2. konf. "Geológia a životné prostredie", Vyd. Dionýza Štúra, s. 131 – 135, Bratislava

Petro, Ľ., Vlčko, J., Ondrášik, R., Polaščinová, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. Engineering Geology, 74, s. 103 – 112

Pisca, P., 2016: Meranie vývoja zosuvného procesu v km 255,0 – 255,5 trate Košice – Žilina. 62. etapové meranie. Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra geodézie, 14 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava

Pisca, P., 2017: Meranie vývoja zosuvného procesu v km 255,0 – 255,5 trate Košice – Žilina. 63. etapové meranie. Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra geodézie, 14 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava

Polák, M. (edit), Plašienka, D., Kohút, M., Putiš, M., Bezák, V., Maglay, J., Olšavský, M., Havrila, m., Buček, S., Elečko, m., Fordinál, K., Nagy, A., Hraško, Ľ., Németh, Z. Malík, P., Liščák, P., Madarás, J., Slavkay, M., Kubeš, P., Kucharič, Ľ., Boorová, D., Zlinská, A., †Siráňová, Z., Žecová K., 2012: Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Malé Karpaty 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 7-287

Sláma, M., Gomolčák, M., Komoň, J., Turovský, F., Tunega, O., Mišove, P., Bačo, J., Vrábľová, K., Pastierik, S., 2012: Nižná Myšľa – sanácia havarijného zosuvu – I. etapa, sanácia geologického prostredia, odborný geologický dohľad. Geokontakt, Košice. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, archív. č. 94530, 57 s.

Šimeková, J., Martinčeková, T. (Eds.), Abrahám, P., Baliak, F., Caudt, L., Gejdoš, T., Grenčíková, A., Grman, D., Hrašna, M., Jadroň, D., Kopecký, M., Kotrčová, E., Liščák, P., Malgot, J., Masný, M., Mokrá, M., Petro, Ľ., Polaščinová, E., Rusnák, M., Sluka, V., Solčiansky, R., Wanieková, D., Záthurecký, A., Žabková, E., 2006. Atlas máp stability svahov Slovenskej republiky 1 : 50 000. Vyd. MŽP SR Bratislava, INGEO-ighp, s. r.o., Žilina

Šimon, L. (ed.), Elečko, M., Lexa, J., Kohút, M., Halouzka, R., Gross, P., Pristaš, J., Konečný, 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

Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny 1 : 50 000. GS SR, Vyd. Dionýza Štúra, 281 s., Bratislava

Tometz, L., Blišťan, P., Harabinová, S., Leššo, J., Nyárhidy, J., Turovský, F., 2010: Nižná Myšľa – havarijný zosuv, inžinierskogeologický prieskum. Manuskript Geofond, Bratislava, 59 s.

Tupý, P., Ilkanič, A., Bvoc, T., Kopecký, M., Gomolčák, M., Sláma, M., 2010a: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. Časť č. 1 – „Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okrese Prešov“. MŽP SR, Bratislava, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica. Manuscript – Geofond, Bratislava, 111 s.

Tupý, P., Ilkanič, A., Gomolčák, M., Scherer, S., Bvoc, T., 2010b: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. Časť č. 4 – „Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okresoch Sabinov a Stropkov“. MŽP SR, Bratislava, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica. Manuscript – Geofond, Bratislava

Tupý, P., Ilkanič, A., Masiar, R., Mišuth, K., 2014: Sanácia havarijných zosuvov v Hradci a vo veľkej Lehôtke (časť I.). Skupina dodávateľov „Sanácia Prievidza“, TMG, a. s. Prievidza, Envigeo, s. s. Banská Bystrica. In: 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.

Vybíral., V., Wagner, P., 2002: Interpretácia výsledkov meraní poľa PEE pri monitorovaní svahových deformácií. In: Klukanová, A., Hrašna, M. (ed.): Geológia a životné prostredie. Zbor. referátov z 3. konferencie. ŠGÚDŠ, Vyd. Dionýza Štúra, Bratislava, 31 – 34

Vybíral, V., 2011: Meranie poľa PEE podpovrchovou metódou vo vrtoch. Sensor, spol. s r. o., Bratislava, 10 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava

Vybíral, V., 2012: Meranie poľa PEE podpovrchovou metódou vo vrtoch. Sensor, spol. s r. o., Bratislava, 10 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava

Wagner, P., Iglárová, Ľ., Petro, Ľ., Scherer, S., 2002: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií. Geol. práce, Spr., 106, 21 – 42

Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, Ľ., Fraštia, M., 2010: Aktuálne trendy v monitorovaní svahových pohybov. Mineralia Slovaca, roč. 42, č. 2.

Wagner, P., Ondrejka, P., Balík, D., Žilka, A., 2012: Hodnotenie výsledkov monitorovacích meraní na zosuvoch. Mineralia Slovaca, 44/2, s. 141 – 148.

Žabková, E., Záthurecký, A., Žilka, A., Kotrčová, E., Lenková, M., Méry, V., Frličková, M., Kováčik, J., 2010: Inžinierskogeologický prieskum vybraných havarijných zosuvov Slovenska, časť č. 6. MŽP SR, Bratislava, INGEO-ighp, s.r.o., Žilina. Manuscript – Geofond, Bratislava, 38 s.